O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS
TA’LIM VAZIRLIGI

O‘RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA’LIMI MARKAZI

A. G. G‘aniyev, A. K. Avliyoqulov,
G. A. Almardonova

F I Z I K A

(I qism)

Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik

9-nashri



«O‘QITUVCHI» NASHRIYOT-MATBAA IJODIY UYI
TOSHKENT — 2010

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ББК 22.3 я 722

Taqrizchilar:

A. NO‘MONXO‘JAYEV — fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent;
H. ISAYEV — fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent;
M.ISROILOV — texnika fanlari nomzodi, dotsent;
J. NURMATOV — texnika fanlari nomzodi, dotsent.

Fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent **A.G. G‘ANIYEV** tahriri ostida.

Mazkur darslik O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi tasdiqlagan „Fizika“ bo‘yicha namunaviy o‘quv dasturi asosida yozilgan bo‘lib, akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun mo‘ljallangan. Unda fizikaning mexanika, molekular fizika va termodinamika asoslari, elektrodinamika asoslari bo‘limlari yoritilgan.

G‘ $\frac{1604010000-120}{353(04)-2010}$ Qat. buyurt. — 2010

ISBN 978-9943-02-071-9

© «O‘qituvchi» nashriyoti, 2002- y.
© «O‘qituvchi» NMIU, 2010-y.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

SO‘ZBOSHI

Bizga ma’lumki, fizikani o‘qitishdan asosiy maqsad, birinchidan, tabiatning fundamental qonunlarini ilmiy asosda tushuntirish, o‘quvchilarning ilmiy dunyoqarash va falsafly mulohaza yuritish qobiliyatlarini rivojlantirish, texnikada va turmushda foydalanilayotgan uskuna va vositalarning ishlash prinsipini tushuntiruvchi fizik jarayonlar haqida tasavvurlarni shakllantirish bo‘lsa; ikkinchidan, ta’lim olishni davom ettirish, olgan bilimlarini chuqurlashtirish va ilmiy izlanishlarini davom ettirish uchun mustahkam zamin yaratishdan iboratdir.

Qo‘lingizdagi darslik ham yuqoridagi maqsadlardan kelib chiqib, akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun mo‘ljallangan o‘quv dasturi asosida tayyorlangan.

Har bir mavzuning boshida uning qisqacha mazmuni, oxirida esa sinov savollari keltirilgan. Fikrimizcha, o‘quvchilarning oldindan mavzuning mazmuni haqida ma’lumotga ega bo‘lishlari ularning mavzuga qiziqishlarini orttiradi. Sinov savollariga to‘la javob topish esa mazkur mavzuning o‘zlashtirilganligiga kafolat bo‘la oladi. Har bir mavzu kichik mavzuchalarga ajratilgan bo‘lib, ular mavzuning o‘qitilishidan ko‘zlangan maqsadni va zaruratni aniqlashtirishga, javobni esa konkretlashtirishga imkon beradi. Darslikning yozilish usuli mashg‘ulotlarning model sistemasida o‘tilishiga zamin bo‘la oladi.

Shuningdek, har bir bobdan keyin tegishli mavzularga aloqador mashqlar, bobga doir „Test savollari“ va „Asosiy xulosalar“, qo‘llanma oxirida esa zarur ma’lumotlar keltirilgan.

Darslikning ushbu birinchi qismi mexanika, molekular fizika va termodinamika asoslari, elektrodinamika asoslari (optikadan tashqari) bo‘limlarini o‘z ichiga olgan. Darslikning ikkinchi nashri lotin grafikasiga o‘tkazilishi munosabati bilan barcha fizik kattaliklarning birliklari xalqaro qabul qilingan belgilarda ifodalandi.

Darslikning oltinchi nashrini qayta ishlash bo‘yicha bergan qimmatli ko‘rsatmalari uchun professor K.Tursunmetovga minnatdorchiligimizni bildiramiz.

Darslik mualliflar jamoasi tomonidan tayyorlangan bo‘lib, IV, VI, VII, XVI boblar A. G‘aniyev va A. Avliyoqulovlar tomonidan; I, II, V, XI boblar A. G‘aniyev va G. Almardonova, qolgan boblar esa A. G‘aniyev tomonidan yozilgan.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



TABIATNI O‘RGANISHDA FIZIKANING O‘RNI VA UNING BOSHQA FANLAR TARAQQIYOTIDAGI AHAMIYATI

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

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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

O‘rganilayotgan obyektlarning turiga qarab fizika yadro fizikasi, elementar zarralar fizikasi, atom va molekulalar 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 1. Polzunov (1728—1766) tomonidan uzluksiz ishlovchi bug‘ mashinasining loyiha qilinishi, ingliz ixtirochisi J. Uatt tomonidan (1736—1819) universal bug‘ dvigatelining 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.

Yarim o‘tkazgichlarning kashf qilinishi radio va elektron hisoblash

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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.

Yarim o‘tkazgichli fotoelementlarning yaratilishi sun’iy yo‘ldoshlarni 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 tarixidan 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 nazariya-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

sining 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.

Sharq allomalarining tabiatni o‘rganish ilmiga qo‘shgan hissalari

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 tarjima qilinib, Yevropada keng tarqalgan o‘nli sanoq sistemasi va algoritm tushunchasining yoyilishiga olib kelgan.

Abdul Abbos 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Ibn Sino



Mirzo Ulugbek



Al-Xorazmiy

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 akademiyaning 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. Geliosentrik sistema to‘g‘risidagi fikrlari bilan fan taraqqiyotiga katta hissa qo‘shgan.

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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Beruniy



Forobiy

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 Jafar 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 ustozi 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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

O‘zbekistonda fizika taraqqiyoti sohasida olib borilayotgan ishlar

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 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 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



U. Orifov
(1909—1976)



S.A. Azimov
(1914—1988)



P. Habibullayev
(1936- y. tug'ilgan)

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 xossalarini 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.

Yarim o'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. Yarim o'tkazgichlar fizikasi sohasida o'zbek olimlarining yutuqlari

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ham talaygina. Jumladan, quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beruvchi o‘zgartkichlar, yuqori kuchlanishli fotoelektrik generatorlar, ikki yoqlama sezgir fotoo‘zgartkichlar ishlab chiqildi va ular asosida fotoelektrik qurilmalarning modullari yaratildi.

Fizik kattaliklar. 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 xossalarini 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 bogiiq. **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 m; [m] = 1 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:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

m e t r (m) — yorug‘likning bo‘shliqda 1/299792 458 s da o‘tadigan yo‘lining uzunligi;

k i l o g r a m m (kg) — kilogrammning xalqaro timsolining massasiga teng massa (Parij yaqinidagi Sevr shahrida o‘lchov va tarozilar xalqaro byurosida saqlanayotgan platina-iridiy qotishmasining massasi);

s e k u n d (s) — seziy-133 atomi asosiy holatining ikkita o‘ta nozik sathlari orasidagi o‘tishga mos keluvchi nurlanish davrining 9192631770 tasiga teng bo‘lgan vaqt;

k e l v i n (K) — suv uchlamchi nuqtasi termodinamik haroratining 273,15 dan bir qismiga teng harorat birligi;

a m p e r (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 $2 \cdot 10^{-7}$ H o‘zaro ta’sir kuchi vujudga keltiradigan o‘zgarmas tok kuchidir;

m o l (mol) — tarkibiy elementlari, 0,012 kg massali ^{12}C nuklidda mavjud bo‘lgan tarkibiy elementlarga teng sistemaning modda miqdori;

k a n d e l a (kd) — $540 \cdot 10^{12}$ Hz chastotali monoxromatik nurlanish chiqaradigan manbaning, energetik kuchi 1/683 W/sr bo‘lgan yo‘nalishdagi yorug‘lik kuchi;

r a d i a n (rad) — ikki radius orasida joylashgan va qarshisidagi yoyning uzunligi aylana radiusiga teng bo‘lgan burchak;

s t e r a d i a n (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 sistemasining kiritilishidan maqsad nima? 10. Xalqaro birliklar sistemasidagi asosiy va qo‘shimcha birliklar va ularning aniqlanishi. 11. Hosilaviy birliklar qanday aniqlanadi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



MEXANIKA

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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



I BOB. KINEMATIKA

Mexanikaning 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. 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 sodda model sifatida moddiy nuqta tushunchasidan foydalaniladi.

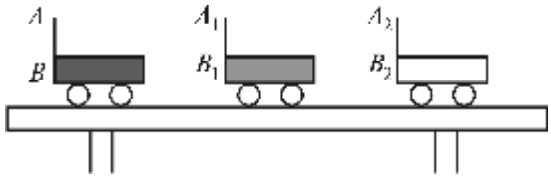
Moddiy nuqta. Moddiy nuqta deb, ma’lum massaga ega bo‘lgan va harakati o‘rganilayotgan holda shakli va o‘lchamlarini hisobga olmaslik mumkin bo‘lgan jismga aytiladi. Moddiy nuqta tushunchasi nisbiy bo‘lib, u o‘rganilayotgan masalaga bevosita bog‘liq. Masalan, sayyoralarning Quyosh atrofidagi orbitalar 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 modellardan 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.

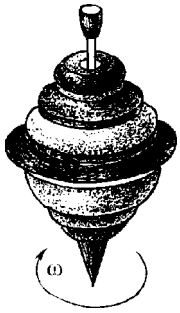
Ilgarilanma harakat. Har qanday harakatni ham ilgarilanma, ham aylanma harakatlar yig‘indisi sifatida qarash mumkin.

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

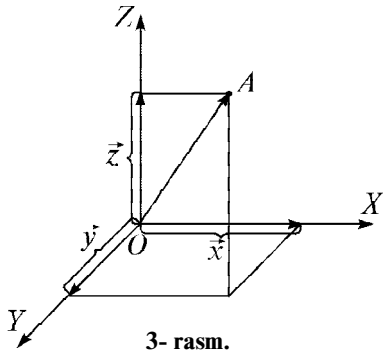
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



1- rasm.



2- rasm.



3- rasm.

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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‘zgara boradi. Bu o‘zgarishni matematik ko‘rinishda quyidagicha ifodalash mumkin:

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

yoki vektor ko‘rinishida $\vec{r} = \vec{r}(t)$. (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 bajarish

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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.

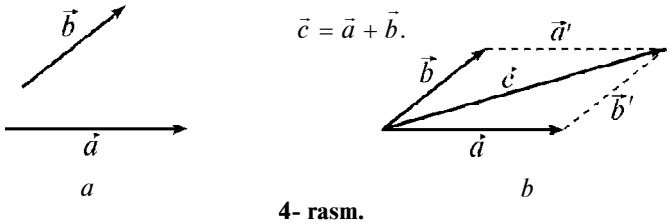
Vektorlarning ifodalanishi. Chizmada tugash nuqtasi strelka qo‘yish bilan ko‘rsatilsa, yozuvda vektor belgilangan harf ustida strelka qo‘yiladi $(\vec{r})$. Vektorning son qiymati uning *moduli* yoki *uzunligi* deyiladi va *r* yoki $|\vec{r}|$ dek ko‘rsatiladi.

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: $\vec{r} = r \cdot \vec{r}_0$.

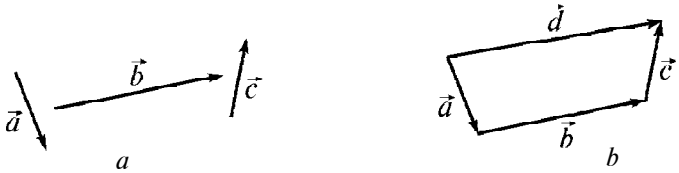
Boshlang‘ich nuqtasi tekislik yoki fazoning istalgan nuqtasida yotishi mumkin bo‘lgan vektorlarga ***ozod vektorlar*** deyiladi. Biz ozod vektorlar bilan ish ko‘ramiz, ya’ni vektorlarni kerakli nuqtaga ko‘chiramiz. Bu ular ustida amallar bajarilishini osonlashtiradi. O‘z navbatida fazoning va vaqtning bir jinsliligi, ya’ni ularning barcha qiymatlarining teng kuchliligi 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):



4- rasm.



5- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Bunda $\vec{a}$ va $\vec{b}$ vektorlar 0 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 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:

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

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

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

Vektorni *n* ga bo‘lish uni $1/n$ ga ko‘paytirishdek bajariladi, ya’ni

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

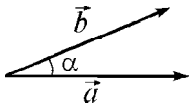
Ikki vektorning skalar ko‘paytmasi. Ikki vektorning skalar ko‘paytmasi deb, bu vektorlar uzunliklari bilan ular orasidagi burchak kosinusi ko‘paytmasiga teng bo‘lgan skalar kattalikka aytiladi (6-*a* rasm):

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

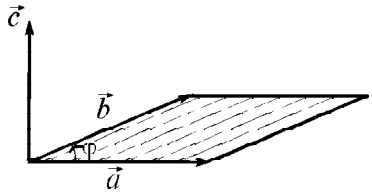
Agar $\alpha=\frac{\pi}{2}$ bo‘lsa, $\cos\alpha=0$ va $\left(\vec{a}\cdot\vec{b}\right)=a\cdot b\cdot\cos\pi/2=0$ bo‘ladi. Demak, o‘zaro perpendikular vektorlarning skalar ko‘paytmasi 0 ga teng bo‘ladi.

Ikki vektorning vektorial ko‘paytmasi. *Ikkita $\vec{a}$ va $\vec{b}$ vektorlarning 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 shun-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



6- *a* rasm.



6- *b* rasm.

day bo‘lmog‘i kerakki, $\vec{c}$ vektor parmaning ilgarilanma harakati bilan mos kelsa, parma dastasining harakati $\vec{a}$ vektordan $\vec{b}$ vektorga o‘tish yo‘li bilan mos keladi, $\vec{c} = \left[\vec{a} \cdot \vec{b}\right]$ (6-*b* rasm).

$\vec{c}$ 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:

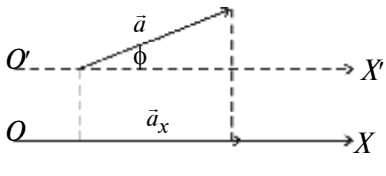
$$\vec{a}_x = \vec{a} \cdot \cos\varphi.$$

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.

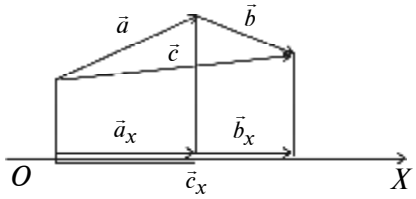
$\vec{a}$ va $\vec{b}$ vektorlar yig‘indisining (ayirmasining) proyeksiyasi ham shu tarzda aniqlanadi (7- *b* rasm):

$$\vec{c}_x = \vec{a}_x \cdot b_x.$$

Sinov savollari



7- *a* rasm.



7- *b* rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

kalar 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

M a z m u n i : moddiy nuqtaning harakat trayektoriyasi. Ko‘chish va yo‘l.

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.

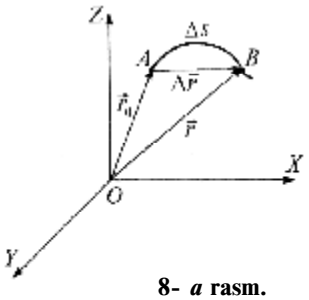
Trayektoriya va yo‘l. Moddiy nuqta harakatini *A* nuqtadan boshlab kuzata boshladik, deylik. Ma’lum vaqtdan so‘ng u *B* nuqtaga kelsin. Harakat trayektoriyasi *AB* qismining uzunligiga teng bo‘lgan Δs skalar kattalikka yo‘lning uzunligi deyiladi. Boshqacha aytganda, **moddiy nuqta harakat trayektoriyasining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

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.

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?



8- *a* rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4- §. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat. Tezlik

M a z m u n i : o‘rtacha tezlik vektori; oniy tezlik; tekis va notekis harakatlarda tezlik; tezliklarni qo‘shish.

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 kattalikdir.

O‘rtacha tezlik vektori $\vec{\upsilon}_{o‘r}$ deb, moddiy nuqta ko‘chish vektori $\Delta\vec{r}$ ning ko‘chish uchun sarflangan vaqt Δt ga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi:

$$\vec{\upsilon}_{o‘r} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}. \qquad (4.1)$$

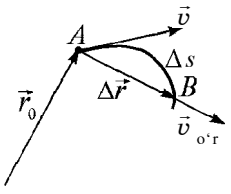
$\vec{\upsilon}_{o‘r}$ ning yo‘nalishi ko‘chish yo‘nalishi bilan mos keladi (8-*b* rasm).

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

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

$$\vec{\upsilon} = \lim_{\Delta t \to 0} \vec{\upsilon}_{o‘r} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}. \qquad (4.2)$$

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



8- *b* rasm.

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

$$\upsilon = \frac{ds}{dt}. \qquad (4.3)$$

Tekis harakatda tezlik. *Moddiy nuqtaning* ***tekis harakati*** *deb, bir xil vaqt oralig‘ida bir xil yo‘l o‘tiladigan harakatga aytiladi.*

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Demak, yo‘lning barcha nuqtalaridagi oniy tezlik bir xil bo‘ladi va bosib o‘tilgan yo‘l Δs ning sarflangan vaqt Δt ga nisbati kabi aniqlanadi:

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

Bu holda bosib o‘tilgan yo‘l

$$\Delta s = \upsilon \cdot \Delta t \qquad (4.4)$$

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:

$$\upsilon_{\text{o‘r}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

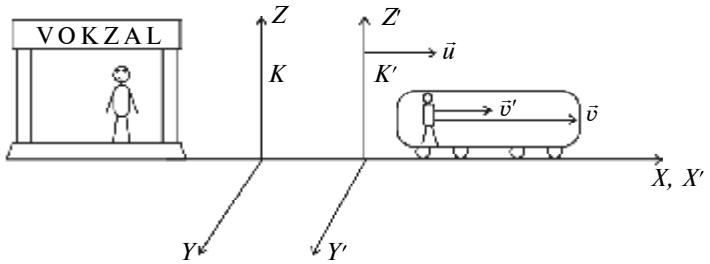
Avtomobil spidometri oniy tezlikning modulini (kattaligini) ko‘rsatadi. Yo‘l esa

$$\Delta s = \upsilon_{\text{o‘r}} \cdot \Delta t \qquad (4.5)$$

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 $\vec{u}$ tezlik bilan uzoqlashmoqda. O‘z navbatida yo‘lovchi poyezd ichida, poyezdga (K' sistemaga) nisbatan $\vec{v}'$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Unda odamning vokzalga nisbatan tezligi $\vec{v}$ odamning poyezdga nisbatan tezligi $\vec{v}'$ va poyezdning vokzalga nizbatan tezligi $\vec{u}$ larning vektor yig‘indisiga teng bo‘ladi:



9- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}'. \qquad (4.6)$$

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 sekundda 1 metr yo‘lni o‘tadigan harakat tezligi qabul qilingan.

Sinov savollari

1. Tezlik tushunchasi nima maqsadda kiritiladi? 2. Tezlik vektor kattalikmi yoki skalar kattalikmi? 3. O‘rtacha tezlik vektori qanday aniqlanadi? 4. Oniy tezlik qanday aniqlanadi? 5. Tekis harakatda tezlik. 6. Notekis harakatda tezlik. 7. Tezliklarni qo‘shish qonuni. 8. Tezlikning SI dagi birligi. 9. Avtomobilning spidometri qanday tezlikni ko‘rsatadi?

5- §. Tezlanish va uning tashkil etuvchilari

M a z m u n i: o‘rtacha 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. Notekis harakatning Δt vaqtdagi o‘rtacha tezlanishi $\vec{a}_{\text{o‘r}}$ deb, tezlik-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ning o‘zgarishi $\Delta\vec{v}$ ning Δt ga nisbati bilan aniqlanadigan vektor kattalikka aytiladi:

$$\vec{a}_{\text{o‘r}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}.$$

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

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \vec{a}_{\text{o‘r}} = \lim_{\Delta \to 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

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:

$$[a] = \frac{[v]}{[t]} = \frac{1\frac{\text{m}}{\text{s}}}{1\text{s}} = 1\frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Shunday qilib, SI da tezlanishning birligi sifatida tezligini 1 sekundda 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 ($\vec{a}$) tezlik modulining o‘zgarish tezligini ($\vec{a}_t$) va yo‘nalishining o‘zgarish tezligini ($\vec{a}_n$) xarakterlovchi tashkil etuvchilarning geometrik yig‘indisidan iborat ekan (10- rasm), ya’ni

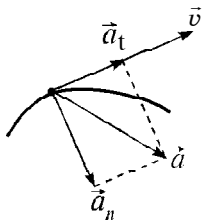
$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n.$$

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

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

Tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi. *Tezlanishning tangensial tashkil etuvchisi* $\vec{a}_t$ tezlik modulidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosiladek aniqlanadi. U doimo harakat trayektoriyasiga urinma bo‘ylab yo‘nalgan bo‘lib, tezlik modulining o‘zgarishini xarakterlaydi:

$$a_t = \frac{dv}{dt}.$$



10- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Tezlanishning normal tashkil etuvchisi. Tezlanishning normal tashkil etuvchisi a_n

$$a_n = \frac{v^2}{r}$$

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 chiziqli tekis harakat;

2) $a_t = 0$, $a_n \neq 0$, demak, $a = a_n$ egri chiziqli tekis harakat.

Xususan, a_n = 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 chiziqli notekis (o‘zgaruvchan tezlanishli) harakatni bildiradi.

Xususan, $a_n = 0$, $\vec{a}_t = \vec{a}$ = const — to‘g‘ri chiziqli 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.



6- §. To‘g‘ri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakatda tezlik va yo‘l formulalari. Harakatni grafik ravishda tasvirlash

M a z m u n i : 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.

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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‘zgarmas bo‘ladi, ya’ni

$$a_t = a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \text{const}, \tag{6.1}$$

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 oralig‘ini soddaroq qilib $\Delta t = t$ deb belgilasak, yuqoridagi formula quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$a = \frac{v - v_0}{t}, \tag{6.2}$$

bu formuladan keyingi tezlik v ni topsak

$$v = v_0 + at. \tag{6.3}$$

Harakat tezlanuvchan bo‘lganda a musbat ishora bilan, sekinlanuvchan 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‘indisi kabi topilishi mumkin:

$$v_{o‘r} = \frac{v + v_0}{2}. \tag{6.4}$$

Yuqoridagi belgilashlarni davom ettirib $\Delta s = s$ deb olsak (4.5) quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$s = v_{o‘r} \cdot t. \tag{6.5}$$

Agar (6.2) dan t ni topib va (6.4) ni (6.5) ga qo‘ysak

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

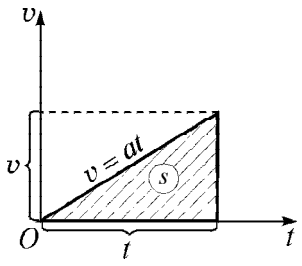
hosil bo‘ladi. Bu yerda $(v + v_0)(v - v_0) = v^2 - v_0^2$ ligidan foydalandik. Shunday qilib

$$v^2 - v_0^2 = 2as, \tag{6.6}$$

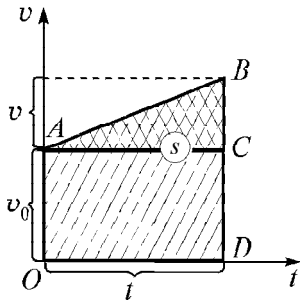
yo‘l, tezlik va tezlanishni bog‘lovchi formula hosil bo‘ladi.

Tezlik grafigi. To‘g‘ri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakatda tezlik grafigini chizish uchun ordinata o‘qiga tezlik, abssissa o‘qiga

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



11- rasm.



12- rasm.

vaqtni joylashtiramiz. 11- rasmda boshlang‘ich tezligi nolga teng bo‘lgan harakatning tezlik grafigi ko‘rsatilgan. $v_0 = 0$ da (6.3) ifoda quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$v = a\,t.$$

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

$$s = \frac{1}{2} v \cdot t = \frac{1}{2} at^2 . \qquad (6.7)$$

Endi boshlang‘ich tezlik noldan farqli bo‘lgan hol uchun yo‘lni hisoblaylik (12-rasm). Yo‘l $OABD$ trapetsiyaning yuziga teng bo‘ladi. Bu yuza o‘z navbatida, $OACD$ to‘rtburchak va ABC uchburchaklar yuzalarining yig‘indisiga teng, ya’ni

$$s = s_{\text{to‘rt}} + s_{\text{uch}} = v_0 t + \frac{1}{2} at^2,$$

Demak,

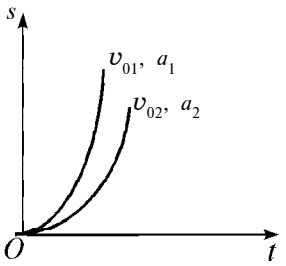
$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \qquad (6.8)$$

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, abssissa o‘qiga vaqt t ni qo‘yamiz.

Yo‘l formulasi (6.8) t ga nisbatan kvadrat (t ning ikkinchi darajasi ishtirok etgan) tenglamadir. Matematika kursidan ma’lumki, kvadrat

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



13- rasm.



G. Galiley
(1564—1642)

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* $g = 9{,}81\ m/s^2$ *bo‘lgan tezlanish bilan harakat qilishini aniqlagan. Bu tezlanishga jismlarning erkin tushish tezlanishi deyiladi.*

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

$$v = gt, \tag{6.7}$$

balandlik

$$h = \frac{gt^2}{2}, \qquad h = \frac{v^2}{2g}, \tag{6.8}$$

tezlik

$$v = \sqrt{2gh} \tag{6.9}$$

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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‘rinli bo‘ladi.

Jismning keyingi tezligi

$$v = v_0 - gt, \tag{6.10}$$

ko‘tarilish balandligi

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} gt^2, \tag{6.11}$$

yoki

$$h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g}, \tag{6.12}$$

Eng yuqori nuqtada $v = 0$ bo‘lganligidan

$$v_0 = \text{gt}, \tag{6.13}$$

yoki jismning ko‘tarilish vaqti

$$t = \frac{v_0}{g} \tag{6.14}$$

va ko‘tarilish balandligi

$$h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}. \tag{6.15}$$

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 (6.14)ni qayta yozsak, jismning erkin tushish vaqti ko‘tarilish vaqtiga teng bo‘lishiga ishonch hosil qilamiz:

$$t = \frac{v_0}{g} = \frac{v}{g}. \tag{6.16}$$

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 m/s^2. Shuni qayd etish kerakki, Yerning qat’iy shar shaklida emasligi natijasida uning qiymati g = 9,780 m/s^2 dan (ekvatorda) g = 9,832 m/s^2 gacha (qutblarda) o‘zgaradi. Ammo hisob-kitoblarda uning qiymatini 9,81 m/s^2 deb olishga kelishilgan.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

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?

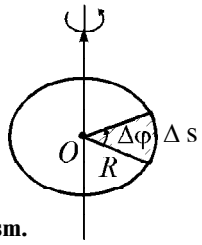
7- §. Egri chiziqli harakat va uni xarakterlovchi kattaliklar

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.

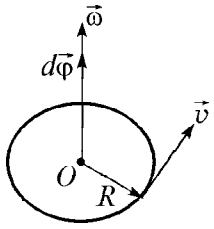
Yuqorida aytib o‘tganimizdek, istalgan harakatga ikki xil: ham ilgarilanma, ham aylanma harakatlarning yig‘indisi sifatida qarash mumkin. Biz ilgarilanma harakat bilan batafsil tanishib o‘tdik. Endi navbat aylanma harakatga keldi. Bu harakatlarni xarakterlovchi kattaliklar bir-biriga juda o‘xshash bo‘lmog‘i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

Burchak tezlik. Moddiy nuqtaning biror R radiusli aylana bo‘ylab harakatini ko‘raylik (14-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



14- rasm.



15- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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:

$$\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}. \qquad (7.1)$$

$\vec{\omega}$ ning yo‘nalishi $d\vec{\varphi}$ ning yo‘nalishi bilan mos keladi (15- rasm).

Burchak tezlikning o‘rtacha qiymati

$$\omega_{o'r} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \qquad (7.2)$$

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 sekundda 1 radian burchakka buriladigan moddiy nuqtaning aylanma harakat *burchak tezligi* qabul qilingan.

Chiziqli va burchak tezliklar orasidagi bog‘lanishni aniqlash maqsadida 14-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

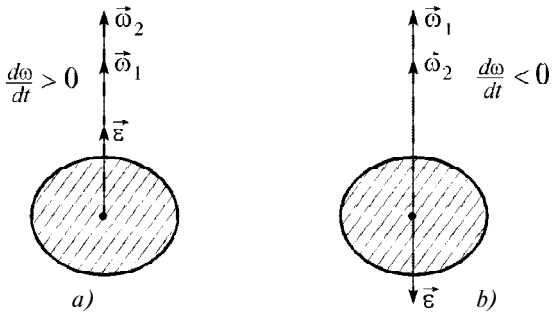
$$\Delta s = R \cdot \Delta\varphi. \qquad (7.3)$$

Unda chiziqli tezlikning aniqlanish ta’rifiga asosan

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

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



16- rasm. *a)* *b)*

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

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:

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\omega R)}{dt} = R\frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon. \qquad (7.4)$$

Shuningdek, tezlanishning normal tashkil etuvchisi

$$a_n = \frac{\mathbf{v}^2}{R} = \frac{(R\omega)^2}{R} = \frac{R^2\omega^2}{R} = \omega^2 R. \qquad (7.5)$$

To‘g‘ri chiziqli va egri chiziqli harakat xarakteristikalari 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:

$$a_t = R \cdot \varepsilon, \qquad (7.6)$$

$$a_n = \omega^2 \cdot R. \qquad (7.7)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 $\omega = \text{cons}t$ 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 (7.2)ga asosan quyidagi tenglik hosil bo‘ladi:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{yoki} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}. \tag{7.8}$$

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

$$n = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \text{ yoki } \omega = 2\pi n. \tag{7.9}$$

Chiziqli tezlik chastota va davr bilan quyidagicha bog‘langan

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

Burchak tezlanishning birligi. Burchak tezlanishning ta’rifiga asosan

$$[\varepsilon] = \frac{[\omega]}{[t]} = \frac{1\,\text{s}^{-1}}{1\,\text{s}} = 1\,\text{s}^{-2} \quad \text{bo‘ladi.}$$

Aylanish davri va chastotasining birliklari esa $[T] = [t] = 1$ 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?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

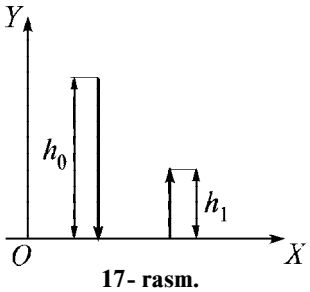
Masala yechish namunalari

1 - m a s a l a . 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
$h_0 = 3$ m;
$h_1 = 1$ 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,

$s = h_0 + h_1$.



17- rasm.

Koptokning ko‘chishi esa

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

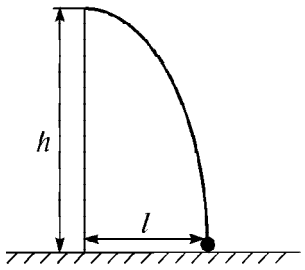
Agar $|\vec{r}_0| = h_0$; $|\vec{r}_1| = h_1$ ekanligini e’tiborga olsak, $\Delta r = h_1 - h_0$.

Berilganlarni topilgan ifodalarga qo‘ysak,

$$s = 3\text{ m} + 1\text{ m} = 4\text{ m};$$
$$|\Delta r| = |1\text{m} - 3\text{m}| = |-2\text{ m}|,$$

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

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



18- rasm.

Berilgan:
$v_0 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$;
t =2 s
h = ?
l = ?

Yechish: Toshning vertikal yo‘nalishida o‘tgan yo‘li minoraning balandligi

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

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$l = v_0 t.$$

Berilganlarning son qiymatlarini o‘rniga 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 : $h = 19,62$ m; $l = 8$ m.



Mustaqil yechish uchun masalalar

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

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

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

3) 0,4 m/s^2 tezlanish bilan harakatlanayotgan avtomobilning tezligi qancha vaqt o‘tgandan keyin 12 m/s dan 20 m/s gacha ortadi? ($t = 20$ 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. E. To‘g‘ri javob yo‘q.
C. Ko‘chish. D. Yo‘l.

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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 tekic 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 aylanalar 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.

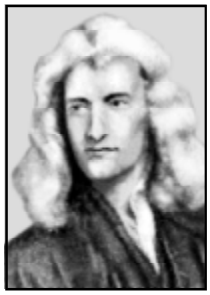
Erkin tushish deb, jismlarning faqatgina og‘irlik kuchi ta’sirida bo‘ladigan harakatiga aytiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

II BOB. DINAMIKA

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.

8- §. Nyutonning birinchi qonuni



I. Nyuton
(1643—1727)

M a z m u n i : Nyutonning birinchi qonuni; inersial sanoq sistemasi; inertlik, massa, kuch tushunchalari.

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.**

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‘rinli 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 chiziqli tekis harakat qilayotgan har qanday sistema inersial sanoq sistemasi bo‘ladi.

Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, geliosentrik (koordinata boshlari quyoshning markazida) sistemani inersial sanoq sistemasi deb hisoblash mumkin. Fizikada juda ko‘p sistemalar inersial sanoq sistemalari sifatida

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 chiziqli 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 kg. Jismning tinch yoki to‘g‘ri chiziqli 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.



Sinov savollari

1. I.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?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



9- §. Nyutonning ikkinchi qonuni. Kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi. Markazga intilma kuch, markazdan qochma kuch

M a z m u n i : Nyutonning ikkinchi qonuni; harakat miqdori (impuls); kuch impulsi; kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsipi.

Nyutonning ikkinchi qonuni. Quyidagicha tajriba o'tkazamiz: dastlab, o'zgarmas massali jismga (m = 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 = 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,

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \qquad (9.1)$$

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.**

(9.1) dan $\vec{F}$ ni aniqlasak,

$$\vec{F} = m\vec{a} \qquad (9.2)$$

(9.2) 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/s^2 tezlanish bera oladigan kuchga aytiladi.

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

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Yo‘lda m = 100 kg massali aravacha tinch turgan bo‘lsin. Unga m = 0,01 kg massali υ =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, υ = 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‘paytmasiga teng bo‘lgan va yo‘nalishi tezlik vektori yo‘nalishi bilan mos keladigan vektor kattalikka aytiladi:

$$\vec{P} = m\vec{v} \tag{9.3}$$

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

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 $\vec{\upsilon}_0$ dan $\vec{\upsilon}$ gacha o‘zgarsin. Unda jismning tezlanishini

$$\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t} \tag{9.4}$$

ko‘rinishda yozish mumkin.

Bu ifoda yordamida (9.2) formulani quyidagi ko‘rinishda yozamiz:

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

Bundan

$$\vec{F}t = m\vec{\upsilon} - m\upsilon_0 = \vec{P} - \vec{P}_0 = \Delta\vec{P}$$

yoki

$$\vec{F}t = \Delta\vec{P}. \tag{9.5}$$

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. (9.5) ifoda ushbu ko‘rinishda ham yozilishi mumkin:

$$\vec{F}_{\text{o‘r}}\cdot\Delta t = \Delta\vec{P} = m(\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0).$$

Nyutonning ikkinchi qonunini impuls yordamida ifodalash mumkin. Buning uchun (9.2) ifodani yozib, unda $\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}$ ekanligini e’tiborga olamiz. Ya’ni

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

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

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{\upsilon})}{dt}, \qquad (9.6)$$

yoki (9.3) 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.*

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

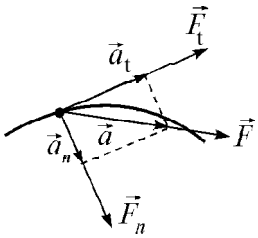
Teng ta'sir etuvchi kuch va kuchning tashkil etuvchilari. Jismning faqat bitta kuch ta'siri ostidagi harakati kamdan-kam uchraydi. Ko'p hollarda jismga bir vaqtning o'zida bir nechta kuch ta'sir qiladi. Bu kuchlarni o'zining ta'sir natijasi bilan o'sha kuchlarga teng kuchli bo'lgan bitta kuch bilan almashtirish 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 (19- *a* rasm).



19- *a* rasm.

$a_t = \frac{d\upsilon}{dt}$ va $a_n = \frac{\upsilon^2}{R} = \omega^2 R$ ligidan foydalanib, Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$F_t = ma_t = m\frac{dv}{dt}, \qquad (9.7)$$

$$F_n = ma_n = m\frac{v^2}{R} = m\omega^2 R. \qquad (9.8)$$

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.

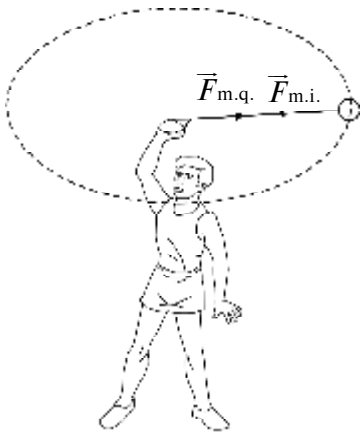
Markazga intilma kuch. (9.8) bilan aniqlanuvchi kuchning normal tashkil etuvchisiga markazga intilma kuch deyiladi:

$$F_{m.i.} = m\frac{v^2}{R} = m\omega^2 R. \qquad (9.9)$$

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 (19- *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. 19-*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.



19- *b* rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Jism oladigan tezlanish massaga va kuchga bog‘liqmi? 2. Nyutonning ikkinchi qonuni nimaga asoslangan? 3. «Harakat miqdori» tushunchasini kiritish nima uchun kerak? 4. Harakat miqdori va uning yo‘nalishi. 5. Kuch impulsi nima? 6. Kuchlar ta’sirining mustaqillik prinsipi nimaga asoslangan? 7. Kuchlarning teng ta’sir etuvchisi. 8. Kuchning va impulsning SI dagi birliklari. 9. Markazga intilma kuch. 10. Markazga intilma kuchga misollar keltiring. 11. Markazdan qochma kuch. 12. Bu kuchlarning yo‘nalishi.

10- §. Nyutonning uchinchi qonuni

M a z m u n i : Nyutonning uchinchi qonuni. Galileyning nisbiylik prinsipi.

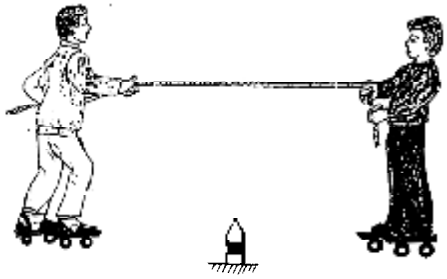
Nyutonning uchinchi qonuni. Biz biror jismning yoki jismlarning, boshqa jismga ta’siri haqida gapirdik. Tabiiyki, ta’sir ko‘rsatilayotgan jism o‘zini qanday tutadi, degan savol tug‘iladi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, u ham ko‘rsatilayotgan ta’sirga teng va qarama-qarshi yo‘nalgan kuch bilan ta’sir 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 ta’sir kuchlarining kattaliklari doimo bir-biriga teng, yo‘nalishlari qarama-qarshi va ularni tutashtirgan to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalgan:**

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

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 (20- 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



20- rasm.

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 «Maxsus nisbiylik nazariyasi asoslari» bobida kengroq to‘xtalamiz.

Endi tabiatda mavjud bo‘lgan ba’zi kuchlar bilan tanishaylik.

Sinov savollari

1. Kuch ta’sir etayotgan jism o‘zini qanday tutadi? 2. Nyutonning uchinchi qonuni nimaga asoslangan? 3. O‘zaro ta’sir kuchlarining yo‘nalishi qanday bo‘ladi? 4. Nyutonning uchinchi qonuniga uchta misol keltiring. 5. Nyuton qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil ko‘rinishga egami?

11- §. Ishqalanish kuchlari

M a z m u n i : ishqalanish kuchi, uning namoyon bo‘lishi, yuzaga kelish sabablari va turlari; ishqalanish koeffitsiyenti; ishqalanishning ahamiyati; jismning qiya tekislikdagi harakati.

Ishqalanish kuchlarining namoyon bo‘lishi. Stolning ustida turgan kitobni itarib yuboraylik. Kitob stolning gorizontal sirtida harakatga keladi va boshqa ta’sir ko‘rsatilmasa, o‘z harakatini sekinlashtirib, ma’lum vaqtdan keyin to‘xtaydi. Kitobning to‘xtashiga sabab nima? Bunga sabab uning *stol ustida sirpanishiga to‘sqinlik qiluvchi va bir-biriga tegib turgan sirtlar orasida yuzaga kelgan ishqalanish kuchidir.* Yuqoridagi misol asosida, ishqalanish kuchi jismlarning bir-birlariga nisbatan tezliklariga bog‘liq ekanligiga ishonch hosil qilamiz.

Ishqalanishning turlari. Odatda, tashqi va ichki ishqalanishlarga ajratishadi. ***Tashqi ishqalanish deb, bir-biriga tegib turgan jismlarning biri ikkinchisining sirtida harakatlanganda sirtlar orasida yuzaga keladigan ishqalanishga aytiladi.***

Yuqoridagi misol — kitob va stolning bir-biriga tegib turgan sirtlari orasidagi ishqalanish tashqi ishqalanishga misol bo‘ladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Agar jismlar bir-biriga nisbatan harakatsiz bo‘lsa — *tinchlikdagi ishqalanish*, sirpansa — *sirpanish-ishqalanish* va harakat turiga qarab — *aylanma, tebranma* harakatdagi ishqalanishlarga ajratiladi.

Ichki ishqalanish deb, bir jismning turli qismlari orasida yuzaga keladigan ishqalanishga aytiladi. Odatda, ichki ishqalanish suyuqliklar va gazlarda mavjud bo‘lib, biz ularga keyinroq to‘xtalamiz.

Tashqi ishqalanishni yuzaga keltiradigan sabablar. *Tashqi ishqalanishni yuzaga keltiradigan asosiy sabab bir-biriga tegib turgan sirtlarning notekisligi, ya’ni g‘adir-budurligidir. Agar sirtlar juda silliq bo‘lsa, ishqalanish turli jismlar molekulalari orasidagi tortishish kuchlari natijasida yuzaga keladi.*

Tinchlikdagi ishqalanish kuchi. Ishqalanish kuchi F_{ishq} ni aniqlash uchun stol ustida turgan jism yordamida tajriba o‘tkazaylik (21- *a* rasm). Jismni harakatlantirish uchun unga F kuch qo‘yilgan. F ning ma’lum qiymatlarigacha jism harakatsiz qoladi. Ya’ni, jism va stol sirtlari orasida vujudga keladigan kuch jismning stol ustida harakatlanishiga to‘sqinlik qiladi.

Jismlar bir-biriga nisbatan harakatlanmaganda ham ularning bir-birlariga tegib turgan sirtlari orasida vujudga keladigan kuchga tinchlikdagi ishqalanish kuchi deyiladi.

F ning kattaligi $\vec{F}_{ishq}$ ning kattaligiga teng bo‘lganda stol ustidagi jism harakatlana boshlaydi. Demak, $\vec{F} = \vec{F}_{ishq}$. Lekin, shu bilan birga bu kuchlar qarama-qarshi yo‘nalgandir:

$$\vec{F} = -\vec{F}_{ishq}.$$

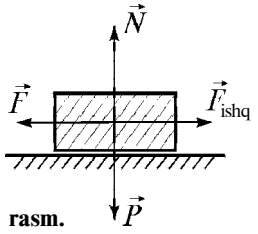
Ishqalanish kuchi nimalarga bog‘liq? Stol ustidagi jismni harakatlantiruvchi kuch $\vec{F}$ ning qiymati $\vec{F}_{ishq}$ ning qiymatiga teng bo‘lguncha ortib borar ekan. Unda $\vec{F}_{ishq}$ ning qiymati nimalarga bog‘liq? Tajribalar yordamida aniqlangan qonunga muvofiq: *sirpanish-ishqalanish kuchi* $\vec{F}_{ishq}$ *bir jism ikkinchi jismga ko‘rsatadigan normal bosim kuchi (tayanchning reaksiya kuchi)* N *ga proporsionaldir, ya’ni* $F_{ishq} = \mu \cdot N$. Bu yerda μ — sirpanish-ishqalanish koeffitsiyenti deyilib, jismlarning bir-biriga tegib turgan sirtlarining xossalariga bog‘liq.

Agar jismga faqat ishqalanish kuchi ta’sir qilsa, jism to‘g‘ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakat qiladi.

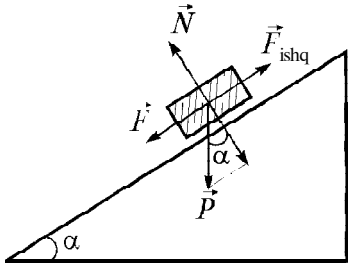
Tayanchning reaksiya kuchi. Gorizontal holatda yotgan jism uchun (21- *a* rasm) *tayanchning reaksiya kuchi* $\vec{N}$ va jismning stol sirtiga ko‘rsatadigan bosim kuchi (og‘irlik kuchi) P kattaliklari teng, yo‘nalishlari esa qarama-qarshidir, ya’ni

$$\vec{P} = -\vec{N}.$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



21- *a* rasm.



21- *b* rasm.

Lekin bu ifoda jism qiya tekislikda bo‘lganda o‘rinli bo‘lmaydi.

Jismning qiya tekislikdagi harakati. Qiyalik burchagi α ga teng bo‘lgan *qiya tekislikdagi jismning harakatini* ko‘raylik (21- *b* rasm). Jism harakatga kelishi uchun

$$F = F_{ishq} \qquad (11.1)$$

bo‘lishi kerakligi bizga ma’lum. Endi α burchakning sinusi va kosinusini aniqlaymiz

$$\sin\alpha = \frac{F}{P} \text{ yoki } F = P\sin\alpha\,, \qquad (11.2)$$

$$\cos\alpha = \frac{N}{P} \text{ yoki } N = P\cos\alpha. \qquad (11.3)$$

Agar (11.2) va (11.3) yordamida $F = F_{ishq} = \mu \cdot N$ ifodani qayta yozsak,

$$P\sin\alpha = \mu \cdot N = \mu P\cos\alpha \quad \text{yoki} \quad \mu = \operatorname{tg}\alpha_0, \qquad (11.4)$$

α ning biror α_0 qiymatidan boshlab jism harakatga keladi va unga jism harakati boshlanadigan chegaraviy burchak deyiladi:

$$\mu = \operatorname{tg}\alpha_0. \qquad (11.5)$$

Shunday qilib, ishqalanish koeffitsiyenti μ jismning qiya tekislik ustida sirpanish boshlanadigan burchak α_0 ning tangensi bilan aniqlanadi.

Ishqalanishning tabiatda va texnikada ahamiyati. Ishqalanishning tabiatda va texnikada ahamiyati katta. Ishqalanish bo‘lmaganda odamlar va transport vositalari harakatlana olmas edi. Bu harakatlarni ta’minlovchi omil odam oyoqlari va yer sirti, mashina ballonlari va yer sirti orasidagi ishqalanish kuchlarining mavjudligidir. Ba’zi hollarda ishqalanish zarar keltirishi ham mumkin va bu hollarda uni kamaytirish zarur. Shu maqsadda ishqalanuvchi sirtlarga turli yog‘lar surtiladi yoki podshipniklarga o‘xshash texnik moslamalardan foydalaniladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Yaxmalakda sirpangan bolaning ma'lum masofani o'tib to'xtab qolishiga sabab nima? 2. Ishqalanishning namoyon bo'lishiga uchta misol keltiring. 3. Ishqalanish kuchi nimaga bog'liq? 4. Ishqalanishning turlari. 5. Tashqi ishqalanishni nima vujudga keltiradi? 6. Tinchlikdagi ishqalanish kuchi. 7. Tayanchning reaksiya kuchi nima? 8. Ishqalanish koeffitsiyenti. 9. Jism qiya tekislikda harakatlana boshlashi uchun qanday shart bajarilishi kerak? 10. Ishqalanish koeffitsiyenti va qiyalik burchagi orasida qanday bog'lanish bor? 11. Odam va transport vositalarining harakatida ishqalanishning ahamiyati. 12. Ishqalanishning zarari ham bormi? Misollar keltiring. 13. Ishqalanishni kamaytirish usullari.

12- §. Gorizontga qiya otilgan jismning harakati

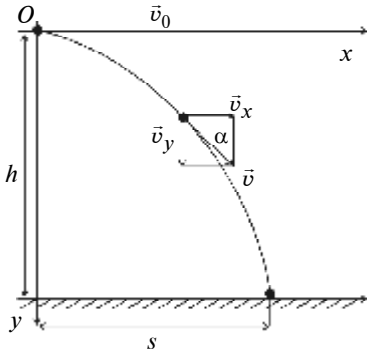
M a z m u n i: Harakatlarning mustaqillik prinsipi, gorizontal otilgan jismning harakati, gorizontga qiya otilgan jismning harakati.

Harakatlarning mustaqillik prinsipi. 9-§ da kuchlar ta'sirining mustaqillik prinsiplarini ko'rgan edik. Endi shu kuchlar ta'sirida ro'y beradigan harakatlar haqida mulohaza yuritaylik. Misol tariqasida yuqorida tik otilgan jismning harakatini qaraymiz. Jism yuqoriga harakatlantiruvchi kuch va og'irlik kuchi ta'sirida harakat qiladi (Havoning qarshilik kuchi va shamolni hisobga olmaymiz). Bu holda jism ikkita, yuqoriga yo'nalgan tekis sekinlanuvchan va pastga yo'nalgan tekis tezlanuvchan harakatlar yig'indisidan iborat bo'lgan murakkab harakatda ishtirok etadi. Murakkab harakatning trayektoriyasi tashkil etuvchi harakatlarning trayektoriyalari yig'indisi sifatida topiladi. Bunga harakatlarni qo'shish deyiladi. Shuni alohida qayd etish joizki, jismning tekis tezlanuvchan harakat jarayoni uning tekis sekinlanuvchan harakatda ishtirok etayotganligiga mutlaqo bog'liq emas. Bunga *harakatlarning mustaqillik prinsipi* deyiladi. Jism bir paytda bir nechta harakatlarda ishtirok etsa, harakatlarning har biri mustaqil ravishda ro'y beradi.

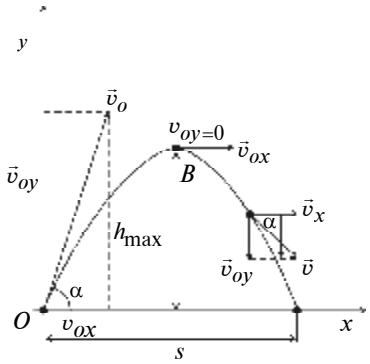
Stol ustidan gorizontal otilgan jismning harakati. Gorizontal otilgan jismning harakati murakkab harakat bo'lib, jism gorizontal yo'nalishda (*OX* o'qi bo'ylab) tekis harakat qilsa, vertikal yo'nalishda (*OY* o'qi bo'ylab) tekis tezlanuvchan harakat qiladi (22- *a* rasm). Jism tezligining koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari

$$\left.\begin{aligned} \upsilon_x &= \upsilon_0 = \text{const} \\ \upsilon_y &= gt. \end{aligned}\right\} \qquad (12.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



22- *a* rasm.



22- *b* rasm.

t vaqtdan keyin jismning koordinatalari

$$\left.\begin{aligned} x &= v_0 t = v_x t, \\ y &= \frac{gt^2}{2}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.2)$$

Bu tenglamalardan *t* ni yo‘qotsak,

$$y = kx^2 \qquad (12.3)$$

hosil bo‘ladi. Bu yerda $k = \frac{g}{2v_0^2}$ belgilash kiritdik. (12.3) parabolaning tenglamasi bo‘lganligidan gorizontal otilgan jismning harakat trayektoriyasi paraboladan iborat bo‘ladi degan xulosaga kelamiz. (12.2) ga asosan istalgan t vaqt uchun jismning tushish balandligi *h*, uchish uzoqligi *s* va tezligi *v* ni quyidagicha topish mumkin:

$$h = \frac{gt^2}{2}, \qquad (12.4)$$

$$s = v_0 t. \qquad (12.5)$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}. \qquad (12.6)$$

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

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg}\alpha &= \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0} \\ \cos\alpha &= \frac{v_x}{v} = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 - (gt)^2}} \end{aligned}\right\} \qquad (12.7)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(12.4) dan jismning tushish vaqti t ni topib

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \tag{12.8}$$

uning gorizontal yo‘nalishda uchish masofasi s ni aniqlaymiz

$$s = x = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}. \tag{12.9}$$

Gorizontga qiya otilgan jismning harakati. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakatini o‘rganish uchun koordinatalar sistemasini 22- *b* rasmdagidek qilib tanlab olamiz. Havoning qarshiligi va shamolni hisobga olmaymiz.

Boshlang‘ich momentda jismning koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\left.\begin{aligned} v_{0x} &= v_0\cos\alpha \\ v_{0y} &= v_0\sin\alpha \end{aligned}\right\} \tag{12.10}$$

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

$$\left.\begin{aligned} v_x &= v_{0x} = v_0\cos\alpha, \\ v_y &= v_{0y} - gt = v_0\sin\alpha - gt. \end{aligned}\right\} \tag{12.11}$$

Yoki harakatning kinematik tenglamasi

$$\left.\begin{aligned} x &= v_x t = v_0 t\cdot\cos\alpha, \\ y &= v_{0y}\cdot t - \frac{gt^2}{2} = v_0\cdot t\cdot\sin\alpha - \frac{gt^2}{2}. \end{aligned}\right\} \tag{12.12}$$

Agar (12.12) dan t ni yo‘qotsak u

$$y = kx - bx^2 \tag{12.13}$$

ko‘rinishni oladi. Bu yerda $k = \mathrm{tg}\alpha$, $b = \dfrac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}$ belgilashlar kiritildi.

(12.13) x ga nisbatan ikkinchi tartibli tenglama ekanligini nazarda tutsak, gorizontga nisbatan buchak 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$t_k = \frac{v_0 \cdot \sin\alpha}{g} \qquad (12.14)$$

kabi aniqlanadi.

Unda otilgan jism yerga qaytib tushishi uchun ketgan umumiy vaqt

$$t = t_T + t_k = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g} \qquad (12.15)$$

bo‘ladi.

Jismning maksimal ko‘tarilish balandligi:

$$h = v_0 t_k \sin\alpha - \frac{g t_k^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}. \qquad (12.16)$$

Jismning uchish masofasi

$$s = v_x t = v_0 \cos\alpha \frac{2v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \qquad (12.17)$$

kabi aniqlanadi.



Sinov savollari

1. Yuqoriga tik otilgan jismning harakati qanday harakat? 2. U qanday mustaqil harakatlarning yig‘indisidan iborat? 3. Harakatlarning mustaqillik prinsipi. 4. Gorizontal otilgan jismning harakati qanday harakatlarning yig‘indisidan iborat? 5. Jism tezligining koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari koordinatalari qanday? 6. Gorizontal otilgan jismning harakat trayektoriyasi. 7. Jismning tushish balandligi, uchish uzoqligi va tezligi qanday ifodalanadi? 8. Tezlik vektorining gorizont bilan hosil qilgan burchagi ifodasini yozing. 9. Gorizontga qiya otilgan jismning harakati qanday harakatlarning yig‘indisi? 10. Boshlang‘ich paytda va t vaqtdan keyin jism tezligining koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari. 11. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakat trayektoriyasi. 12. Jismning harakat vaqti qanday aniqlanadi? 13. Ko‘tarilish balandligi-chi? 14. Uchish masofasi-chi? 15. 22- *b* rasmni tahlil qiling.



Masala yechish namunalari

1 - m a s a l a . 60 N kuch jismga 0,8 m/s^2 tezlanish beradi. Qanday kuch bu jismga 2 m/s^2 tezlanish beradi?

Berilgan:

$F_1 = 60$ N;
$a_1 = 0{,}8$ m/s^2;

Yechish. Ikkinchi hol uchun Nyutonning ikkinchi qonunini yozib olamiz.

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$a_2 = 2$ m/s^2;
$m = m_1 = m_2$
$F_2 = ?$

Ushbu ifodadan foydalanish uchun massasining 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:

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

Javob: $F_2 = 150$ N.

2 - masala. Otlar 23 t yukni tekis tortib bormoqda. Agar otlarning tortish kuchi 2,3 kN bo‘lsa, ishqalanish koeffitsiyentini toping?

Berilgan:

$m = 23$ t$=23 \cdot 10^3$ kg
$F = 2{,}3$ kN $= 2{,}3 \cdot 10^3$ N
$\mu = ?$

Yechish: Yukni tekis tortishi uchun otlarning tortish kuchi va ishqalanish kuchi teng bo‘lmog‘i kerak, ya’ni $F = F_{ishq}$.

Agar ishqalanish kuchi $F_{ishq} = \mu \cdot N$ va tayanchning reaksiya kuchi $|\vec{N}| = |\vec{P}| = |m\vec{g}|$ ekanligini e’tiborga olsak, $F = \mu N = \mu mg$ ifodani hosil qilamiz.

Bunda

$$\mu = \frac{F}{mg}.$$

Berilganlar va $g = 9{,}8$ m/s^2 dan foydalansak,

$$\mu = \frac{2{,}3 \cdot 10^3 \text{ N}}{23 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{2{,}3}{225{,}4} = 0{,}01.$$

Javob: $\mu = 0{,}01$.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Dvigatelining tortish kuchi 90 kN bo‘lgan 60 t massali samolyot qanday tezlanish olishi mumkin? ($a = 1{,}5$ 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. ($F_{o‘r} = 250$ N)
3. Agar tormozlanishdagi ishqalanish koeffitsiyenti 0,4 ga teng bo‘lsa, 12 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan avtobus qancha vaqtdan keyin to‘xtaydi? ($t = 3$s)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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. Ishqalanish koeffitsiyenti va qiyalik burchagi orasida qanday bog‘lanish bor?

A. $\mu = F_{ishq}/N$. B. $N = P \cdot \cos\alpha$. C. $\mu = \sin\alpha/\cos\alpha$.

D. $\mu = \mathrm{tg}\alpha_0$. E. To‘g‘ri javob B va C.

3. 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.

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:* $a = \dfrac{\vec{F}}{m}$.

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 $\vec{P} = m\vec{v}$.

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



III BOB. SAQLANISH QONUNLARI

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 jinsliligi va izotropligi, zamonning, ya’ni vaqtning esa bir jinsliligidir.*

Fazoning bir jinsliligi. *Fazoning bir jinsliligi* deyilganda uning barcha nuqtalarining teng kuchliligi 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 jinsliligining natijasidir.

Fazoning izotropligi. *Fazoning izotropligi* deyilganda uning barcha yo‘nalishlarining teng kuchliligi 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 jinsliligi. *Vaqtning bir jinsliligi* deyilganda uning har bir onining teng kuchliligi 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 jinsliligining natijasidir.



13- §. Impulsning saqlanish qonuni

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 qonuni. Buning uchun yopiq sistemaga kiruvchi har bir moddiy nuqtaning impulsini yozib olaylik. Moddiy nuqtaning impulsi

$$\vec{P} = m\vec{v} \qquad (13.1)$$

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

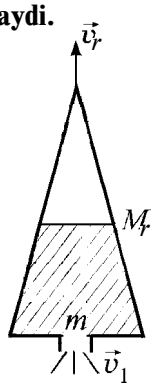
$$\vec{P} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \ldots + m_n\vec{v}_n = \sum_{i=1}^{n} m_i\vec{v}_i. \qquad (13.2)$$

Yopiq sistema uchun

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^{n} m_i\vec{v}_i = \text{const}. \qquad (13.3)$$

Bu ifoda impulsning saqlanish qonunini ifodalaydi. **Yopiq sistemaning impulsi 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.



23- rasm.

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 $\vec{v}_1$ tezlik bilan otilib chiqadi. Natijada

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

raketa $\vec{v}_r$ tezlik bilan harakatlana boshlaydi. Raketa soplosidan otilib chiqadigan gaz massasi m raketa massasi M dan juda kichik ($m << M$ bo‘lgani uchun), harakat boshlangandan keyin ham raketaning massasi M o‘zgarmay qolaveradi, deb hisoblaylik (23- 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.

$$M\vec{v}_r + m\vec{v}_1 = 0 .$$

Bundan $M\vec{v}_r = -m\vec{v}_1$ yoki raketa tezligining moduli uchun $|\vec{v}_r| = \frac{m}{M}\vec{v}_1$ 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 jinsliligi deganda nima tushuniladi va qanday saqlanish qonuni uning natijasidir? 5. Fazoning izotropligi deganda nima tushuniladi va qanday saqlanish qonuni uning natijasidir? 6. Vaqtning bir jinsliligi deganda nima tushuniladi va qanday saqlanish qonuni uning natijasidir? 7. Yopiq sistema deb qanday sistemaga aytiladi? 8. Impulsning saqlanish qonuni. 9. Reaktiv harakat qanday qonunga asoslangan? 10. Raketaning tezligi nimalarga bog‘liq?

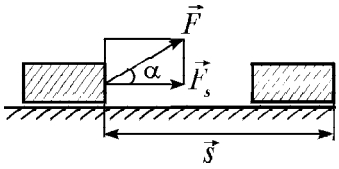
14- §. Energiya, ish va quvvat

M a z m u n i : 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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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.



24- rasm.

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

$$A=\left(\vec{F}\cdot\vec{s}\right)=F\cdot s\cdot\cos\alpha, \qquad (14.1)$$

bu yerda α — kuch $\vec{F}$ va ko'chish $\vec{s}$ orasidagi burchak (24- rasm).

Agar $\cos\alpha=\frac{\vec{F}_s}{F}$; $F_s=F\cdot\cos\alpha$ ekanligini e'tiborga olsak, (14.1) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$A=F\cdot s\cdot\cos\alpha=F_s\cdot s \qquad (14.2)$$

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

(14.2) 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 Joul (J)

$$[A]=[F]\cdot[s]=1\text{N}\cdot1\text{m}=1\text{N}\cdot\text{m}=1\text{J}.$$

Ishning SI dagi birligi sifatida 1 N kuchning 1 m masofada bajargan 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:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

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

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

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.



15- §. Mexanik energiya

M a z m u n i : 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 υ tezlik oladi.

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

$$E_k = \frac{m\upsilon^2}{2} \qquad (15.1)$$

kinetik energiyaga ega bo'ladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

$$E_p = mgh = Ph \qquad (15.2)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. Balandlik h nolinchi sathdan hisoblansa, unda

$$E_p^0 = 0$$

bo‘ladi.

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

(15.2) ifodadan ko‘rinib turibdiki, jismning potensial energiyasi jism og‘irlik kuchining h balandlikdan tushishda bajaradigan ishiga 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 Joul (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?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

16- §. Energiyaning saqlanish qonuni

M a z m u n i : 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:

$$E = E_k + E_P. \qquad (16.1)$$

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

$$E = E_k + E_P = \text{const}. \qquad (16.2)$$

Yuqorida ta’kidlanganidek, energiyaning saqlanish qonuni vaqtning bir jinsliligi 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 issiqlik energiyasiga aylanishi misol bo‘ladi.

Tabiatda energiyaning saqlanish qonuni bajariladimi? O‘tkazilgan ko‘plab tajribalar, nazariy xulosalar energiyaning saqlanish qonunini qat’iy bajarilishini ko‘rsatadi. Faqatgina tabiatda energiyaning 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 qanday xususiyatining natijasi? 4. Tabiatda energiyaning saqlanish qonuni bajariladimi? 5. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni haqida nimalarni bilasiz?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

17- §. Jismlarning absolut elastik va noelastik urilishi

M a z m u n i: urilish; urilishning fizikadagi ahamiyati; absolut elastik va noelastik urilishlar.

Urilish. Uning fizikadagi ahamiyati. *Urilish deb, ikki yoki undan ko'p jismlarning juda qisqa vaqt davomidagi ta'sirlashuviga aytiladi.* Urilish tabiatda juda ko'p uchraydi. Bilyard sharlarining to'qnashuvi, odamning yerga sakrashi, bolg'acha bilan mixning qoqilishi, futbolchining to'p tepishi va hokazolar urilishga misol bo'ladi.

Urilish natijasida jismlarning deformatsiyalanishiga qarab ular ikki turga: absolut elastik va absolut noelastik urilishlarga bo'linadi.

Absolut noelastik urilish. *Absolut noelastik urilish deb, ikkita deformatsiyalanadigan sharlarning urilishiga aytiladi.* To'qnashuvdan so'ng sharlar birlashib harakat qilishlari mumkin. Plastilin yoki loydan yasalgan sharchalarning to'qnashuvi bunga misol bo'la oladi (25- rasm). m_1 va m_2 massali sharlarning urilishgacha tezliklari mos ravishda $\vec{v}_1$ va $\vec{v}_2$ bo'lsin. Urilishdan keyingi tezlik $\vec{v}$ bo'lsa, impulsning saqlanish qonunini tatbiq etib quyidagini olamiz:

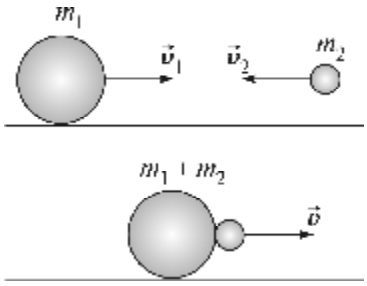
$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}.$$

Bundan

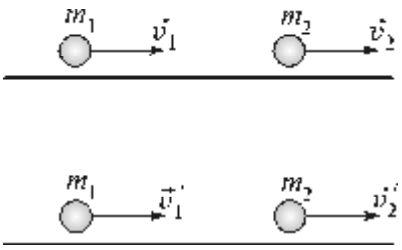
$$\vec{v} = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{m_1 + m_2}. \qquad (17.1)$$

Agar sharlarning massalari teng bo'lsa $m = m_1 = m_2$, unda

$$\vec{v} = \frac{(\vec{v}_1 + \vec{v}_2)}{2}. \qquad (17.2)$$



25- rasm.



26- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Absolut noelastik urilishda mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilmay, uning bir qismi sharlarning ichki energiyasiga aylanadi.

Absolut elastik urilish. *Absolut elastik urilish deb, ikkita deformatsiyalanmaydigan sharlarning urilishiga aytiladi. Bunda sharlarning urilishdan oldingi kinetik energiyalari, urilishdan keyin ham to'laligicha kinetik energiyaga aylanadi.*

Absolut elastik urilishda impulsning va kinetik energiyaning saqlanish qonunlari bajariladi. m_1 va m_2 massali sharlarning urilishgacha tezliklari mos ravishda $\vec{v}_1$ va $\vec{v}_2$, urilishdan keyin esa $\vec{v}_1'$ va $\vec{v}_1'$ bo'lsin. Ularning harakat yo'nalishlarini hisobga olib o'ng tomonga yo'nalgan harakatni musbat, chap tomonga yo'nalganini esa manfiy ishora bilan olamiz (26-rasm). Shu hol uchun impulsning va kinetik energiyaning saqlanish qonunlari quyidagicha bo'ladi:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'. \qquad (17.3)$$

$$\frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} = \frac{m_1v_1'^2}{2} + \frac{m_2v_2'^2}{2}. \qquad (17.4)$$

(17.3) va (17.4) formulalar yordamida quyidagilarni olamiz:

$$m_1(v_1 - v_1') = m_2(v_2 - v_2'), \qquad (17.5)$$

$$m_1(v_1^2 - v_1'^2) = m_2(v_2'^2 - v_2^2), \qquad (17.6)$$

bundan esa

$$v_1 + v_1' = v_2 + v_2'. \qquad (17.7)$$

(17.5) va (17.7) tenglamalarni yechib quyidagini olamiz:

$$v_1' = \frac{(m_1-m_2)v_1+2m_2v_2}{m_1+m_2}, \qquad (17.8)$$

$$v_2' = \frac{(m_2-m_1)v_2+2m_1v_1}{m_1+m_2}. \qquad (17.9)$$



Masala yechish namunalari

1 - m a s a l a . 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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Berilgan:

$F = \text{const}$;
$s = 5$ m;
$\upsilon = 2$ m/s;
$m = 400$ kg;
$\mu = 0{,}01$.

$A = ?$

Yechish. Kuch bajargan ish A, vagonni ko‘chirish 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 bajarilgan ish

$$A_0 = F_{\text{ishq}} s = \mu P s = \mu m g s.$$

Bu yerda $F_{\text{ishq}} = \mu P$ va og‘irlik kuchi $P = mg$ ekanligini e’tiborga oldik. O‘z navbatida vagoncha olgan kinetik energiya

$$T = \frac{m\upsilon^2}{2}.$$

Shunday qilib, F kuch bajargan ish

$$A = \mu mgs + \frac{m\upsilon^2}{2}$$

kabi aniqlanadi. Berilganlardan foydalanib topamiz

$$A = 0{,}01 \cdot 400 \cdot 9{,}8 \cdot 5 \text{ J} + \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 4 \text{ J} = 996 \text{ J}.$$

J a v o b : $A = 996$ J.

2 - m a s a l a . 1 t massali bosqon 2 m balandlikdan sandonga tushadi. Urilish 0,01 c davom etadi. Urilishning o‘rtacha kuchi $F_{\text{o‘r}}$ aniqlansin.

Berilgan:

$m = 1 \text{ t} = 10^3$ kg;
$h = 2$ m;
$\Delta t = 0{,}01$ s.

$F_{\text{o‘r}} = ?$

Yechish. Urilish uchun impulsning saqlanish qonuni quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$F_{\text{o‘r}} \cdot \Delta t = \text{m} \cdot \upsilon,$$

bundan

$$F_{\text{o‘r}} = \frac{m \cdot \upsilon}{\Delta t}.$$

Shuningdek, energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq bosqonning h balandlikda turgandagi potensial energiyasi $E_{\text{p}} = mgh$, sandonga urilayotgandagi kinetik energiyasi $E_k = \frac{m\upsilon^2}{2}$ ga teng bo‘lishi kerak, ya’ni

$$E_{\text{p}} = E_k$$

yoki

$$mgh = \frac{m\upsilon^2}{2}.$$

Ushbu ifodadan tezlikni topsak,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$v = \sqrt{2gh}$$

va $F_{o'r}$ uchun topilgan ifodaga qo'ysak,

$$F_{o'r} = \frac{m}{\Delta t} \cdot \sqrt{2gh}$$

ni hosil qilamiz. Berilganlar va $g = 9{,}81$ m/s^2 ligidan foydalansak,

$$F_{o'r} = \frac{10^3}{0{,}01}\sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 2}\text{N} = 6{,}3 \cdot 10^5\,\text{N} = 630\ \text{kN}$$

Javob. $F_{o'r} = 630$ kN.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 0,3 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan 20 t massali vagon 0,2 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? ($v = 0{,}24$ m/s)
2. Odam massasi 2 kg bo'lgan jismni 1 m balandlikka 3 m/s^2 tezlanish bilan ko'targanda qancha ish bajaradi? ($A = 26$ J)
3. Massasi 6,6 t bo'lgan kosmik kema orbita bo'ylab 7,8 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, uning kinetik energiyasi nimaga teng bo'ladi? ($T = 200$ GJ)
4. 5 m balandlikdan erkin tushayotgan 3 kg massali jismning yer sirtidan 2 m balanddagi potensial va kinetik energiyalari nimaga teng? ($E_p = 60$ J; $E_k = 90$ 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. $v_0 = \sqrt{2gh}$.
6. Massasi 1 kg va 2 kg bo'lgan noelastik sharlar bir-biriga tomon mos ravishda 1 m/s va 2 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda. To'qnashgandan keyin sistema kinetik energiyasining o'zgarishini toping. ($\Delta E_k = 3$ J)

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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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. N · m.
E. To‘g‘ri javob B va D.

4. Massalari 2 kg va 6 kg bo‘lgan 2 ta noelastik jism bir-biriga qarab 2 m/s tezlik bilan harakatlanmoqda, bu jismlarning to‘qnashuvidan keyingi tezligining modulini toping.

A. 2 m/s. B. 4 m/s.
C. 0,5 m/s. D. 1 m/s. E. 0.

Asosiy xulosalar

Impulsning saqlanish qonuni: *yopiq sistemaning impulsi saqlanadi, ya’ni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi:* $\vec{P} = \sum_{i=1}^{n} m_1\vec{v}_1 = \text{const}$

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: $A = (\vec{F} \cdot \vec{S}) = F \cdot S \cdot \cos\alpha$. 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 $E = E_k + E_p = \text{const}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

IV BOB. TORTISHISH KUCHLARI

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.

18- §. Butun olam tortishish qonuni

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

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:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}, \qquad (18.1)$$

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 (18.1) dan G ni topib olamiz:

$$G = \frac{F \cdot r^2}{m_1 \cdot m_2}. \qquad (18.2)$$

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$G = F\frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2}.$$



G. Kavendish
(1731—1810)

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 xossalarini 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 doimiysini birinchi bo‘lib kim aniqlagan? 7. Gravitatsion massa tushunchasi. 8. Inert va gravitatsion massalar tengmi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

19- §. Tortishish maydoni. Og‘irlik kuchi va vazn. Vaznsizlik

M a z m u n i : tortishish maydoni va uning xarakteristikalari; 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

$$\vec{F} = m\vec{g} \qquad (19.1)$$

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

$$\vec{P} = m\vec{g} \qquad (19.2)$$

og‘irlik kuchi ta’sir etadi. g — erkin tushish tezlanishi, uning qiymati $g = 9{,}81$ 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$P = mg = F = G\frac{mM}{R^2}, \qquad (19.3)$$

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

Agar jism Yer sirtidan h balandlikda joylashgan bo‘lsa,

$$P = G\frac{mM}{(R_0 + h)^2} \qquad (19.4)$$

bo‘ladi. Bu yerda R_o — 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 harakatlangandagina, 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 $\vec{g}$ ga teng bo‘lmagan $\vec{a}$ tezlanish bilan harakat qiladi. Demak, Yerning tortish maydonida jism tezlanish $\vec{a}$ bilan harakatlanayotgan bo‘lsa, unga og‘irlik kuchi $\vec{P}$ dan tashqari yana biror kuch $\vec{N}$ ham ta’sir etadi. Nyutonning ikkinchi qonuniga muvofiq jism aynan shu kuchlar yig‘indisi ta’sirida $\vec{a}$ tezlanish oladi.

$$\vec{N} + \vec{P} = m\vec{a}. \qquad (19.5)$$

Ushbu ifodadan jismning vazni

$$\vec{P}' = -\vec{N} = \vec{P} - m\vec{a} = m\vec{g} - m\vec{a} = m(\vec{g} - \vec{a}). \qquad (19.6)$$

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

$$\vec{P}' = m\vec{g} \qquad (19.7)$$

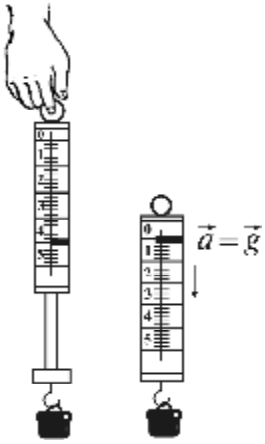
bo‘ladi.

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

$$\vec{P}' = 0, \qquad (19.8)$$

ya’ni jism vaznsiz holatda bo‘ladi (27- rasm).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



27- rasm.

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

Jism vaznining ortishi va kamayishi. Jismning vazni uchun yozilgan (19.6) ifodani chuqurroq tahlil qilaylik.

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

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

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

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

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

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

bo‘ladi. Demak, $a \neq 0$ dan boshlab jismning vazni $m\vec{a}$ 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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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?

20- §. 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 mumkinki, bu tezlikdan boshlab jism Yer atrofida biror aylana orbita bo‘ylab harakat qila boshlaydi (28- 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 aylanma 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 aylanma harakatdagi normal tezlanishi $\frac{v^2}{R}$ ta’sir qiladi. Bu tezlanishlar teng bo‘lgandagina jism aylanma orbita bo‘ylab tekis harakatlanishi mumkin.

$$\frac{v^2}{R} = g, \qquad (20.1)$$

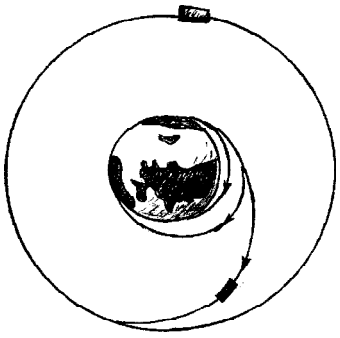
bundan

$$v_1 = \sqrt{gR}. \qquad (20.2)$$

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 (20.2) ga qo‘yib topamiz:

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



28- rasm.

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:

$$\upsilon_2 = \sqrt{2gR} = 11{,}2 \cdot 10^3 \text{ m/s} = 11{,}2 \text{ km/s}$$

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

$$\upsilon_3 = 16{,}7 \cdot 10^3 \text{ m/s} = 16{,}7 \text{ km/s}$$

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?

Masala yechish namunalari

1- m a s a l a . Tortishish maydonining Yer sirtidan 1000 km balandlikdagi kuchlanganligi g aniqlansin. Yerning radiusi va Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi ma'lum deb olinsin.

Berilgan:

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

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

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

———————

$g = ?$

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$F = G\frac{mM_{Yer}}{\left(R_{Yer}+h\right)^2}.$$

Kuch uchun topilgan ifodani o‘rniga qo‘yib

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

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

Berilganlar yordamida

$$g = 9{,}8\cdot\frac{(6{,}37\cdot10^6)^2}{(6{,}37\cdot10^6+10^6)^2}\frac{\text{N}}{\text{kg}} = 7{,}3\frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

J a v o b : g = 7,3 N/kg

2- m a s a l a . 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:

$n = R_{Yer}/R_{\text{Oy}} = 3{,}66;$
$k = \rho_{Yer}/\rho_{\text{Oy}} = 1{,}66;$
$g = 9{,}8\ \text{m/s}^2.$
———————
$g_{\text{Oy}} = ?$

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,

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

Bundan

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Berilganlar yordamida topamiz:

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

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



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Kosmik kema Yer sirtidan qancha masofaga uzoqlashganda Yerga tortilish kuchi Yer sirtidagiga qaraganda 100 marta kichik bo‘ladi? ($h = 9\ R_{Yer}$)
2. Yer radiusining yarmiga teng balandlikda erkin tushish tezlanishi qanday bo‘ladi? ($g_h = 4,4\ \text{m/s}^2$)
3. 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? ($\Delta P = \pm 37\text{N}$)
4. Oy sirti yaqinidagi birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarning qiymatlari hisoblansin. ($\upsilon_1 = 1,68$ km/s; $\upsilon_2 = 2,37$ km/s).

Test savollari

1. 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. $F = \mu\text{Mg}$.

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

2. Jismlarning o‘zaro tortishish kuchlari orqali aniqlanadigan massaga .... massa deyiladi.

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

3. 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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4. 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.

5. 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.

Asosiy xulosalar

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

Gravitatsion doimiy G — son jihatdan 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: $\upsilon_1 = \sqrt{gR} = 7,9$ km/s.

Ikkinchi kosmik tezlik: $\upsilon_2 = \sqrt{2gR} = 11,2$ km/s.

Uchinchi kosmik tezlik: $\upsilon_3 = 16,7$ km/s.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

V BOB. QATTIQ JISMLAR MEXANIKASI

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 ilgarilanma harakat dinamikasi bilan solishtirib o‘rganamiz.

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

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

Aylanma harakat. Ilgarilanma 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 ilgarilanma va aylanma harakat mexanikasi kattaliklarini solishtirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1- jadval

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	$\upsilon = \frac{ds}{dt}$	Burchak tezlik	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	$\upsilon = R\omega$	$\omega = \upsilon/R$
Chiziqli tezlanish (tangensial)	$a_t = \frac{d\upsilon}{dt}$	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

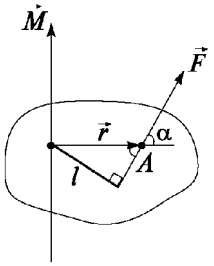
$$J = \sum_{i=1}^{n} m_i r_i^2. \qquad (21.1)$$

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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



29- 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

$$\vec{M} = \left[\vec{r} \cdot \vec{F}\right] \qquad (21.2)$$

Bu yerda $\vec{r}$ — aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtagacha bo'lgan radius-vektor (29- rasm).

Kuch momentining moduli

$$M = F \cdot r \cdot \sin\alpha = F \cdot l \qquad (21.3)$$

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 N · 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.

$$M = J \cdot \varepsilon = J \frac{d\omega}{dt}, \qquad (21.4)$$

yoki vektor ko'rinishda

$$\vec{M} = J\vec{\varepsilon}, \qquad (21.5)$$

Sinov savollari

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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?

22- §. Impuls momenti va uning saqlanish qonuni

M a z m u n i : impuls momenti; impuls momenti va aylanma harakat kinematikasi xarakteristikalari orasidagi bog‘lanish; aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni; impuls momentining saqlanish 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 (30- rasm).

$$\vec{L} = [\vec{r} \cdot \vec{p}] = [\vec{r} \cdot m\vec{v}]. \qquad (22.1)$$

Impuls momenti vektorining moduli.

$$L = r \cdot p \cdot \sin\alpha = mvr \sin\alpha = p \cdot l\,, \qquad (22.2)$$

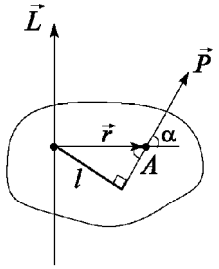
bu yerda $\vec{r}$ — aylanish o‘qidan impuls qo‘yilgan A nuqtagacha bo‘lgan radius-vektor; $r\sin\alpha = l$, $l - \vec{P}$ — vektorning 0 nuqtaga nisbatan yelkasi; $\alpha - \vec{r}$ va $\vec{p}$ vektorlar orasidagi burchak (30- rasm).

Impuls momentining SI dagi birligi $1\ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$.

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

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.

$$L = J \cdot \omega. \qquad (22.3)$$



30- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}. \tag{22.4}$$

Impuls momentining saqlanish qonuni. Agar sistema yopiq bo‘lsa, unda tashqi kuchlar momenti nolga teng bo‘ladi, ya’ni $\vec{M} = 0$. Bu holda (22.4) quyidagi ko‘rinishni oladi.

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

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

$$\vec{L} = \text{const}. \tag{22.5}$$

(22.5) — impuls momentining saqlanish qonunidir. *Yopiq sistemada impuls momenti saqlanadi, ya’ni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi. Oldin ta’kidlanganidek impuls momentining saqlanish qonuni tabiatning fundamental qonunlaridan biri bo‘lib, u fazo izotropligining natijasidir.*

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:

$$W_k = \frac{J\omega^2}{2}. \tag{22.6}$$

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:

$$W_k = \frac{mv_c^2}{2} + \frac{J_c\omega^2}{2}.$$

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

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2- jadval

Ilgarilanma va aylanma harakat dinamikasi xarakteristikalari orasidagi bog‘lanish

Ilgarilanma harakat		Aylanma harakat	
Ko‘chish va yo‘l: $\vec{r}$ va s		Burchak	$\vec{\varphi}, \varphi$
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	$\vec{M}=\left[r\vec{F}\right]$
Impuls	$\vec{P}=m\vec{v}$	Impuls momenti	$\vec{L}=J\cdot\vec{\omega}$
$\frac{d\vec{p}}{dt}=\vec{F}$	Dinamikaning asosiy qonuni	$\frac{d\vec{L}}{dt}=\vec{M}$	
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

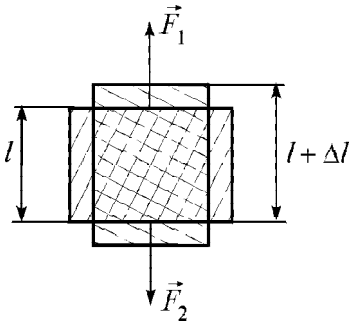
1.Ilgarilanma harakatda impuls bajaradigan vazifani aylanma harakatda qanday kattalik bajaradi? 2. Impuls momenti qanday aniqlanadi va uning birligi nima? 3. Impuls momenti va aylanma harakat kinematikasi xarakteristikalari orasida qanday bog‘lanish bor? 4. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni 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.

23- §. Qattiq jismning deformatsiyasi

M a z m u n i : deformatsiya; deformatsiya turlari; nisbiy deformatsiya; qattiq jism deformatsiyasi uchun Guk qonuni.

Deformatsiya. Deformatsiya turlari. Biz hozirgacha absolut qattiq jism tushunchasidan foydalanib keldik. Lekin tabiatda absolut qattiq jism yo‘q va barcha jismlar ozmi-ko‘pmi deformatsiyalanadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



31- rasm.

Qattiq jismlarning tashqi kuch ta'sirida o'z shakli va o'lchamlarini o'zgartirishiga deformatsiya deyiladi.

Tashqi kuchning ta'siri tugagandan so'ng jism o'zining dastlabki shakli va o'lchamlariga qaytsa, bunday deformatsiyaga *elastik deformatsiya* deyiladi.

Chizg'ichning qayrilishi, rezinkaning cho'zilishi va hokazo elastik deformatsiyaga misol bo'la oladi.

Tashqi kuch ta'siri tugagandan so'ng ham saqlanadigan deformatsiyaga *plastik* (yoki *qoldiq*) *deformatsiya* deyiladi. Shishaning sinishi va hokazo.

Umuman olganda, real jismlar deformatsiyalarining barchasi plastikdir. Lekin deformatsiya qoldig'i kam bo'lsa, uni hisobga olmaslik va deformatsiyani elastik deb hisoblash mumkin.

Nisbiy deformatsiya. Deformatsiyalarning aksariyati ikki xil: cho'zilish va siqilish deformatsiyalariga keltiriladi. Bu deformatsiyalar bilan tanishamiz.

Bir jinsli l uzunlikli sterjenga $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar qo'yilgan. $F_1=F_2=F$ bo'lgani uchun faqat F kuch qo'yilgan deb olamiz. Natijada sterjen Δl ga cho'ziladi. Odatda, sterjen cho'zilganda Δl musbat, siqilganda — manfiy ishora bilan olinadi (31- rasm).

Birlik ko'ndalang kesim yuzaga to'g'ri keluvchi kuchga kuchlanish deyiladi.

$$\sigma = \frac{F}{S}. \qquad (23.1)$$

Deformatsiyalanish darajasining miqdoriy tavsifi sifatida nisbiy deformatsiya tushunchasi kiritilgan.

Bo'ylanma (cho'zilish) nisbiy deformatsiya

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \qquad (23.2)$$

ko'ndalang (siqilish) nisbiy deformatsiya

$$\varepsilon' = \frac{\Delta d}{d} \qquad (23.3)$$

ifodalar yordamida aniqlanadi. Ular orasida quyidagi munosabat mavjud

$$\varepsilon' = -\mu\varepsilon,$$

μ — modda xususiyatiga bog'liq bo'lib, unga Puasson koeffitsiyenti deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Qattiq jism deformatsiyasi uchun Guk qonuni. Ingliz fizigi Guk kichik deformatsiyalar uchun nisbiy uzayish ε va kuchlanish σ orasida quyidagi munosabat mavjudligini aniqladi:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon,$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E}\sigma. \qquad (23.4)$$

E ga *Yung moduli* deyiladi. E qancha katta bo‘lsa, jism shuncha kam deformatsiyalanadi. $\frac{\Delta l}{l} = 1$ ga $E = \sigma$ bo‘ladi. Demak, Yung moduli jismning birlik nisbiy deformatsiyasini vujudga keltiruvchi kuchlanishga teng ekan:

$$\varepsilon = \frac{F}{E \cdot S}, \qquad (23.5)$$

yoki oxirgi ifoda yordamida Guk qonunini boshqacha yozish mumkin.

$$F = \frac{E \cdot S}{l} \cdot \Delta l = k \cdot \Delta l.$$

Elastik deformatsiyada deformatsiya kattaligi deformatsiyalovchi kuchga to‘g‘ri proporsional. Bu yerda k — elastiklik koeffitsiyenti deyiladi.

Shuni ta’kidlash lozimki, qattiq jismning deformatsiyasi Guk qonuniga ma’lum chegaragacha bo‘ysunadi.

Sinov savollari

1. Deformatsiya deb nimaga aytiladi? 2. Elastik deformatsiya qanday deformatsiya? 3. Plastik deformatsiya qanday deformatsiya? 4. Amalda real deformatsiyalar qanday deformatsiyalar bo‘ladi? 5. Deformatsiyaning turlari. 6. Kuchlanish deb nimaga aytiladi? 7. Qanday nisbiy deformatsiyalarni bilasiz? Cho‘zilish nisbiy deformatsiyasi? 8. Siqilish nisbiy deformatsiyasi? 9. Qattiq jism deformatsiyasi uchun Guk qonuni. 10. Elastiklik koeffitsiyenti nimani bildiradi? 11. Yung moduli va u nimani ko‘rsatadi?

24- §. Qattiq jismning muvozanati. Statika elementlari

M a z m u n i: statika; qattiq jismning muvozanati; aylanma harakat qilmaydigan va aylanma harakat qilayotgan jismlarning muvozanati.

Statika. Fizikaning jism yoki jismlar sistemasining muvozanat qonunlarini o‘rganadigan bo‘limiga statika deyilishi qayd etilgan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

edi. 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.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 \ldots + \vec{F}_n = 0. \qquad (24.1)$$

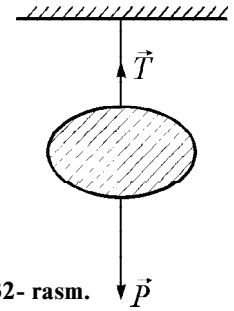
Osib qo‘yilgan jismga ta’sir etayotgan og‘irlik kuchi va ipning taranglik kuchlarining geometrik yig‘indisi nolga teng (32-rasm).

$$\vec{P} + \vec{T} = 0.$$

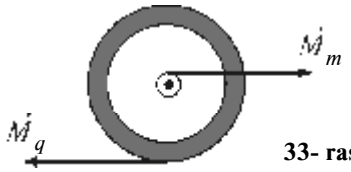
Aylanma harakat qilayotgan jismning muvozanati. Jism biror qo‘zg‘almas o‘qqa nisbatan aylanma harakat qilayotgan bo‘lsin. Endi shu jismning tinch yoki tekis harakat holati shartlarini ko‘ramiz. Agar 21- § dagi solishtirishdan foydalansak, ilgarilanma harakatdagi kuch o‘rniga aylanma harakatdagi kuch momentidan foydalanib, oldingi banddagi qoidani qayta yozamiz.

Qo‘zg‘almas o‘q atrofida *aylanma harakat qilayotgan jism, unga qo‘yilgan barcha kuch momentlarining geometrik yig‘indisi nolga teng bo‘lgandagina muvozanat holatida bo‘ladi.*

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \ldots + \vec{M}_n = 0.$$



32- rasm.



33- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

G‘ildirak motorning tortish kuchi momenti $\vec{M}_m$ va qarshilik kuchi momenti $\vec{M}_q$ ta’sirida harakatsiz turadi (33- rasm).

Sinov savollari

1. Statika bo‘limi nimani o‘rganadi? 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. 5. Aylanma harakat qilayotgan jism qachon muvozanat holatda bo‘ladi?

Masala yechish namunalari

1 - m a s a l a . Jism aylanma harakat qila boshlagandan 6 s o‘tgandan keyin burchak tezligi 3 s^{-1} ga yetgan. Agar ta’sir etayotgan kuch momenti 12 N · m bo‘lsa, jismning inersiya momenti nimaga teng?

Berilgan:

$M = 12$ N · m;
$\Delta t = 6$ s;
$\omega_0 = 0$;
$\omega = 3$ 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:

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

J a v o b : $I = 24$ kg · m^2.

2 - m a s a l a . Aylanayotgan g‘ildirakning kinetik energiyasi 1 kJ ga teng. O‘zgarmas tormozlovchi moment ta’sirida g‘ildirak tekis

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

$$A = E_к.$$

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.

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

Javob: $M = 1,99$ N·m.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Jukovskiy kursisida turgan odam gorizontal 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 kg · 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. ($M = 0,84$ N · m)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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? ($l_1 = 10$ sm)
4. Massasi 10 kg bo‘lgan yaxlit silindr 10 m/s tezlik bilan sirpanishsiz dumalaydi. Silindrning kinetik energiyasi aniqlansin. ($E_k = 750$ J)

Test savollari

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

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

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.

3. Mexanik kuchlanish formulasini ko‘rsating.

A. $\sigma = F/S$. B. $\sigma = E/\varepsilon$. C. $\sigma = \Delta l/l$.
D. $\sigma = F/l$. E. $\sigma = \Delta d/d$.

4. Berilgan ifodalardan Guk qonuni ifodasini toping.

A. $\sigma = E \cdot \varepsilon$. B. $\varepsilon = F/E \cdot S$. C. $F = k \cdot \Delta l$.
D. $\varepsilon = \alpha \cdot \sigma$. E. To‘g‘ri javob A va C.

5. Mis va po‘lat simlarga bir xil cho‘zuvchi kuch ta’sir qilganda mis simning absolut cho‘zilishi po‘lat simga qaraganda qancha katta bo‘ladi?

(Simlarning uzunligi va ko‘ndalang kesimi bir xil.)

A. 1,46. B. 1,56. C. 1,66. D. 1,76. E. 1,12.

6. Uzunligi 4 sm va ko‘ndalang kesimi 0,5 mm^2 bo‘lgan simni 0,2 mm cho‘zish uchun qancha kuch qo‘yish lozim?

A. 20 N. B. 30 N. C. 40 N. D. 50 N. E. 60 N.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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:

$J = \sum_{i=1}^{n} m_1 r_1^2$. Uning SI dagi birligi 1 kg · 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: $M = [\vec{r} \cdot \vec{F}]$. Uning SI dagi birligi 1 N · m.

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

Impuls momentining saqlanish qonuni. Yopiq sistemada impuls momenti saqlanadi, ya’ni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi: $\vec{L} = \text{const}$.

Qattiq jismlarning tashqi kuch ta’sirida o‘z shakli va o‘lchamlarini o‘zgartirishiga *deformatsiya* deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

VI BOB. SUYUQLIKLAR VA GAZLAR MEXANIKASI

Garchi suyuqliklar va gazlar ba'zi xossalari bilan bir-biridan farq qilsalar-da, 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.

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

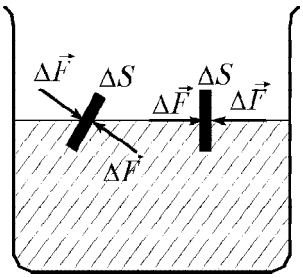
M a z m u n i : suyuqliklar va gazlar; suyuqliklarda va gazlarda bosim; Paskal qonuni; gidrostatik bosim; Arximed qonuni.

Suyuqliklar va gazlar. Gazlarning molekulalari 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 molekulalari bir-birlari bilan ancha mustahkam bog'langan va ular orasidagi masofa qariyb o'zgarmaydi. Shuning uchun ham suyuqlik siqilmaydi. Suyuqlik molekulalari juda yaxshi o'rin almashish xususiyatiga ega. Suyuqlik o'zi solingan idish shaklini egallaydi va oquvchanlik xususiyatiga ega.

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 (34- rasm).



34- rasm.

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

$$p=\frac{\Delta F}{\Delta S}. \qquad (25.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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

$$p=\frac{P}{S}=\frac{\rho gSh}{S}=\rho gh. \qquad (25.2)$$

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:***

$$F_A=\rho_s gV. \qquad (25.3)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Jismning suyuqlikdagi og‘irligi

$$P_s = mg - F_A = \rho_j Vg - \rho_s Vg = (\rho_j - \rho_s)Vg. \qquad (25.4)$$

bu yerda: ρ_s — suyuqlikning zichligi; ρ_j — jismning zichligi; V — suyuqlikka botirilgan jismning hajmi; ρgh — gidrostatik bosim.

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. Gidrostatik bosim. Nima uchun suvdagi yuk yengildek tuyuladi? 10. Arximed kuchi nima?

26- §. Uzluksizlik va Bernulli tenglamalari

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

Uzluksizlik tenglamasi. *Suyuqlikning harakatiga oqish, harakatlanayotgan zarralar to‘plamiga esa oqim* deyiladi. Quvurning ko‘ndalang kesimlari S_1 va S_2 bo‘lgan joylarida suyuqlikning oqim tezliklari mos ravishda υ_1 va υ_2 bo‘lsin (35- rasm). Siqilmaydigan suyuqlik oqim tezligining oqim ko‘ndalang kesimga ko‘paytmasi o‘zgarmas kattalikdir, ya’ni

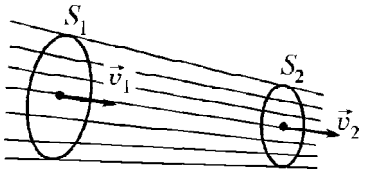
$$S_1\upsilon_1 = S\upsilon_2 = \ldots = \text{const}. \qquad (26.1)$$

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

Bernulli tenglamasi. Shveytsariyalik fizik Bernulli oqayotgan suyuqlik bosimlari uchun quyidagi munosabat o‘rinli ekanligini aniqlagan:

$$\frac{\rho\upsilon^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}. \qquad (26.2)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



35- rasm.

Bu tenglama Bernulli tenglamasi deyiladi. Bu yerda p — suyuqlikning statik bosimi, u molekulalarning uzluksiz betartib harakatining 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 energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi.

Agar oqim gorizontal bo‘lsa unda (26.2) quyidagi ko‘rinishni oladi.

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

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

Sinov savollari

1. Oqish deb nimaga aytiladi? 2. Oqim deb nimaga aytiladi? 3. Uzluksizlik tenglamasi qanday? 4. Uzluksizlik tenglamasining o‘rinligiga uchta misol keltiring. 5. Statik bosim qanday bosim? 6. Dinamik bosim qanday bosim? 7. Gidrostatik bosim qanday bosim? 8. Bernulli tenglamasi nimani isbotlaydi?

27- §. Jismlarning suyuqlik va gazlardagi harakati

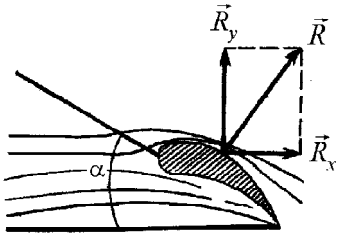
M a z m u n i : jismlarning suyuqliklarda va gazlarda harakatini o‘rganishning ahamiyati; peshana qarshilik kuchi.

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).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Birinchi kuch ($\vec{R}_x$) jismning harakat yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘lib, unga *peshana qarshilik* deyiladi. Jismning harakat yo‘nalishiga perpendikular yo‘nalgan ikkinchi kuchi esa ($\vec{R}_y$) — *ko‘tarish kuchi* deyiladi (36- rasm).



36- rasm.

Peshana 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 peshana 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. Peshana qarshilik harakat yo‘nalishiga nisbatan qanday yo‘nalgan? 4. Peshana 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- m a s a l a . Stakandagi suv ustunining balandligi 8 sm. Suv stakan tubiga qanday bosim ko‘rsatadi? Suvning o‘rnida simob bo‘lganida-chi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Berilgan:

$H = 0{,}08$ m;

$\rho_1 = 1000$ kg/m^3;

$\rho_1 = 13{,}6 \cdot 10^3$ kg/m^3;

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

p_1-?, p_2-?

Yechish: Suvning stakan tubidagi ko‘rsatadigan gidrostatik bosimi $p_1 = \rho_1 gh$ ifoda bilan aniqlanadi. Simob bo‘lgan hol uchun $p_2 = \rho_2 gh$.

Berilganlarni yozilgan ifodalarga qo‘ysak,

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

$$p_1 = 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}08 \text{ Pa} = 10662{,}4 \text{ Pa} = 10{,}66 \text{ kPa}.$$

Javob: $p_1 = 784$ Pa; $p_2 = 10{,}66$ kPa.

2 - masala. Kesimi o‘zgaruvchan, gorizontal 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 uzluksizlik 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:

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

ifodani hosil qilamiz. Berilganlardan foydalanib quyidagini olamiz.

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

Javob: $v_2 = 0{,}45 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Balandligi 0,5 m bo‘lgan kerosin qatlami idish tubiga qanday bosim ko‘rsatadi? ($p = 4$ kPa.)
2. 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? ($p_1 = 2500$ kPa; $p_2 = 200$ kPa.)
3. 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.)
4. Gorizontal joylashgan quvurning keng qismida neftning oqish tezligi 2 m/s. Agar quvurning keng va tor qismlaridagi statik bosimlar farqi 6,65 kPa bo‘lsa, quvurning tor qismida neftning tezligi aniqlansin. ($\upsilon_2 = 4{,}3$ m/s.)

Test savollari

1. 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.

2. 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.

3. Quyida keltirilgan formulalardan qaysi biri Bernulli tenglamasini ifodalaydi?

A. $S_1V_1 = S_2V_2 = \text{const}$. B. $\frac{\rho \cdot \upsilon^2}{2} + \rho g \cdot \upsilon + p = \text{const}.$

C. $\frac{\rho \cdot \upsilon^2}{2} + \rho g \cdot h + p = \text{const}.$ D. $R_x = C_x \frac{\rho \upsilon^2}{2} S.$

E. To‘g‘ri javob yo‘q.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4. Suyuqlik harakatining natijasida vujudga keladigan bosim qanday bosim?

A. Dinamik.
B. Statik.
C. Gidrostatik.
D. Tashqi bosim.
E. To‘g‘ri javob B va C.

Asosiy xulosalar

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. $F_A = \rho gV$.

Uzluksizlik tenglamasi $S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{const}$. Suyuqlik oqim tezligining oqim ko‘ndalang kesimiga ko‘paytmasi o‘zgarmas kattalikdir. Bernulli tenglamasi: $\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

VII BOB. TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR

Ma’lum vaqtdan keyin qaytariladigan harakatlarga yoki jarayonlarga *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.

28- §. 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:

$$S = A\cos(\omega_0 t + \varphi)\,. \qquad (28.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Bu yerda: A — tebranish amplitudasi; ω_0 — siklik chastota; φ–tebranishning boshlang‘ich fazasi (37- 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 (38- rasm).

Tebranuvchi nuqtaning tezligi

$$v = \frac{ds}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi), \qquad (28.2)$$

tezlanishi

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 s}{dt^2} = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi). \qquad (28.3)$$

Hosil bo‘lgan tenglikni

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + \omega_0^2 A \cos(\omega_0 t + \varphi) = 0,$$

yoki

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + \omega_0^2 S = 0, \qquad (28.4)$$

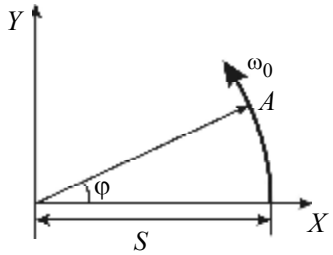
ko‘rinishida yozish mumkin. Unga garmonik harakatning *differensial tenglamasi* deyiladi.

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}, \qquad (28.5)$$

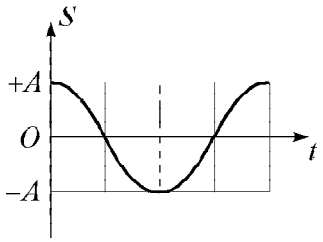
T kattalik *tebranish davri*

$$v = \frac{1}{T},$$

v — *tebranish chastotasi* deyiladi.



37- rasm.



38- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(28.5) 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.

$$[\nu]=\frac{1}{[\mathrm{T}]}=\frac{1}{1\mathrm{s}}=1\mathrm{s}^{-1}=1\ \mathrm{Hz}\,.$$

Garmonik tebranma harakat qilayotgan nuqtaning to‘la mexanik energiyasi uning kinetik va potensial energiyalarining yig‘indisiga teng va o‘zgarmas kattalik

$$E = E_{\mathrm{k}} + E_{\mathrm{p}} = \frac{m}{2}A^2\omega_0^2 = \mathrm{const.} \qquad (28.6)$$

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 (39- rasm).

Bu yerda k — prujinaning qattiqligi, x — yukning muvozanat vaziyatidan og‘ishi.

Demak, prujinali mayatnikning harakat tenglamasi

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$$

ko‘rinishida yozish mumkin. Yoki:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0. \qquad (28.7)$$

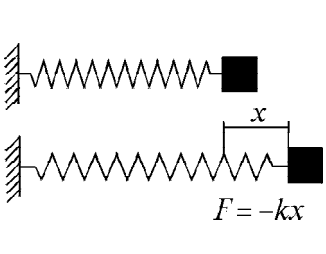
(28.4) va (28.7) larni solishtirib, prujinali mayatnikning siklik chastotasi ω_0 uchun topamiz

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}. \qquad (28.8)$$

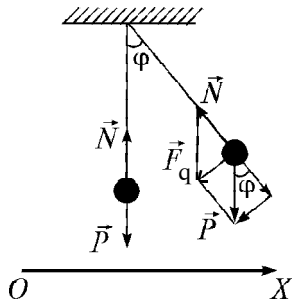
Tebranish davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \qquad (28.9)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



39- rasm.



40- rasm.

Prujinali mayatnikning potensial energiyasi

$$E_p = \frac{kx^2}{2}. \qquad (28.10)$$

Matematik mayatnik. Matematik mayatnik deb, cho‘zilmaydigan, vaznsiz uzun ipga osilgan va og‘irlik kuchi ta’sirida tebranma harakat qila oladigan moddiy nuqtaga aytiladi (40- rasm).

Muvozanat vaziyatidan φ burchakka og‘dirilgan mayatnikni $\vec{F}_q$ og‘irlik kuchining tashkil etuvchisi harakatga keltiradi.

Matematik mayatnikning siklik chastotasi

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \qquad (28.11)$$

va tebranish davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (28.12)$$

ifodalar bilan aniqlanadi.

Shuningdek, matematik mayatnikning potensial energiyasi

$$E_p = \frac{mg}{l}\frac{x^2}{2}. \qquad (28.13)$$

Bu yerda: g — erkin tushish tezlanishi, l — mayatnikning uzunligi, m — moddiy nuqtaning massasi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

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. Chastotaning 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.

29- §. To'lqinlar. To'lqin xarakteristikalari, to'lqinlarning qaytishi va sinishi

Mazmuni: to'lqinlar; to'lqin xarakteristikalari; 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 zarralari 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.

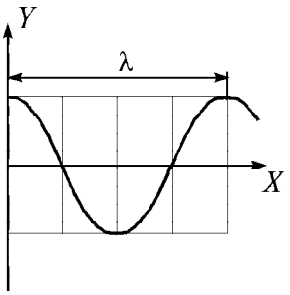
Elastik to'lqinlar deb, elastik, ya'ni qattiq, suyuq va gazsimon muhitda tarqaladigan mexanik g'alayonlanishlarga aytiladi. Elastik to'lqinlar bo'ylanma va ko'ndalang bo'lishi mumkin.

***Bo'ylanma to'lqinlarda* muhit zarralari 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.

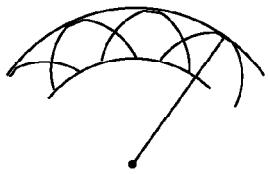
To'lqin xarakteristikalari. Bir xil fazada tebranayotgan ikkita eng yaqin zarralar orasidagi masofaga to'lqin uzunligi deyiladi va λ harfi bilan belgilanadi (41- rasm).

$$\lambda = \upsilon T, \qquad (29.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



41- rasm.



42- rasm.

bu yerda: υ — to‘lqinning tarqalish tezligi; T — davri. Agar $T = \frac{1}{\nu}$ ekanligini e’tiborga olsak

$$\upsilon = \lambda \cdot \nu \qquad (29.2)$$

bu yerda ν — chastota.

Yassi to‘lqinlar. Agar to‘lqinning tarqalish jarayonini 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‘lqinlar fazoning yangi-yangi sohalarini egallab boradi. t vaqtda tebranish yetib borgan nuqtalarning geometrik o‘rniga *to‘lqin fronti* deyiladi. Bir xil fazada tebranadigan nuqtalarning geometrik o‘rniga esa *to‘lqin sirti* deyiladi.

To‘lqin sirti konsentrik sferalardan iborat bo‘lishi mumkin. Sirti sferalardan iborat bo‘lgan to‘lqinga *yassi* yoki *sferik to‘lqin* deyiladi. To‘lqin sirtiga perpendikular yo‘nalgan chiziqqa *nur* deyiladi. To‘lqin nur yo‘nalishi bo‘ylab tarqaladi.

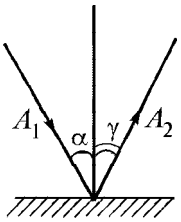
Gyuygens prinsipi. Muhitning to‘lqin yetib borgan har bir nuqtasi ikkilamchi to‘lqinlarning nuqtaviy manbayi bo‘ladi. Ikkilamchi to‘lqinlarga urinma sirt keyingi ondagi to‘lqin sirtidir (42- rasm).

Gyuygens prinsipi to‘lqinlarning qaytishini tushuntirib beradi.

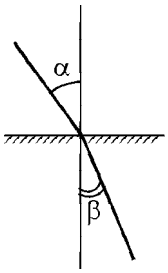
To‘lqinning qaytish qonuni. Tushayotgan va qaytayotgan nurlar va tushish nuqtasiga o‘tkazilgan perpendikular bir tekislikda yotishadi. Qaytish burchagi γ tushish burchagi α ga teng (43- rasm).

To‘lqinning sinishi. Ikki muhit chegarasida to‘lqin yo‘nalishining o‘zgarishiga to‘lqinning sinishi deyiladi (44- 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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



43- rasm.



44- rasm.

Sinov savollari

1. To‘lqin deb nimaga aytiladi? 2. To‘lqin tarqalganda muhit zarralari 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.

30- §. Tovush to‘lqinlari

M a z m u n i : tovush to‘lqinlarining xarakteristikalari; tovushning tezligi; tovushning intensivligi; tovushning qattiqligi va boshqa xarakteristikalari; tovush to‘lqinlari uchun Dopler effekti; ultratovushlar.

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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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 nisbatangina 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‘ndalang 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 $\upsilon = 331$ 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

$$\upsilon_s = 1450 \text{ m/s, po‘latda esa } \upsilon_p = 5000 \text{ m/s.}$$

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:*

$$I = \frac{W}{St}. \qquad (30.1)$$

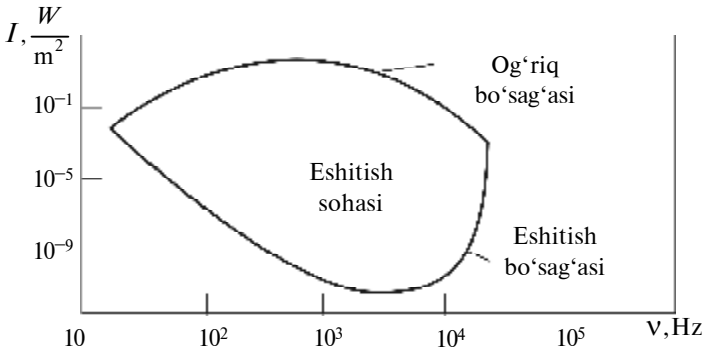
Tovush intensivligining SI dagi birligi.

$$[I] = \frac{[W]}{[S][t]} = \frac{1\text{J}}{1\text{m}^2 1\text{s}} = 1\frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} = 1\frac{\text{W}}{\text{m}^2}.$$

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.

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. 45- rasmda eshitish va og‘riq sezish bo‘sag‘alarining tovush chastotasiga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Ular orasida eshitish sohasi joylashgan.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



45- rasm.

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.

$$\vec{L} = \lg \frac{I}{I_0}.$$

I_0 — eshitish bo‘sag‘asidagi tovush intensivligi bo‘lib, barcha tovushlar uchun 10^{-12} W/m^2 deb qabul qilinadi.
L kattalik tovushning intensivlik darajasi deyiladi va bel (B) yoki detsibellarda (dB) o‘lchanadi. Tovushning fiziologik xarakteristikasi qattiqlik darajasidir. U fonlarda ifodalanadi.

1000 Hz chastotada, agar intensivlik darajasi 1 dB bo‘lsa, tovushning qattiqligi 1 fon bo‘ladi.

Qattiqlikdan 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‘lqinlar 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) nisba-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

tan harakati qabul qilinayotgan tebranishlar chastotasining o‘zgarishiga olib keladi. Bu hodisaga *Dopler effekti* deyiladi. *To‘lqinlar manbayi va qabul qiluvchining bir-biriga nisbatan harakatlanishi natijasida qabul qilinayotgan to‘lqinlar chastotasining o‘zgarishiga Dopler effekti deyiladi.*

Ultratovushlarning qo‘llanilishi. Chastotasi $\nu > 20000$ Hz bo‘lgan elastik to‘lqinlarga *ultratovushlar* deyiladi. Uning chastotasi katta, to‘lqin 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, sirenalar 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 xossalarini o‘rganishda, jismlarga mexanik ishlov berishda, meditsina va boshqa sohalarda ishlatiladi.



Sinov savollari

1. Tovush to‘lqinlari deb qanday to‘lqinlarga 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‘lqinlari bo‘shliqda tarqaladimi? 6. Tovush to‘lqinlari bo‘ylanma to‘lqinlarmi 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 qattiqlik darajasi. 14. Tovushning balandligi. 15. Tovushning tembri. 16. Tovush to‘lqinlari 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 - m a s a l a . $x = A\cos\omega(t + \tau)$ tenglama bilan berilgan tebranishning davri T, chastotasi ν va boshlang‘ich fazasi φ aniqlansin.

$\omega = 2{,}5\pi\ \text{s}^{-1}$; $\tau = 0{,}4$ s deb olinsin.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Berilgan:

$x = A \cdot \cos\omega\,(t + \tau)$;
$\omega = 2{,}5\pi\ \text{s}^{-1}$;
$\tau = 0{,}4$ s.
$T = ?$
$v = ?$
$\varphi = ?$

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:

$$\varphi = \omega\tau,$$

$$v = \frac{\omega}{2\pi},$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{v}.$$

Berilganlarni topilgan ifodalarga qo‘yib olamiz:
$\varphi = 0{,}25 \cdot \pi \cdot 0{,}4$ rad $= \pi$ rad;

$$v = \frac{2{,}5\pi}{2\pi}\,\text{s}^{-1} = 1{,}25\ \text{s}^{-1} = 1{,}25\ \text{Hz}; \qquad T = \frac{2\pi}{2{,}5\pi}\,\text{s} = 0{,}8\ \text{s}.$$

Javob. $T = 0{,}8$ s; $v = 1{,}25$ Hz; $\varphi = \pi$ 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:

$X = 9$ sm $= 9 \cdot 10^{-2}$ 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 qattiqligi. 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:

$$T = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{-2}}{9{,}8}}\,\text{s} = 0{,}6\ \text{s}.$$

Javob. $T = 0{,}6$ s.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

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. ($m = 4$ 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? ($g = 10{,}1$ 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. ($\upsilon_{er} = 79$ Hz; $\upsilon_{ayol} = 1360$ 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‘rinishida 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:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

A. $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. B. $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. C. $T=2\pi\sqrt{L\cdot C}$.

D. $T=\frac{2\pi}{\omega}$. E. $T=\frac{1}{\upsilon}$.

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.

6. Bikrligi 250 N/m bo‘lgan prujinaga bog‘lab qo‘yilganda 16 s ichida 20 marta tebranadigan yukning massasini toping.

A. 4 kg. B. 6 kg. C. 6,5 kg. D. 8 kg. E. 5,5 kg.

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 1Hz.

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.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

VIII BOB. MAXSUS NISBIYLIK NAZARIYASI ASOSLARI

Biz fizikani klassik mexanikani o‘rganishdan boshlagan edik. Klassik mexanika tezliklari yorug‘likning vakuumdagi tezligidan juda kichik bo‘lgan makrojismlarning harakat qonunlarini o‘rganadi, deb qayd etilgan edi. Unda tezliklari yorug‘likning vakuumdagi tezligiga yaqin bo‘lgan jismlarning harakat qonunlari qanday bo‘ladi? Ular klassik fizika qonunlaridan farq qiladimi, yo‘qmi? Ushbu va yana tug‘iladigan bir qancha savollarga javob topish maqsadida fizikaning eng qiziqarli bo‘limlaridan biri bo‘lgan, fazo, vaqt, materiya va harakat kabi tushunchalar haqidagi tasavvurlarni keskin o‘zgartirib yuborgan va 1905-yilda A. Eynshteyn tomonidan yaratilgan «Maxsus nisbiylik nazariyasi asoslari» bilan tanishishga kirishamiz.

31- §. Mexanikada nisbiylik prinsipi. Galiley almashtirishlari

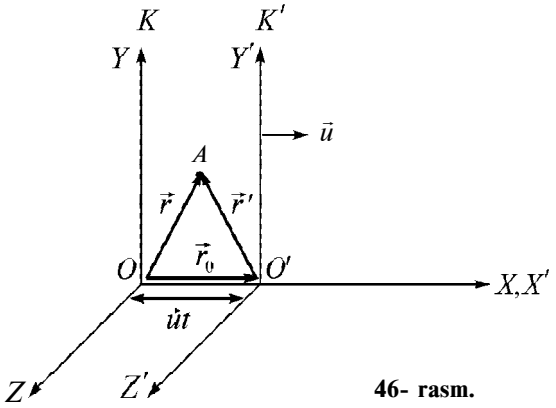
Mazmuni: Galileyning nisbiylik prinsipi; koordinatalar uchun Galiley almashtirishlari; tezlik va tezlanishni almashtirish; klassik mexanikada invariant kattaliklar.

Galileyning nisbiylik prinsipi. Moddiy nuqtaning harakati makon va zamonda o‘rganiladi, bu vazifani esa dekart koordinata sistemasi va unga biriktirilgan soat majmuasi o‘taydi deb qayd etilgan edi. Agar sanoq sistemalari bir-biriga nisbatan tinch yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan va ularning birortasida Nyuton dinamikasi qonunlari o‘rinli bo‘lsa, unda bu sistemalar inersial sanoq sistemalari bo‘ladi.

Barcha inersial sanoq sistemalarida klassik dinamikaning qonunlari bir xil shaklga ega. Bu prinsip mexanikada *nisbiylik prinsipi* yoki Galileyning *nisbiylik prinsipi* deyiladi.

Koordinatalar uchun Galiley almashtirishlari. Ushbu prinsipning g‘oyasini tushunish uchun bir-biriga nisbatan $\vec{u}(\vec{u} = const)$ tezlik bilan to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan K (o‘qlari x, y, z) va K' (o‘qlari x', y', z') koordinata sistemalarini qaraymiz. Soddalik uchun K' sistema K ga nisbatan x o‘qi bo‘ylab harakatlanayotgan holni ko‘raylik (46- rasm). (Buning hech bir qiyinchiligi yo‘q, chunki koordinata sistemalarini masalani yechish uchun qulay qilib tanlash bizning o‘zimizga bog‘liq). Vaqtni hisoblashni koordinata o‘qlarining

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



46- rasm.

boshlari ustma-ust tushgan momentdan boshlaymiz. Biror t vaqt o‘tgandan keyin sistemalar 46- rasmda ko‘rsatilgandek joylashsin. Bu vaqt davomida K' sistema K ga nisbatan x o‘qi yo‘nalishida $\vec{r}_0 = \vec{u}t$ vektorga ko‘chadi. Endi A nuqtaning har ikkala sistemadagi koordinatalari orasidagi bog‘lanishni topaylik. 46- rasmdan ko‘rinib turibdiki,

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{r}_0 = \vec{r}' + \vec{u}t. \qquad (31.1)$$

Tenglikni koordinata o‘qlaridagi proyeksiyalari yordamida yozamiz:

$$\begin{aligned} x &= x' + ut, \\ y &= y', \\ z &= z', \end{aligned} \qquad (31.2)$$

bu yerda harakat x o‘qi yo‘nalishida bo‘lganligi uchun $u_x = u$, $u_y = 0$, $u_z = 0$ ekanligini e’tiborga oldik. Yozilgan tenglamalar *koordinatalar uchun Galiley almashtirishlari* deyiladi. Agar klassik mexanikada vaqtning o‘tishi sanoq sistemasining harakatiga bog‘liq emasligini e’tiborga olsak, unda yuqoridagi tenglamalarga $t = t'$ ni ham qo‘shish mumkin. Unda Galiley almashtirishlari quyidagi ko‘rinishni oladi. Shunday qilib, $K' \rightarrow K$ uchun

$$\begin{aligned} x &= x' + ut, \\ y &= y', \\ z &= z', \\ t &= t'. \end{aligned} \qquad (31.3)$$

Tezlik va tezlanishni almashtirish. Moddiy nuqtaning bir sanoq sistemasidagi tezligi $\vec{v}'$ ni bilgan holda uning ikkinchi sanoq siste-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

masidagi tezligi $\vec{v}$ ni aniqlash muhim ahamiyatga ega bo‘ladi. Masalan, $\vec{u}$ tezlik bilan harakatlanayotgan poyezd ichida $\vec{v}'$ tezlik bilan yurayotgan odamning vokzaldagi kuzatuvchiga nisbatan tezligi $\vec{v}$ quyidagicha aniqlanadi (4.6 ga qarang):

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}. \qquad (31.4)$$

Bu ifoda klassik mexanikada tezliklarni qo‘shish qoidasini ifodalaydi.

Shuningdek, A nuqtaning har ikkala sanoq sistemasidagi tezlanishi bir-biriga teng:

$$\vec{a} = \vec{a}'. \qquad (31.5)$$

Shunday qilib, agar K sistemada A nuqtaga hech qanday kuch ta’sir etmasa ($\vec{a} = 0$), unda K' sistemada ham unga hech qanday kuch ta’sir etmaydi $(\vec{a} = \vec{a}' = 0)$.

Klassik mexanikada invariant kattaliklar. Invariant so‘zi lotincha bo‘lib, invariantis — o‘zgarmaydigan degan ma’noni anglatadi. Klassik mexanikada qanday kattaliklar bir sanoq sistemasidan ikkinchisiga o‘tganda o‘zgarmaydi? (31.5) munosabatning ko‘rsatishicha: **bir sanoq sistemasidan ikkinchisiga o‘tganda klassik dinamika tenglamalari o‘zgarmaydi, ya’ni ular koordinatalar o‘zgarishiga nisbatan invariantdir.**

Demak, (31.5) ifoda mexanikada nisbiylik prinsipining isboti bo‘lib, mexanik jarayonlar barcha inersial sanoq sistemalarida bir xilda ro‘y berishini ko‘rsatadi. Galiley iborasi bilan aytganda, inersial sanoq sistemasining ichida o‘tkazilgan hech qanday mexanik tajriba uning tinch yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotganligini aniqlashga imkon bermaydi. Misol uchun to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan poyezd kupesida turib, derazadan nigoh tashlamaguncha, poyezdning tinch turganligi yoki harakat qilayotganligini aniqlay olmaymiz.

Shuningdek, klassik mexanikada vaqt $t = t'$ va kesmaning uzunligi $l = x_2 - x_1 = (x_2' + ut) - (x_1' + ut) = (x_2' - x_1') = l'$ invariant kattaliklardir.



Sinov savollari

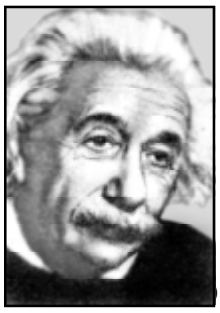
1. Maxsus nisbiylik nazariyasida qanday harakat o‘rganiladi? 2. Inersial sanoq sistemasi deb qanday sistemalarga aytiladi? 3. Galileyning nisbiylik prinsipi deb nimaga aytiladi? 4. Koordinatalar uchun Galiley almash-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

tirishlari. 5. Nima uchun harakat x o‘qi yo‘nalishida deb tanlab oldik? 6. Klassik mexanikada tezliklarni qo‘shish qoidasi. 7. Klassik mexanikada tezlanishni almashtirish qoidasi. 8. Agar K sistemada jismga kuch ta’sir etmasa, K' da ta’sir etadimi? 9. Invariant kattaliklar deb qanday kattaliklarga aytiladi? 10. Klassik mexanikada qanday kattaliklar invariant kattaliklar bo‘ladi? 11. Inersial sanoq sistemasi ichida o‘tkazilgan tajriba sistemaning tinch yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakat holatida ekanligini aniqlashga imkon beradimi? 12. Klassik mexanikada yana qanday invariant kattaliklar bor?

32- §. Maxsus nisbiylik nazariyasining postulatlari

M a z m u n i: tezliklarni qo‘shish; A.Eynshteynning xulosasi; maxsus nisbiylik nazariyasining postulatlari.



A. Eynshteyn

(1879 — 1955)

Tezliklarni qo‘shish. Tezliklari yorug‘likning bo‘shliqdagi tezligidan juda kichik bo‘lgan ($v << c$) makrojismlarning harakatini ajoyib tarzda tushuntirib bera olgan Nyuton mexanikasi XIX asrning oxirlaridan boshlab ba’zi qiyinchiliklarga duch kela boshladi. Ularning eng oddiysi tezliklarni qo‘shish formulasi (31.4) da namoyon bo‘ldi. Agar yorug‘lik manbayi va uni qabul qiluvchi bir-birlariga nisbatan to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotgan bo‘lsa, unda o‘lchangan tezlik ularning bir-birlariga nisbatan harakatlariga bog‘liq bo‘lishi kerak. Misol uchun biz tomonga yorug‘lik tezligiga teng tezlik bilan ($u = c$) yaqinlashib kelayotgan parovoz yoritgichidan chiqayotgan yorug‘likning ($v' = c$) bizga nisbatan tezligi (v) nimaga teng bo‘ladi? (31.4) ifodaga muvofiq

$$v = v' + u = c + c = 2c,$$

ya’ni yorug‘likning bizga nisbatan tezligi uning vakuumdagi tezligidan ikki marta katta bo‘lishi kerak. Tajribalar bu natijaning mutlaqo noto‘g‘riligini ko‘rsatdi.

A. Eynshteynning xulosasi. Mavjud muammoni hal etish haqida chuqur mulohaza yuritgan A. Eynshteyn shunday yangi mexanikani yaratmoq kerakki, uning qonunlari chegaraviy hol, ya’ni kichik tezliklar holida ($v << c$) klassik mexanika qonunlari bilan mos kelsin degan xulosaga keldi.

Fazo va vaqtning uyg‘unligi haqida yangicha tasavvurlar yuritish zarurligini tushungan A. Eynshteyn 1905- yilda «Harakatlanuvchi muhitning elektrodinamikasi» nomli ishini e’lon qildi. Ishda maxsus

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

nisbiylik nazariyasining asoslari bayon qilingan edi. Maxsus so‘zi, nazariyada, faqatgina inersial sanoq sistemalarida ro‘y beradigan hodisalargagina qaralishini ta’kidlaydi. Shu bilan birga, maxsus nisbiylik nazariyasida fazo va vaqtning xususiyatlari: fazoning bir jinsliligi va izotropligi, vaqtning bir jinsliligi asos qilib olingan. Maxsus nisbiylik nazariyasini ko‘pincha relativistik nazariya, uning effektlarini esa relativistik effektlar ham deb atashadi.

Maxsus nisbiylik nazariyasining postulatlari. 1905- yilda A. Eynshteyn tomonidan yozilgan quyidagi ikkita postulat (isbotsiz qabul qilinadigan ta’kid) maxsus nisbiylik nazariyasining asosini tashkil qiladi:

I. Nisbiylik prinsipi. Inersial sanoq sistemasining ichida o‘tkazilgan hech qanday (mexanik, elektrik, optik bo‘lishidan qat’iy nazar) tajriba ushbu sistema tinch yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotganligini aniqlashga imkon bermaydi; tabiatning barcha qonunlari bir inersial sanoq sistemasidan ikkinchisiga o‘tishga nisbatan invariantdir.

II. Yorug‘lik tezligining invariantlik prinsipi. Yorug‘likning vakuumdagi tezligi, yorug‘lik manbayining ham, kuzatuvchining ham harakat tezligiga bog‘liq emas va barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil.

Ushbu postulatlarga ba’zan *Eynshteyn postulatlari* ham deyiladi.

Sinov savollari

1.Klassik mexanikadagi tezliklarni qo‘shish formulasi yorug‘lik tezligiga yaqin tezliklar uchun o‘rinlimi? 2. A. Eynshteynning xulosasi. 3. U maxsus nisbiylik nazariyasini qachon e’lon qildi? 4. „Maxsus“ so‘zi nimani anglatadi? 5. Relativistik nazariya deb qanday nazariyaga aytiladi? Relativistik effekt deb-chi? 6. Postulat so‘zi nimani anglatadi? 7. Eynshteynning birinchi postulati? 8. Eynshteynning ikkinchi postulati.

33- §. Lorens almashtirishlari va ularning natijalari

M a z m u n i : koordinatalar uchun Lorens almashtirishlari; koordinatalar uchun Lorens almashtirishlaridan chiqadigan xulosalar; uzunlikning nisbiyligi; vaqt intervalining nisbiyligi; vaqt intervali nisbiyligining natijalari.

Koordinatalar uchun Lorens almashtirishlari. Istalgan K' inersial sanoq sistemasida ro‘y bergan hodisaning koordinatalari (x', y', z', t') lar orqali shu voqeaning K sistemadagi koor-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

dinatalari (x, y, z, t) larni topish kerak bo‘lsin. K' sistema K ga nisbatan x o‘qi yo‘nalishida $\vec{u} = \text{const}$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Bu masala klassik mexanikada *Galiley almashtirishlari* (31.3) yordamida yechiladi.

Ammo (31.3) ifoda yorug‘lik signali cheksiz katta tezlik bilan tarqaladi degan mulohaza asosida hosil qilingan. Maxsus nisbiylik nazariyasida yorug‘lik tezligi chekli ekanligi qayd etilgandan so‘ng koordinatalar uchun yangi almashtirish formulalarini yozishga to‘g‘ri keldi. Bu formulalar koordinatalar uchun *Lorens almashtirishlari* deyiladi va ular quyidagi ko‘rinishga ega. Almashtirishlar ularni yozgan niderlandiyalik fizik X. L o r e n s (1853 — 1928) sharafiga shunday nomlangan:

$$\begin{cases} x = \dfrac{x' + ut'}{\sqrt{1-\beta^2}}; \\ y = y'. \\ z = z'. \\ t = \dfrac{t' + \left(\dfrac{u}{c^2}\right)\cdot x'}{\sqrt{1-\beta^2}}. \end{cases} \qquad (33.1)$$

Bu yerda $\beta = \dfrac{u}{c}$ belgilash kiritilgan. Klassik va relativistik mexanikadagi almashtirish formulalarini taqqoslash uchun ularni bitta jadvalda jamlaymiz.

3- jadval

$K' \to K$ o‘tish uchun	
Galiley almashtirishlari	Lorens almashtirishlari
$x = x' + ut$	$x = \dfrac{x' + ut'}{\sqrt{1-\beta^2}}$
$y = y'$	$y = y'$
$z = z'$	$z = z'$
$t = t'$	$t = \dfrac{t' + \left(\dfrac{u}{c^2}\right)\cdot x'}{\sqrt{1-\beta^2}}$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

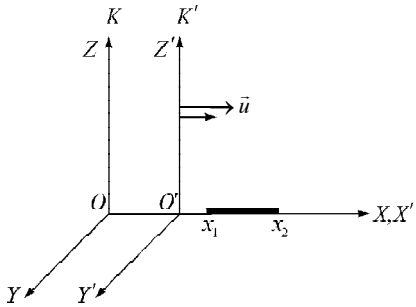
Koordinatalar uchun Lorens almashtirishlaridan kelib chiqadigan xulosalar. Jadvalda keltirilgan Galiley va Lorens almashtirishlarini taqqoslab quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin:

1) $u << c$ ($\beta \approx 0$) da Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlariga o'tadi, ya'ni maxsus nisbiylik nazariyasi klassik mexanikani inkor etmaydi, balki uni kichik tezliklar $u << c$ uchun xususiy hol sifatida e'tirof etadi;

2) Lorens almashtirishlarining ko'rsatishicha, u yorug'lik tezligi c ga teng ham, undan katta ham bo'lishi mumkin emas. Aks holda ildiz ostidagi ifoda nolga teng bo'lib qoladi. $u > c$ da esa u manfiy son bo'lib, Lorens almashtirishlari o'z ma'nosini yo'qotadi. Shuning uchun ham yorug'likning vakuumdagi tezligi eng katta tezlik va unga erishish mumkin emas deb e'tirof etiladi;

3) Galiley almashtirishlari uchun absolut hisoblangan vaqt oralig'i va masofa relativistik mexanikada bunday xususiyatini yo'qotadi. Boshqacha aytganda, klassik mexanikada ikkita voqea orasidagi masofa va ular orasidagi vaqt bir inersial sanoq sistemasidan boshqasiga o'tganda o'zgarmay qolsa, relativistik mexanikada bu qoida buziladi. Bunday xulosa chiqarishimizga sabab, koordinatani topish formulasida vaqt, vaqtni topish formulasida esa koordinataning ishtirok etayotganligidir. x ni topish formulasida t', t ni topish formulasida esa x' ishtirok etgan. Shunday qilib, Eynshteyn nazariyasi, uch o'lchamli fazo va unga qo'shilgan vaqtdan iborat koordinata sistemasida emas, balki fazo+vaqtdan iborat to'rt o'lchamli fazoda o'rinlidir. Bu bilan relativistik mexanika fazo va vaqt orasida yangicha uyg'unlik mavjudligini ta'kidlaydi.

Uzunlikning nisbiyligi. K' sistemaga nisbatan tinch turgan, x' o'qi bo'ylab joylashgan tayoqchani qaraymiz. K' sistemada tayoqchaning uzunligi $l_0 = x'_2 - x'_1$ bo'ladi, bu yerda x'_1 va x'_2 — tayoqchaning K' sanoq sistemasida t' dagi koordinatalari, 0 indeks tayoqchaning K' sistemada tinch turishini ifodalaydi (47- rasm). Tayoqcha va K' sistema K sistemaga nisbatan u tezlik bilan harakatlanadi. K sistemada tayoqcha uzunligini aniqlaylik. Buning uchun t paytda tayoqchaning K sistemadagi uchlarining koordinatalari x_1 va x_2 larni o'lchash



47- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

kerak. Ularning farqi $l = x_2 - x_1$ shu K sistemada tayoqcha uzunligini beradi. Lorens almashtirishlaridan foydalanib topamiz.

$$l_0 = x_2' - x_1' = \frac{x_2 - ut}{\sqrt{1-\beta^2}} - \frac{x_1 - ut}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{l}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

yoki

$$l_0 = \frac{l}{\sqrt{1-\beta^2}}. \qquad (33.2)$$

Topilgan ifoda haqida mulohaza yuritish uchun maxrajdagi kattalikni baholaylik: $v < c$ bo‘lganligi uchun $\frac{v}{c} < 1$ bo‘ladi. Birdan kichik sonning kvadrati ham birdan kichik $\left(\frac{v}{c}\right)^2 = \frac{v^2}{c^2} < 1.$ Birdan undan kichik sonni ayirsak, natija ham birdan kichik bo‘ladi: $1 - \frac{v^2}{c^2} < 1.$ (Bu ifodaning nolga teng yoki noldan kichik bo‘la olmasligi ma’lum.) Bu sondan kvadrat ildiz olinsa, natija ham birdan kichik bo‘ladi:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \sqrt{1-\beta^2} < 1. \qquad (33.3)$$

l ni birdan kichik songa bo‘lsak (albatta, birdan kichik, noldan katta), natija bo‘linuvchidan katta bo‘lishi ma’lum. Demak, $\frac{l}{\sqrt{1-\beta^2}}$ ifoda l dan kattaroq bo‘lishi kerak. Bundan

$$l_0 > l \qquad (33.4)$$

bo‘lar ekan. Shunday qilib, tayoqchaning o‘zi tinch turgan sanoq sistemasi K' dagi uzunligi l_0, u harakatlanayotgan K sanoq sistemasidagi uzunligi l ga nisbatan kattaroq bo‘lib chiqdi. Yoki go‘yoki tayoqcha harakatlanayotgan sistemada uning uzunligi qisqargandek bo‘ldi. Inersial sanoq sistemasiga nisbatan harakatlanayotgan tayoqchaning uzunligi harakat yo‘nalishi bo‘ylab $\sqrt{1-\beta^2}$ marta qisqarar ekan. Bu qisqarish uzunlikning *Lorens qisqarishi* deyiladi. Harakat tezligi u qancha katta bo‘lsa, qisqarish ham shuncha katta bo‘ladi.

Demak, klassik fizikada absolut bo‘lgan, ya’ni barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil bo‘lgan tayoqcha uzunligi maxsus nisbiylik nazariyasida nisbiy, ya’ni turli inersial sanoq sistemalarida turlicha bo‘lib chiqdi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Vaqt intervalining nisbiyligi. K sistemada tinch turgan biror nuqtada (koordinatasi X) biror hodisa ro‘y bersin. Hodisa t_1 vaqtda boshlanib, t_2 vaqtda tugasin (soatning hodisa boshlangan va tugagan vaqtdagi ko‘rsatkichlari). Hodisaning davom etish intervali $t = t_2 - t_1$ ga teng bo‘ladi. Shu hodisa K' sistemada

$$t' = t'_2 - t'_1 \qquad (33.5)$$

vaqt davom etadi. t va t' bir-biri bilan quyidagicha bog‘langan;

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1-\beta^2}}. \qquad (33.6)$$

Oldingi banddagi mulohazalarimizga asosan (33.3) ni nazarga olsak $t' > t$ bo‘lishini ko‘ramiz. Demak, K sistemadagi soat yordamida hisoblangan t vaqt intervali K' sistemadagi soat bilan ish ko‘ruvchi kuzatuvchi nuqtayi nazaridan t ga nisbatan uzoqroq davom etadi. Boshqacha aytganda, inersial sanoq sistemasiga nisbatan harakatlanayotgan soat tinch turgan soatga nisbatan sekinroq yuradi, ya’ni soat yurishi sekinlashadi.

Shunday qilib, klassik mexanikada absolut bo‘lgan vaqt intervali, maxsus nisbiylik nazariyasida nisbiy tushunchaga aylanadi.

Vaqt intervali nisbiyligining natijalari. Soat yurishining sekinlashuvi haqidagi relativistik effekt ma’lum bo‘lgandan so‘ng «egizaklar paradoksi» muammosi vujudga keldi (paradoks — g‘ayri-tabiiy fikrni anglatadi). Yerdan 500 yorug‘lik yili masofasida bo‘lgan yulduzga (yorug‘lik yulduzdan Yergacha 500 yilda yetib keladi) yorug‘lik tezligiga yaqin tezlik bilan $\sqrt{1-\beta^2} = 0,001$ fazoviy parvoz uyushtirilayotgan bo‘lsin. Yerdagi soat yordamida hisoblanganda bu parvoz $t = 1000$ yil davom etadi. Kosmonavt uchun esa $t = \sqrt{1-\beta^2} \cdot t' =$ $= 0,001 \cdot 1000$ yil $= 1$ yilgina davom etadi.

Agar sayohatga yangi tug‘ilgan egizaklardan biri uchib ketgan bo‘lsa, u atigi 1 yoshgina ulg‘aygan bir paytda ikkinchi egizak 1000 yil yashab qo‘yadi. Aslida nima bo‘ladi? Buni fizikani chuqurroq o‘rganib bilib olishingiz mumkin.



Sinov savollari

1. Koordinatalar uchun Galiley almashtirishlari. 2. Koordinatalar uchun Lorens almashtirishlari. 3. Qanday shartlarda Lorens almashtirishlari Galiley almashtirishlariga o‘tadi? 4. Yorug‘likning vakuumdagi tezligiga erishish

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

mumkinmi? 5. Klassik mexanikada invariant bo‘lgan uzunlik va vaqt intervali relativistik mexanikada ham invariant bo‘ladimi? 6. Ularning invariant emasligini nimaga asoslanib aytish mumkin? 7. Eynshteyn nazariyasi qanday fazoda o‘rinli? 8. Tayoqcha o‘zining eng katta uzunligiga qaysi sanoq sistemasida ega bo‘ladi? 9. Uzunlikning Lorens qisqarishi deb nimaga aytiladi? 10. Tayoqchaning uzunligi sistemaning harakat tezligiga bog‘liqmi? 11. Vaqt intervalining nisbiyligi. 12. Vaqt intervali qaysi sistemada eng kichik bo‘ladi? 13. Qachon soat yurishi sekinlashadi? 14. «Egizaklar parodoksi» ni bilasizmi?

34- §. Tezliklarni qo‘shishning relativistik formulasi

M a z m u n i : tezliklarni qo‘shish formulalari; tezliklarni qo‘shish formulalarining natijalari.

Tezliklarni qo‘shish formulalari. 32- § da klassik fizikadagi tezliklarni qo‘shish formulasi

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u} \tag{34.1}$$

yorug‘lik tezligiga yaqin tezliklar uchun tajribalar natijalari bilan mos kelmasligi haqida yozilgan edi. Bu yerda $\vec{v}$ va $\vec{v}'$ jismning K va K' inersial sanoq sistemalaridagi tezliklari, $\vec{u}$ — sistemalarining bir-birlariga nisbatan harakat tezliklari.

Lorens almashtirishlari yordamida topilgan tezliklarni qo‘shish formulasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$v = \frac{v' + u}{1 + \dfrac{u \cdot v'}{c^2}}. \tag{34.2}$$

Ushbu ifoda *tezliklarni qo‘shishning relativistik formulasi* deyiladi.

(34.2) formuladan ko‘rinib turibdiki, agar v, v' va u tezliklar yorug‘lik tezligidan juda kichik bo‘lsa,

$$\frac{u \cdot v'}{c^2} << 1$$

bo‘ladi va ifodaning maxraji birga teng bo‘lib, (34.2) ifoda klassik mexanikadagi tezliklarni qo‘shish formulasi (34.1) ga o‘tadi.

Tezliklarni qo‘shish formulasining natijasi. Tezliklarni qo‘shish uchun topilgan (34.2) ifoda klassik fizikadagi tezliklarni qo‘shish formulasining kamchiliklarini bartaraf qila oladimi? Buni tekshirib ko‘rish uchun 32- § da ko‘rgan misolimizga qaytaylik.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ushbu misolga muvofiq $v' = u = c$ va v ni topamiz. (34.2) ga asosan

$$v = \frac{c + c}{1 + \frac{c \cdot c}{c^2}} = \frac{2c}{1 + 1} = c,$$

ya'ni poyezd yoritgichidan chiqayotgan yorug'likning tezligi c ga teng bo'lib qolaveradi. Demak, yorug'likning vakuumdagi tezligi $c = 3 \cdot 10^8$ m/s chegaraviy tezlik bo'lib, undan katta tezlikka erishish mumkin emas.



Sinov savollari

1.Tezliklarni qo'shishning relativistik formulasi. 2. Tezliklarni qo'shishning relativistik formulasi kichik tezliklarda klassik mexanikadagi tezliklarni qo'shish formulasiga o'tadimi? 3. Tezliklarni qo'shishning relativistik formulasi klassik mexanikadagi tezliklarni qo'shish formulasining muammolarini yecha oladimi? 4. Yorug'likning vakuumdagi tezligidan katta tezlikka erishish mumkinmi?



35- §. Relativistik massa va relativistik impuls. Massa va energiyaning bog'lanishi

M a z m u n i: relativistik massa; relativistik impuls; massa va energiyaning bog'lanishi; kinetik energiya.

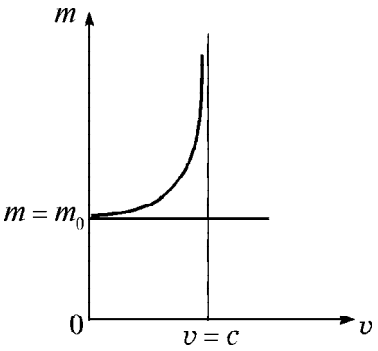
Relativistik massa. Klassik mexanika tasavvurlariga muvofiq massa o'zgarmas kattalikdir. Lekin 1901- yilda o'tkazilgan tajribalar harakatlanayotgan elektronning tezligi ortishi bilan massasi ham ortib borishini ko'rsatdi.

Harakatlanayotgan jism massasining uning harakat tezligiga bog'liqligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

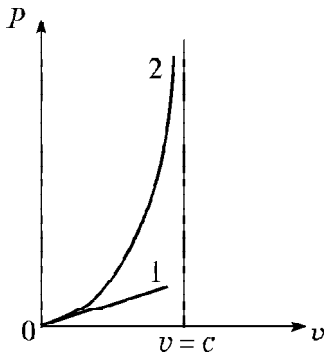
$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \qquad (35.1)$$

Bu yerda: m — jismning harakatdagi massasi, m_0 — tinchlikdagi massasi, ya'ni jism tinch turgan sanoq sistemasiga nisbatan massasi, $\beta = \frac{v}{c}$, v — harakat tezligi. (35.1) dan ko'rinib turibdiki, $v << c$ da $\beta << 1$ va $m = m_0$ bo'ladi. Demak, jism massasining tezlikka bog'liqligi yorug'lik tezligiga yaqin tezliklardagina namoyon bo'ladi. Massaning tezlikka bog'liqligi 48- rasmda ko'rsatilgan.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



48- rasm.



49- rasm.

Klassik mexanikadagi kabi relativistik mexanikada ham massa inertlik o‘lchovidir. Relativistik dinamikada tezlik ortishi bilan inertlik ham ortadi, ya’ni tezlik qancha katta bo‘lsa, uni orttirish yanada qiyinlashadi. $\upsilon = c$ bo‘lganda esa massa cheksizlikka intiladi. Shuning uchun ham tinchlikdagi massasi nolga teng bo‘lmagan ($m_0 \neq 0$) birorta ham jism yorug‘likning vakuumdagi tezligiga teng bo‘lgan tezlik bilan harakatlana olmaydi. Bunday tezlik bilan harakatlanadigan faqatgina bitta zarra mavjud. U ham bo‘lsa tinchlikdagi massasi nolga teng bo‘lgan zarra — fotondir. Fotonlar vakuumda, doimo yorug‘lik tezligiga teng bo‘lgan tezlik bilan harakatlanadi.

Relativistik impuls. Relativistik impuls quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\vec{p} = m\vec{\upsilon} = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}\vec{\upsilon}. \qquad (35.2)$$

Klassik mexanikada esa impuls

$$\vec{p} = m_0\vec{\upsilon} \qquad (35.3)$$

ifoda bilan aniqlangan edi. Ularning farqini ko‘rish uchun impulsning tezlikka bog‘liqlik grafigini chizamiz. 49- rasmdagi 2- chiziq (35.2) ifodaga muvofiq relativistik impulsning tezlikka bog‘liqligini, 1- chiziq esa (35.3) ga muvofiq klassik mexanikadagi impulsning tezlikka bog‘liqligini ifodalaydi. Ulardan ko‘rinib turibdiki, kichik tezliklarda $\upsilon << c$ impulslarning qiymatlari mos keladi.

Fazoning bir jinsliligi natijasida relativistik mexanikada ham relativistik impulsning saqlanish qonuni bajariladi: **yopiq sistemaning relativistik impulsi saqlanadi, ya’ni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi.**

Massa va energiyaning bog‘lanishi. Relativistik mexanikada tezlikning o‘zgarishi massaning o‘zgarishiga, bu esa o‘z navbatida to‘la

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

energiyaning o‘zgarishiga olib keladi. Demak, to‘la energiya E va massa m orasida o‘zaro bog‘lanish mavjud. Bu bog‘lanish tabiatning fundamental qonuni bo‘lib, Eynshteyn tomonidan aniqlangan va quyidagi ko‘rinishga ega:

$$E = mc^2. \tag{35.4}$$

Sistemaning to‘la energiyasi uning massasining yorug‘likning vakuumdagi tezligining kvadratiga ko‘paytmasiga teng.

Yoki

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}. \tag{35.5}$$

Istalgan jismga, u harakatdami (massasi m) yoki tinchlikdami (massasi m_0), ma’lum energiya mos keladi.

Agar jism tinch holatda bo‘lsa, uning tinchlikdagi energiyasi

$$E_0 = m_0 c^2 \tag{35.6}$$

kabi aniqlanadi. Jismning tinchlikdagi energiyasi uning xususiy energiyasidir. Klassik mexanikada tinchlikdagi energiya E_0 hisobga olinmaydi, chunki $\upsilon = 0$ da tinchlikdagi jismning energiyasi nolga teng deb hisoblanadi.

Kinetik energiya. Relativistik mexanikada jismning to‘la energiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$E = E_k + E_0. \tag{35.7}$$

Jismning kinetik energiyasi E_k esa uning harakatdagi energiyasi E va tinchlikdagi energiyasi E_0 ning farqi sifatida aniqlanadi:

$$E_k = E - E_0 = mc^2 - m_0 c^2 = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right). \tag{35.8}$$

$\upsilon << c$ da (35.8) formula kinetik energiyaning klassik mexanikadagi

$$E_k = \frac{m_0 \upsilon^2}{2}$$

ifodasiga o‘tadi.

Vaqtning bir jinsliligining natijasida klassik mexanikadagi kabi, relativistik mexanikada ham energiyaning saqlanish qonuni bajariladi: **yopiq sistemaning to‘la energiyasi saqlanadi, ya’ni vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydi.**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Klassik mexanikada massa o‘zgaradimi? 2. Relativistik mexanikada-chi? 3. Harakatlanayotgan jismning massasi qanday o‘zgaradi? 4. Jism massasining tezlikka bog‘liqligi qachon namoyon bo‘ladi? 5. Massaning ortishini qanday tushuntirasiz? 6. Tinchlikdagi massasi noldan farqli bo‘lgan jism nima uchun yorug‘likning vakuumdagi tezligiga teng tezlik bilan harakatlana olmaydi? 7. Fotonlar qanday zarralar? 8. Relativistik impuls qanday aniqlanadi? 9. Relativistik impulsning saqlanish qonuni bajariladimi? 10. Relativistik va klassik impulslar qachon mos keladi? 11.Tezlikning o‘zgarishi energiyaning o‘zgarishiga olib keladimi? 12. Energiya va massa orasidagi bog‘lanish. 13. Jismning tinchlikdagi energiyasi nimaga teng? 14. Relativistik mexanikada jismning to‘la energiyasi nimaga teng? 15. Relativistik mexanikada jismning kinetik energiyasi nimaga teng?

Masala yechish namunalari

1 - masala. 0,97c tezlikli elektron u tomonga qarab 0,5 c tezlik bilan harakatlanayotgan protonga qarama-qarshi bormoqda. Ular harakatining nisbiy tezligi aniqlansin.

Berilgan:

$u_e = 0{,}97c$;
$u_p = 0{,}5c$.
———————
$v = ?$

Yechish: Tezliklarni relativistik qo‘shish formulasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$v = \frac{v' + u}{1 + \dfrac{u \cdot v'}{c^2}}.$$

Berilgan masalada K sistemani elektronga biriktiramiz. Unda K' sistemaning K ga nisbatan tezligi $u = u_e$ ga teng bo‘ladi. Protonning K' sistemaga nisbatan tezligi $v' = u_p$ bo‘ladi. Bizdan esa protonning K sistemaga nisbatan tezligi v ni topish so‘ralgan. Shunday qilib, berilganlardan va yorug‘likning bo‘shliqdagi tezligi $c = 3 \cdot 10^8$ m/s ekanligidan foydalansak,

$$v = \frac{0,5c + 0,97c}{1 + \dfrac{0,5c + 0,97c}{c^2}} = 0,99c = 2,97 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Javob. $v = 2,97 \cdot 10^8$ m/s.

2 - masala. Agar zarraning relativistik massasi tinchlikdagi massasidan uch marta katta bo‘lsa, zarra qanday v tezlik bilan harakatlanadi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Berilgan:

$\frac{m}{m_0} = 3$

$\upsilon = ?$

Yechish. Relativistik massa quyidagicha aniqlanadi:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{\upsilon^2}{c^2}}}.$$

Bu ifodadan υ ni topib olamiz:

$$\upsilon = c \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\left(\frac{m}{m_0}\right)^2}}.$$

Berilganlarni va yorug‘likning vakuumdagi tezligi $c = 3 \cdot 10^8$ m/s ni hisobga olib topamiz:

$$\upsilon = 3 \cdot 10^8 \sqrt{1 - \frac{1}{3^2}} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2,83 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

J a v o b : $\upsilon = 2,83 \cdot 10^8$ m/s.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Tayoqcha inersial sanoq sistemasiga nisbatan o‘zgarmas tezlik bilan bo‘ylama yo‘nalishda harakatlanmoqda. Tezlikning qanday qiymatida tayoqchaning shu sistemadagi uzunligi tinch turgan tayoqcha uzunligidan bir foizga kam bo‘ladi? ($\upsilon = 423000$ km/s.)
2. Fazoviy kema ichida, uchishgacha Yerdagi soat bilan tenglashtirilgan soat bor. Fazoviy kemaning tezligi 7,9 km/s bo‘lsa, Yerdagi kuzatuvchi o‘z soati bilan 0,5 yilni o‘lchaganda, kemadagi soat qancha orqada qoladi. ($\tau = 5,7 \cdot 10^{-3}$s.)
3. 0,6 c tezlik bilan harakatlanayotgan elektronning relativistik impulsi aniqlansin. ($p = 2,05 \cdot 10^{-22}$ kg · m/s.)
4. 0,8 c tezlik bilan harakatlanayotgan elektronning kinetik energiyasi aniqlansin. ($T = 0,34$ MeV.)

Test savollari

1. Bir sanoq sistemadan ikkinchisiga o‘tganda klassik dinamika tenglamalari o‘zgarmaydi, ya’ni ular koordinatalar o‘zgarishiga nisbatan invariantdir.

Bu qaysi prinsip?

A. Kuchlar ta’sirining mustaqilligi.

B. Galileyning nisbiylik prinsipi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

C. Lorens almashtirishlari nisbiyligi.
D. Eynshteyn nisbiyligi.
E. To‘g‘ri javob B va D.

2. Klassik mexanikadagi invariant kattaliklarni ko‘rsating:
A. Massa, tezlanish, kuch, vaqt.
B. Tezlik, trayektoriya, massa.
C. Tezlanish, kuch, massa, ko‘chish.
D. Tezlik, tezlanish, kuch massasi.
E. To‘g‘ri javob yo‘q.

3. Quyida keltirilgan ifodalardan uzunlikning nisbiyligi ifodasini ko‘rsating:

A. $l_0 = \frac{l}{\sqrt{1-\beta^2}}$. B. $l = l_0\sqrt{1-\beta^2}$.

C. $l = \frac{l_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$ D. $l_0 = l \cdot \sqrt{1-\beta^2}$.

E. To‘g‘ri javob A va B.

4. Relativistik mexanikada invariant bo‘lmagan kattaliklarni ko‘rsating:
A. Massa, vaqt, uzunlik.
B. Massa, vaqt, tezlik.
C. Vaqt, uzunlik, hajm, yuza.
D. Uzunlik, vaqt, bosim, kuch.
E. Barcha javoblar to‘g‘ri.

Asosiy xulosalar

Galileyning nisbiylik prinsipi: *barcha inersial sanoq sistemalarida klassik dinamikaning qonunlari bir xil shaklga ega.*

Galiley almashtirishlari: $x=x+ut$; $y=y$; $z=z$; $t=t$; $v=v+u$.

Eynshteyn postulatlari. 1. Inersial sanoq sistemasining ichida o‘tkazilgan hech qanday tajriba ushbu sistema tinch yoki to‘g‘ri chiziqli tekis harakat qilayotganini aniqlashga imkon bermaydi. 2. Yorug‘likning vakuumdagi tezligi, yorug‘lik manbayining ham, kuzatuvchining ham harakat tezligiga bog‘liq emas va barcha inersial sanoq sistemalarida bir xil.

Koordinatalar uchun Lorens almashtirishlari:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$x = \frac{x' + ut'}{\sqrt{1-\beta^2}}, \qquad y = y', \qquad z = z', \qquad t = \frac{t + \left(\frac{u}{c^2}\right)x'}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Tezliklar uchun Lorens almashtirishlari:

$$v = \frac{v' + u}{1 + \frac{u \cdot v'}{c^2}}.$$

Relativistik massa: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$.

Relativistik impuls: $\vec{P} = m\vec{v} = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} \cdot \vec{v}$.

Massa va energiyaning bog‘lanishi. Sistemaning to‘la energiyasi uning massasining yorug‘likning vakuumdagi tezligi kvadratining ko‘paytmasiga teng:

$$E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} c^2 .$$

Jismning tinchlikdagi energiyasi.

$$E_0 = m_0 c^2.$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA ASOSLARI

Molekular fizika va termodinamika, fizikaning, jismlardagi makroskopik jarayonlar, ular tashkil topgan ulkan miqdordagi atomlar va molekulalarning xaotik harakati va o‘zaro ta’sirlariga bog‘liq deb o‘rganadigan bo‘limlaridir. Bu jarayonlarni o‘rganish uchun ikki xil usuldan foydalaniladi: birinchisi — molekular-kinetik usul, uning asosida molekular fizika yotadi; ikkinchisi esa termodinamik usul, uning asosida termodinamika yotadi.

Molekular fizika — fizikaning **moddalarning tuzilishi va xossalari ular tashkil topgan molekulalarning uzluksiz-betartib harakatlarining natijasidir** deb hisoblanuvchi tasavvurlar asosida o‘rganuvchi bo‘limidir.

Molekular fizikada o‘rganilayotgan jarayonlar juda ko‘p miqdordagi zarralar harakatining natijasidir. Shuning uchun ham makroskopik sistemaning xossalari shu sistema zarralari harakati xarakteristikalarining (tezlik, energiya va hokazo) o‘rtacha qiymatlari bilan aniqlanadi. Misol uchun jismning temperaturasi u tashkil topgan molekulalarning betartib harakati bilan aniqlanadi. Lekin istalgan onda molekulalarning o‘rtacha tezliklari haqida gapirish mumkin bo‘lsa-da, bitta molekulaning temperaturasi haqida gapirish ma’noga ega emas.

Termodinamika — fizikaning termodinamik muvozanat holatida bo‘lgan makroskopik sistemalarning umumiy xossalari va bu holatlar o‘rtasidagi o‘tish jarayonlarini o‘rganadigan bo‘limidir. U tajriba natijalarini umumlashtirish asosida topilgan fundamental qonunlar — termodinamika qonunlariga tayanib ish ko‘radi.



IX BOB. MOLEKULAR-KINETIK NAZARIYA ASOSLARI

O‘tkazilgan ko‘plab tajribalar va nazariy xulosalar molekular-kinetik nazariyaning asosida yotuvchi quyidagi uchta qoidaning yaratilishiga olib keldi:

1. Barcha moddalar juda kichik zarralar — atomlar va molekulalardan tashkil topgan. O‘z navbatida ular ham yanada kichikroq zarralardan (elektronlar, protonlar, neytronlar) tashkil topgan.

2. Moddalarning atomlari va molekulalari doimo uzluksiz xaotik harakat holatida.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. Istalgan moddaning zarralari orasida o‘zaro ta’sir — tortishish va itarish kuchlari mavjuddir. Bu kuchlar elektromagnit tabiatga ega.

36- §. Molekulaning xarakteristikalari. Molekulaning kattaligi

M a z m u n i : molekulaning o‘lchamlari va massasi; modda miqdori; Avogadro soni va Avogadro qonuni; normal sharoit; molekular massa; Loshmidt soni.

Molekulalarning o‘lchamlari. Molekulaning o‘lchamlari juda kichik bo‘lgani uchun ularni oddiy ko‘z bilan ko‘rish mumkin emas. Eng katta molekulalar elektron mikroskop yordamida suratga olingan. Eng nozik tajribalarning ko‘rsatishicha, ikki atomli kislorod molekulasining chiziqli kattaligi $4 \cdot 10^{-10}$ m atrofida. Umuman, molekulalarning chiziqli kattaligi $10^{-8} \div 10^{-10}$ m bo‘ladi.

Shuni ta’kidlash lozimki, molekula o‘z navbatida atomlardan tashkil topadi. Atomlar esa yadro va uning atrofida harakatlanuvchi elektronlardan iborat bo‘ladi.

Molekulaning massasi. Alohida molekulalarning massalari juda kichik bo‘lib, maxsus asbob — massa-spektrometrlar yordamida aniqlanadi. Masalan, suv molekulasining massasi $3 \cdot 10^{-26}$ kg atrofida. Shuning uchun ham fizikada, molekulalar massalarining absolut qiymatlari bilan emas, balki o‘lchamsiz nisbiy kattaligi bilan ish ko‘riladi, chunki bu hisob-kitobni ancha osonlashtiradi. Xalqaro kelishuvlarga asosan etalon, ya’ni birlik atom massasi m_0 sifatida uglerod ^{12}C izotopi (atomar) massasining 1/12 qismi qabul qilingan:

$$m_0 = \frac{1}{12} m_{0C} = 1,66 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}.$$

Istalgan molekulaning nisbiy massasi M_0 ni aniqlash uchun molekula massasining absolut qiymati m_{mol} ni birlik atom massasi m_0 ga bo‘lish kerak:

$$M_0 = \frac{m_{\text{mol}}}{m_0}.$$

Xuddi shuningdek, nisbiy atom massasi A_0 ni aniqlash uchun esa atom massasining absolut qiymati m_{at} ni birlik atom massasi m_0 ga bo‘lish kerak:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$A_0 = \frac{m_{at}}{m_0}.$$

Modda miqdori. Moddalar ulkan miqdordagi molekulalardan tashkil topganligi va o‘z navbatida turli moddalar molekulalari massalarining teng emasligi ularni solishtirishda katta qiyinchiliklar tug‘diradi. Aynan shu qiyinchilikni yengish maqsadida tarkibida bir xil N_A ta molekula bo‘lgan modda miqdori tushunchasi kiritiladi. Modda miqdori — moddadagi molekulalar sonining 0,012 kg ugleroddagi molekulalar soni N_A ga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikdir: $\upsilon = N/N_A$. Uning SI dagi birligi $[\nu]$=1 mol. 1 mol — 0,012 kg uglerodda qancha molekulalar bo‘lsa, shuncha molekulalari bo‘lgan modda miqdoridir.

Avogadro soni. Yuqorida aniqlanganidek, istalgan moddaning 1 molida bir xil sondagi molekulalar mavjuddir. Bu son **Avogadro doimiysi** deyiladi. Endi Avogadro doimiysi nimaga tengligini aniqlaylik. Buning uchun modda miqdori ta’rifidan foydalanamiz, ya’ni 0,012 kg uglerodda N_A ta molekula bor:

$$N_A = \frac{0,012}{m_{0C}}\,\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1},$$

bu yerda m_{0C} — uglerod molekulasining massasi.

Birlik atom massasining ta’rifiga asosan

$$m_{0C} = 12\cdot m_0.$$

Shunday qilib,

$$N_A = \frac{0,012\text{kg}}{12m_0}\,\text{mol}^{-1} = \frac{0,012\text{kg}}{12\cdot 1,66\cdot 10^{-27}\,\text{kg}}\cdot\text{mol}^{-1} = 6,02\cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1},$$

ya’ni istalgan moddaning bir molida $N_A = 6,02\cdot 10^{23}\,\text{mol}^{-1}$ ta molekula mavjud.

Avogadro qonuni. Istalgan moddaning bir molidagi molekulalar soni teng ekanligini ko‘rdik. Endi bir mol qancha hajmni egallaydi degan savol tug‘iladi. Bu savolga Avogadro (1776 − 1856) qonuni javob beradi: bir xil temperatura va bir xil bosimda istalgan gazning bir moli bir xil hajmni egallaydi. Normal sharoitda bu hajm

$N_0 = 22,41\cdot 10^{-3}\,\dfrac{\text{m}^3}{\text{mol}}$ ga teng.

Normal sharoit. Normal sharoit: bosim normal atmosfera bosimi p =101325 Pa = 760 mm. sim. ust. va temperatura T = 273,15 K yoki t = 0 °C bo‘lgan sharoit.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Molekular massa. Ko‘pincha molekular massa (*M*) tushunchasidan foydalanishga to‘g‘ri keladi. Molekular massa bir mol moddaning massasi kabi aniqlanib, molekula massasining Avogadro soniga ko‘paytmasi kabi aniqlanadi.

$$M = \mathrm{m}_{\mathrm{mol}} \cdot N_{\mathrm{A}}.$$

CI da molekular massaning birligi — kg/mol:

$$[M] = [m] \cdot [N_A] = 1\mathrm{kg} \cdot \frac{1}{\mathrm{mol}} = 1\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{mol}}.$$

Istalgan miqdordagi moddaning massasi *m* ni topish uchun uning molekulyar massasi *M* va undagi modda miqdori (mollar soni) *v* ni ko‘paytirish kerak:

$$m = v \cdot M.$$

Loshmidt soni. Normal sharoitda 1 m^3 gazdagi molekulalar Loshmidt soni bilan aniqlanadi. Ma’lumki, 1 mol gazda N_A ta molekula mavjud va 1 mol gaz normal sharoitda V_0 hajmni egallaydi. Unda normal sharoitda istalgan gazning 1 m^3 da

$$N_L = \frac{N_A}{V_0} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}\,\mathrm{mol}^{-1}}{22,4 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{mol}^{-1} \cdot \mathrm{m}^3} \approx 2,7 \cdot 10^{25}\,\mathrm{m}^{-3}$$

ta molekula mavjud bo‘ladi.



Sinov savollari

1. Molekular fizika va termodinamika nimani o‘rganadi. 2. Molekular fizika nimani va qanday tasavvurga asosan o‘rganadi? 3. Bitta molekulaning temperaturasini qanday o‘lchash mumkin? 4. Termodinamika nimani o‘rganadi? 5. Molekular-kinetik nazariyaning asosida yotuvchi qoidalarni bilasizmi? 6. Molekulalarning o‘lchamlari nimaga teng? 7. Nima uchun fizikada molekula massasining absolut qiymati bilan emas, balki o‘lchamsiz nisbiy kattaligi bilan ish ko‘riladi? 8. Birlik atom massasi sifatida qanday kattalik qabul qilingan? 9. Molekulaning nisbiy massasi qanday topiladi? 10. Nisbiy atom massasi qanday topiladi? 11. Modda miqdori tushunchasini kiritishga nima zarurat bor? 12. Modda miqdori qanday aniqlanadi? 13. Avogadro doimiysi nimaga teng va u qanday fizik ma’noga ega? 14. Avogadro qonuni. 15. Normal sharoit deb qanday sharoitga aytiladi? 16. Molekular massa qanday aniqlanadi? 17. Loshmidt soni nima?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

37- §. Ideal gaz va uning parametrlari

M a z m u n i : ideal gaz tushunchasi; gaz parametrlari; gazning bosimi; Dalton qonuni; temperatura, temperaturani o‘lchash, temperatura shkalasi, absolut nol temperatura.

Ideal gaz. Mexanikadagi kabi molekular fizikada ham hisoblashni osonlashtirish uchun xizmat qiladigan ideallashtirilgan model — ideal gaz tushunchasidan foydalaniladi. Ideal gaz deb quyidagi shartlarni bajaradigan gazga aytiladi:

1) gaz molekulalarining xususiy hajmi gaz egallab turgan idishning hajmiga nisbatan e’tiborga olmasa bo‘ladigan darajada kichik;

2) gaz molekulalari orasida o‘zaro ta’sir kuchlari mavjud emas;

3) gaz molekulalarining o‘zaro va idish devorlari bilan urilishlari absolut elastik.

Shuni ta’kidlash kerakki, real gazlar (kislorod, geliy) ham normal sharoitga yaqin sharoitlarda va yuqori temperatura, past bosimda o‘z xossalari bilan ideal gazlarga juda o‘xshab ketadi. Bundan tashqari, molekulalarning xususiy hajmlari va o‘zaro ta’sirini hisobga oluvchi tuzatish kiritish bilan ideal gaz qonunlaridan real gaz qonunlarini hosil qilish mumkin.

Gaz parametrlari. Gazning holati bir-biriga bog‘liq bo‘lgan va holat parametrlari deyiladigan quyidagi kattaliklar bilan xarakterlanadi, bular: hajm V, bosim p va temperatura T.

Gazning hajmi V u egallab turgan idishning hajmi bilan mos keladi.

Hajmning SI dagi birligi m^3.

$$[V] = 1m^3.$$

Gazning bosimi. Sirt elementiga normal ta’sir etayotgan F kuchning shu element yuzasi S ga nisbati bilan aniqlanadigan fizik kattalik *bosim* deyiladi:

$$p = \frac{F}{S}.$$

SI da bosim birligi — paskal, $1Pa = 1\frac{N}{m^2}$.

Hozircha bosimning sistemaga kirmaydigan ba’zi birliklaridan ham foydalaniladi. Bular:

fizik atmosfera $= 1{,}013 \cdot 10^5$ Pa $= 760$ mm.sim.ust.

texnik atmosfera $= 9{,}81 \cdot 10^4$ Pa.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Betartib harakatda bo‘lgan gaz molekulalari idish devorlariga uriladi va juda kichik vaqt davomida devorga ma’lum kuch bilan ta’sir ko‘rsatadi. Molekulalarning betartib urilishlari natijasida birlik yuzaga ma’lum bir bosim ko‘rsatiladi. Bosimni o‘lchaydigan asboblar *manometrlar va barometrlar* deyiladi. O‘z vazifalariga qarab, manometrlar turlituman bo‘ladi.

Dalton qonuni. Ideal gaz aralashmasining bosimi aralashmaga kiruvchi gazlar parsial bosimlarining yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni

$$p = p_1 + p_2 + ... + p_n,$$

bu yerda $p_1, p_2, ..., p_n$ — parsial bosimlar deyilib, agar har bir gazning o‘zi shu haroratda aralashma egallagan hajmni egallaganda idish devorlariga ko‘rsatishi mumkin bo‘lgan bosim bilan aniqlanadi.

Temperatura. Jismlarning issiqlik darajasini xarakterlash uchun temperatura tushunchasidan foydalaniladi. Agar qizitilgan jism (temperaturasi yuqori jism) qizitilmagan jismga (temperaturasi past jismga) tekkizilsa, ular orasida issiqlik almashuvi ro‘y beradi. Energiya temperaturasi yuqoriroq jismdan temperaturasi pastroq jismga o‘tadi. Bu jarayon jismlarning temperaturalari tenglashguncha, ya’ni issiqlik muvozanati vujudga kelguncha davom etadi. Demak, issiqlik muvozanatidagi jismlarning temperaturalari bir xil bo‘ladi. Shuning uchun ham temperatura sistemaning issiqlik muvozanatini xarakterlovchi kattalik deyiladi.

Temperaturani o‘lchash. Temperaturani o‘lchash uchun etalon sifatida gaz (vodorod) yoki suyuqliklarning (simob, spirt) issiqlikdan hajmining o‘zgarishidan foydalaniladi. Temperatura o‘lchanadigan asbob termometr deyiladi. Biz kundalik hayotda termometr bilan yaxshi tanishmiz. Masalan, simobli termometr yordamida — 30° dan + 800° gacha temperaturani o‘lchash mumkin. Temperaturani o‘lchashda aniqlik kiritish maqsadida temperatura shkalasi kiritiladi.

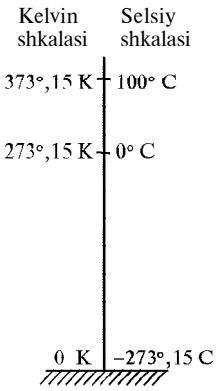
Temperatura shkalasi. 1960- yilda bo‘lib o‘tgan o‘lchovlar va tarozilar bo‘yicha XI bosh konferensiyaning qaroriga muvofiq temperaturaning ikkita shkalasidan foydalaniladi. Termodinamik temperatura shkalasida (T) temperatura kelvinlarda (K) va xalqaro amaliy temperatura shkalasida (t) temperatura selsiy graduslarida (°C) o‘lchanadi. Termodinamik temperatura va xalqaro amaliy temperatura shkalalari quyidagi munosabat yordamida bog‘langan:

$$T = 273{,}15 + t.$$

Termodinamik va xalqaro amaliy temperatura shkalalarida haroratning masshtab birliklari teng, ya’ni termodinamik shkaladagi 1 K

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

temperaturalar farqi, xalqaro amaliy shkaladagi 1 °C temperaturalar farqiga mos keladi: 1 °C birligi = 1 K birligi.



50- rasm.

Absolut nol temperatura. Xalqaro amaliy shkalada temperaturani aniqlashning tayanch nuqtalari sifatida, normal atmosfera bosimida suvning muzlash va qaynash temperaturalari olingan. So‘ngra bu oraliq teng yuzga bo‘linib, temperatura shkalasi hosil qilingan. Bunday shkalani birinchi bo‘lib shvetsiyalik olim Selsiy (1742-yilda) taklif qilganligi uchun unga *Selsiy shkalasi* ham deyiladi. Temperaturaning termodinamik shkalasi esa ingliz olimi Kelvin tomonidan taklif qilingan. Bu shkalaning boshlanish nuqtasi sifatida nol gradus Kelvin 0 K = −273,15 °C qabul qilingan (50-rasm). Bu temperaturada ideal gazning bosimi nolga teng bo‘ladi, ya’ni molekulalari harakatdan to‘xtaydi. 0 K dan pastki temperatura bo‘lishi mumkin emas va shu bilan birga bu temperaturaga yetishib ham bo‘lmaydi. 0 K absolut nol temperatura deyiladi.

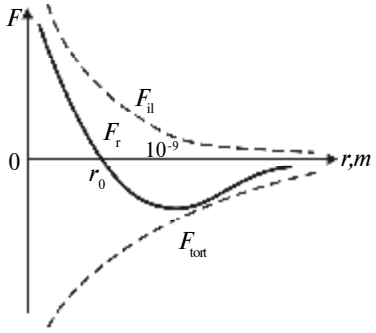
Sinov savollari

1. Qanday gaz ideal gaz deyiladi? 2. Ideal gaz qonunlaridan real gaz qonunlarini hosil qilish mumkinmi? 3. Gazning qanday parametrlarini bilasiz? 4. Gazning bosimi va uning birligi. 5. Bosimning Xalqaro birliklar sistemaga kirmaydigan qanday birliklarini bilasiz? 6. Bosimni o‘lchaydigan asboblar. 7. Dalton qonuni. 8. Temperatura tushunchasi nima maqsadda kiritilgan va u nimani xarakterlaydi? 9. Temperatura qanday o‘lchanadi? 10. Temperaturaning qanday shkalalarini bilasiz va ularning bir-biridan farqi qancha? 11. Termodinamik va xalqaro amaliy shkalalarda temperaturaning masshtab birligi tengmi? 12. Xalqaro amaliy shkalaning tayanch nuqtalari qanday tanlangan va u kim tomonidan kiritilgan. 13.Termodinamik shkalaning tayanch nuqtalari qanday tanlangan va u kim tomonidan kiritilgan? 14. Absolut nol temperatura deb qanday temperaturaga aytiladi? 15. Absolut nol temperaturaga erishish mumkinmi? Undan past temperaturaga-chi?

38- §. Molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlari va energiyasi

M a z m u n i : molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlari; molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlarining ular orasidagi masofaga bog‘liqligi; molekulalararo o‘zaro ta’sir energiyasining ular orasidagi masofaga bog‘liqligi; moddaning agregat holatlari.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



51- rasm.

Molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlari. Bizga ma’lumki, qattiq jism va suyuqliklarning molekulalari bir-birlariga katta kuch bilan tortilib turishadi. Aks holda ular har tomonga uchib ketgan bo‘lishardi. Xuddi shuningdek, ularni siqishning mumkin emasligi molekulalararo itarish kuchlarining mavjudligini ko‘rsatadi.

Molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlari tabiatiga ko‘ra elektromagnit xarakteriga ega va shu bilan birga elektroneytral molekulalar orasida vujudga keladi.

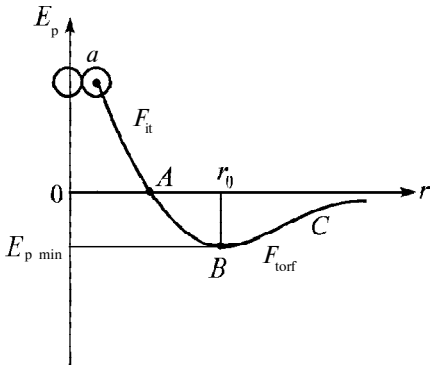
Molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlarining ular orasidagi masofaga bog‘liqligi. 51- rasmda ikkita molekula o‘zaro ta’sir kuchining ular orasidagi masofaga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Bir molekulaning elektronlari va boshqa molekuladagi atomning yadrosi o‘rtasida tortishish kuchlari F_{tort} vujudga keladi. Bu kuchni shartli ravishda manfiy deb qabul qilishga kelishilgan. Shuningdek, molekulaning elektronlari va atomlarining yadrolari o‘rtasida itarishish kuchlari F_{it} mavjud va bu kuch shartli ravishda musbat deb qabul qilingan. Bu kuchlarning teng ta’sir etuvchisi uzluksiz F_r bilan ko‘rsatilgan.

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, $r = r_0$ da $F_r = 0$, ya’ni tortishish va itarish kuchlari bir-birlarini yo‘qotadi va bu masofa molekulalarning eng turg‘un holati hisoblanadi. $r > r_0$ da tortishish kuchi katta, $r < r_0$ da itarish kuchi katta bo‘ladi. Boshqacha aytganda, jism siqilib molekulalar orasidagi masofa $r < r_0$ bo‘lsa, $F_{it.}$ kuchi ularning yaqinlashishiga, $r > r_0$ bo‘lsa, F_{tort} kuchi ularning uzoqlashishiga to‘sqinlik qiladi va $r = r_0$ masofaga qaytaradi.

Molekulalararo o‘zaro ta’sir energiyasining ular orasidagi masofaga bog‘liqligi. Molekulalar o‘zaro ta’sirlashadi va, demak, o‘zaro ta’sir potensial energiyasi E_p ga ega bo‘ladi. 52- rasmda molekulalararo o‘zaro ta’sir potensial energiyasining ular orasidagi masofaga bog‘liqligi potensial chizig‘i ko‘rsatilgan.

Molekulalarning itarishish potensial energiyalari musbat, tortishish potensial energiyalari manfiy hisoblanadi. Bir-biridan cheksiz uzoqlikdagi molekulalarning ta’sir potensial energiyalari nolga teng, ya’ni ular ta’sirlashishmaydi. Ular bir-birlariga yaqinlashtirilib borgan sari o‘zaro ta’sir potensial energiyalari kamaya boradi, ya’ni

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



52- rasm.

noldan kichik manfiy qiymatlarni qabul qila boradi va $r = r_0$ da ($F = 0$) o‘zining eng kichik $E_{p\ min}$ qiymatiga, molekulalarning turg‘un muvozanat holatiga yetadi. Molekulalarning bundan keyingi yaqinlashishi tashqi kuchlarning itarishish kuchlariga qarshi bajaradigan ishlari hisobiga amalga oshirilib, molekulalar potensial energiyasining keskin ortishiga olib keladi. Potensial chizig‘idagi *ABC* qism *potensial o‘ra* deyiladi; $E_{p\ min}$ — potensial o‘raning chuqurligidir.

Shu bilan birga, molekulalar doimo harakatda bo‘lgani sababli ma’lum kinetik energiyaga ham ega bo‘ladi. Aynan molekulalararo o‘zaro ta’sir potensial energiyasining minimal qiymati $E_{p\ min}$ va molekulalar betartib harakati kinetik energiyasining o‘rtacha qiymati $<E_k>$ orasidagi munosabat moddalarning agregat holatlarini aniqlaydi:

1) $<E_k> >> E_{p\ min}$ da modda gaz holatida;

2) $<E_k> << E_{p\ min}$ da modda qattiq holatda;

3) $<E_k> \approx E_{p\ min}$ da modda suyuq holatda bo‘ladi.

Moddaning gaz holati. $<E_k> >> E_{p\ min}$ da modda gaz holatida bo‘lib, molekulalari juda katta tezliklar bilan harakat qiladi va bir-biridan o‘z o‘lchamlariga nisbatan ancha katta masofalarda bo‘ladi. Molekulalar orasida o‘zaro tortishish kuchi qariyb nolga teng. Shuning uchun ham ular erkin harakat qiladi va o‘zlariga ajratilgan hajmni to‘la egallaydi, istalgancha siqiladi. Gazning bosimi molekulalarning idish devoriga urilishining natijasidir. Bu urilishlarda devorlarga impuls beriladi va natijada gazning bosimi vujudga keladi.

Moddaning suyuq holati. Bu agregat holatdagi moddalar molekulalari bir-birlari bilan ancha mustahkam bog‘langan. Ular, asosan ma’-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

lum muvozanat holat atrofida tebranma harakat qiladi. Molekulalar orasidagi itarish kuchi juda ham katta, shuning uchun ham suyuqliklarni qariyb siqish mumkin emas. Ammo suyuqlik qizitilganda molekulalarning kinetik energiyalari ortib, tortishish kuchlarini uzib chiqib ketishlari (bug‘lanishi) mumkin. Suyuqlikning asosiy xossasi — oquvchanligidir, bunga sabab suyuqlik molekulalarining juda yaxshi o‘rin almashish qobiliyatiga ega bo‘lganligidir. Shuning uchun ham suyuqlik yaxshi oqadi va o‘zi quyilgan istalgan idishning shaklini egallaydi.

Moddaning qattiq holati. Moddaning bu agregat holati, oldingi holatlardan farqli o‘laroq, doimiy shaklga va hajmga ega. Molekulalar kristall panjaralarning uchlarida joylashib, bir-birlari bilan qattiq bog‘langan. Tortishish kuchlari shu qadar kattaki, molekula o‘z qo‘shnisidan sezilarli uzoqqa ketolmay, faqat o‘z muvozanat vaziyati atrofida tebranma harakatgina qila olishi mumkin. Molekulalarning qanday kristall panjaralarda joylashuviga qarab, qattiq jismning shakli va xossalari ham turlicha bo‘lishi mumkin. Tabiatda kristall qattiq jismlar bilan birga amorf qattiq jismlar ham uchraydi. Qattiq jismning amorf holati noturg‘un holat hisoblanib, molekulalari betartib joylashgan bo‘ladi.

Moddaning plazma holati. Ba’zan moddaning to‘rtinchi agregat holati deb, plazma holati haqida gapirishadi. Plazma holati gazning to‘la ionlashgan holatidir. Gaz juda yuqori temperaturalargacha qizdirilganda molekulalari to‘laligicha musbat va manfiy ionlarga ajraladi. Bunday sharoit Quyoshda va boshqa yulduzlarda mavjud.

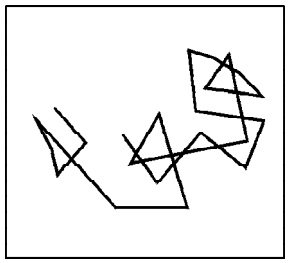
Endi moddalarning ko‘plab miqdordagi betartib harakatda bo‘lgan molekulalardan tashkil topganligini isbotlovchi ba’zi hodisalar bilan tanishaylik.

Broun harakati. Ingliz botanigi R. Broun 1827- yilda mikroskop yordamida suyuqlik sirtidagi qattiq jism zarrasining uzluksiz betartib harakatini kuzatdi. Gazda muallaq turgan qattiq jism zarrasining harakatini mikroskop orqali kuzatganda ham shunday manzarani ko‘rish mumkin (53- rasm). Suyuqlikda (yoki gazda) muallaq turgan zarraning issiqlik harakati broun harakati deyiladi. Zarraning o‘lchamlari qanchalik kichik va temperatura qancha yuqori bo‘lsa, zarra shunchalik tez harakatlanadi. Broun harakatini vujudga keltiruvchi sabab suyuqlik yoki gaz molekulalarining uzluksiz betartib harakatidir. Molekulalar zarraga har tomondan betartib ravishda urilib, uni harakatga keltiradi.

Agar zarraning o‘lchamlari katta va uning har tomondan oladigan zarblari juda ko‘p bo‘lsa, unda zarraning zarblar natijasida oladigan natijaviy impulsi nolga teng yoki shunga yaqin bo‘ladi va natijada zarra o‘z o‘rnidan qo‘zg‘almaydi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Agar zarraning o‘lchamlari juda kichik bo‘lsa, uning har tomondan olgan impulslarining yig‘indisi zarblar soniga teng bo‘lmaydi. Natijada biror tomondan urilayotgan molekulalarning impulslari yig‘indisi boshqa tomondan urilayotgan molekulalar impulslari yig‘indisidan katta bo‘ladi. Bunda zarra harakatga keladi. Ma’lum vaqt o‘tgandan keyin yangi zarblar natijasida zarraning harakat yo‘nalishi o‘zgarishi mumkin. Agar zarraning harakati kuzatilsa, 53-rasmda ko‘rsatilgandek manzara vujudga keladi.



53- rasm.

Diffuziya. Bir modda molekulalarining o‘z-o‘zidan ikkinchi modda ichiga kirib ketish hodisasi *diffuziya* deyiladi. Agar hidi chiquvchi efir, kerosin, naftalin, atirga o‘xshash moddalar xonaga kiritilsa, ma’lum vaqtdan keyin ularning hidi butun xonani egallab oladi. Bu esa bir moddaning molekulalari tashqi kuchlar ta’sirisiz ham boshqa moddaga singib ketishi mumkinligini ko‘rsatadi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, diffuziya jarayonining ro‘y berish tezligi diffuziyaga kiruvchi moddalarga va temperaturaga bog‘liq bo‘ladi. Suyuqliklardagi diffuziya gazlardagiga nisbatan sekinroq, lekin qattiq jismlarnikiga nisbatan tezroq ro‘y beradi. Chunki jism qanchalik zich bo‘lsa, uning molekulalari bir-biriga shunchalik yaqin va ular orasidan boshqa jism molekulalarining singib kirishi shunchalik qiyin bo‘ladi.

Sinov savollari

1. Qattiq jism va suyuqliklarning molekulalari nega har tomonga uchib ketmaydi? 2. Molekulalararo itarish kuchlari mavjudligini qanday aniqlash mumkin? 3. Tortishish kuchlari qanday vujudga keladi va ularning masofaga bog‘liqligi qanday? 4. Itarish kuchlari qanday vujudga keladi va ularning masofaga bog‘liqligi qanday? 5. Molekulalararo o‘zaro ta’sir potensial energiyasining ular orasidagi masofaga bog‘liqligi. 6. Qanday potensial energiya musbat va qanday potensial energiya manfiy hisoblanadi? 7. Qachon potensial energiya o‘zining eng kichik qiymatiga ega bo‘ladi? 8. Qanday holat molekulalarning turg‘un muvozanat holati deyiladi? 9. Potensial o‘ra qanday aniqlanadi? 10. Modda qachon gaz holatida bo‘ladi? 11. Modda gaz holatining alohida xususiyatlarini ayting. 12. Modda qachon qattiq holatda bo‘ladi? 13. Modda qattiq holatining alohida xususiyatlarini ayting. 14. Modda qachon suyuq holatda bo‘ladi? 15. Modda suyuq holatining alohida

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

xususiyatlarini ayting. 16. Moddaning plazma holati. 17. Broun harakati nimani ko‘rsatadi? 18. Broun harakatining vujudga kelishiga sabab nima? 19. Diffuziya deb nimaga aytiladi? 20. Diffuziya temperaturaga bog‘liqmi?

39- §. Ideal gazning tajribaviy qonunlari. Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi

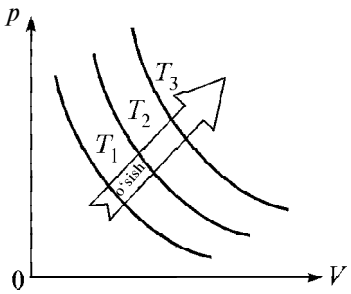
M a z m u n i : izojarayonlar haqida tushuncha; Boyl — Mariott qonuni; Gey-Lyussak qonuni; Sharl qonuni; holat tenglamasi; Klapeyron tenglamasi; Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi; molyar gaz doimiysining qiymati. Istalgan miqdordagi gaz uchun Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi; Bolsman doimiysi.

Izojarayonlar. Yuqorida ideal gaz uchta parametr: temperatura T, hajm V va bosim p bilan tavsiflanishi haqida aytilgan edi. Bu parametrlardan birortasining o‘zgarishi hech bo‘lmaganda ikkinchisining ham o‘zgarishiga olib keladi. Sistemadagi jarayonlarni soddalashtirib o‘rganish maqsadida parametrlarning birortasi o‘zgarmay qolib (izojarayonlar) qolgan ikkita o‘zgaradigani orasidagi bog‘lanishlarni ko‘raylik. Bu qonunlar molekular-kinetik nazariya yaratilganga qadar tajribalar yordamida aniqlangan. Shuning uchun ham ular *ideal gazning tajribaviy qonunlari* deyiladi.

Boyl — Mariott qonuni. Berilgan gaz massasi uchun o‘zgarmas temperaturada gaz bosimining gaz hajmiga ko‘paytmasi o‘zgarmas kattalikdir, ya’ni m = const, T = const da

$$p \cdot V = \text{const}. \qquad (39.1)$$

Temperatura o‘zgarmasdan ro‘y beradigan jarayonlar *izotermik jarayonlar* deyiladi. p va V oralaridagi bog‘lanishlarni ifodalaydigan egri chiziqlar esa *izotermalar* deyiladi.



54- расм.

54- rasmda izotermalar oilasi ko‘rsatilgan. Ular giperbolalardan iborat bo‘lib, harorat ko‘tarilishi bilan giperbola ham ko‘tarila boradi.

Gey-Lyussak qonuni. Bosim o‘zgarmas bo‘lganda, berilgan gaz massasining hajmi temperatura o‘zgarishi bilan chiziqli o‘zgaradi, ya’ni m = const, p = const da

$$V = V_0(1 + \alpha t), \qquad (39.2)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bu yerda t — Selsiy shkalasi bo‘yicha temperatura, V_0 — 0°C da gaz hajmi, $\alpha = \frac{1}{273,15}\,\mathrm{K}^{-1}$ koeffitsiyent. Bosim o‘zgarmasdan ro‘y beradigan jarayonlar izobarik jarayonlar, V va t orasidagi bog‘lanishlarni ifodalaydigan chiziqlar esa *izobaralar* deyiladi(55- rasm).

Agar temperaturaning termodinamik va amaliy shkalalari orasidagi $T = t + 273,15$ munosabatni

$$t = T - 273,15 = T - \frac{1}{\alpha} \qquad (39.3)$$

ko‘rinishida yozsak va uni (39.2) ga qo‘ysak,

$$V = V_0\left[1 + \alpha\left(T - \frac{1}{\alpha}\right)\right] = V_0\alpha T \qquad (39.4)$$

ifodani hosil qilamiz. Bu ifodadan ko‘rinib turibdiki, $T = 0$ da $V = 0$, ya’ni gaz go‘yoki hajmga ega bo‘lmaydi. Bu esa Gey-Lyussak qonuniningjuda past temperaturalarda bajarilmasligini ko‘rsatadi. Shuning uchun ham izobaralar past temperaturalarda uzlukli chiziqlar bilan ko‘rsatilgan.

Gey-Lyussak qonunini

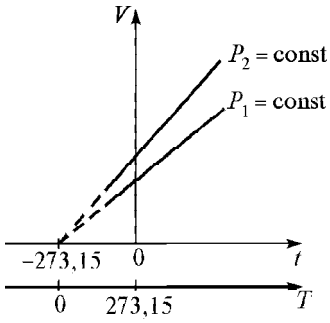
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \qquad (39.5)$$

ko‘rinishda ham yozish mumkin.

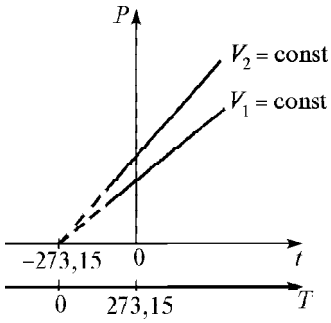
Sharl qonuni. Hajm o‘zgarmas bo‘lganda, berilgan gaz massasining bosimi temperatura o‘zgarishi bilan chiziqli o‘zgaradi, ya’ni m = const, V = const da

$$p = p_0\,(1 + 1\,\alpha t), \qquad (39.6)$$

bu yerda p_0 — 0° C dagi gaz bosimi.



55- rasm.



56- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Hajm o‘zgarmasdan ro‘y beradigan jarayonlar izoxorik jarayonlar, p va t orasidagi bog‘lanishlarni ifodalaydigan chiziqlar esa *izoxoralar* deyiladi (56- rasm). Endi (39.3) ifoda yordamida (39.6) ni o‘zgartirib,

$$p = p_0\left[1 + \alpha\left(T - \frac{1}{\alpha}\right)\right] = p_0\alpha T \qquad (39.7)$$

ifodani hosil qilamiz.

$T = 0$ da $p = 0$ bo‘ladi, ya’ni gazning bosimi nolga teng bo‘ladi. Demak, absolut nol temperaturada gaz molekulalari harakatdan to‘xtaydi.

Sharl qonunini quyidagi ko‘rinishda ham yozish mumkin:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}. \qquad (39.8)$$

Holat tenglamasi. Biz yuqorida gaz parametrlaridan bittasi o‘zgarmay, qolgan ikkitasi orasidagi bog‘lanishlarni ko‘rdik. Endi ularning har uchalasi ham o‘zgaradigan hol bilan tanishaylik. Umumiy holda bunday tenglama

$$f(p,\ V,\ T) = 0$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi va u *holat tenglamasi* deyiladi.

Klapeyron tenglamasi. Fransuz fizigi B. Klapeyron (1799—1864). Boyl — Mariot va Gey-Lyussak qonunlarini birlashtirib, ideal gazning holat tenglamasini topdi. Bu tenglamaga muvofiq berilgan gaz massasi uchun gaz bosimi va hajmi ko‘paytmasining temperaturaga nisbati o‘zgarmas kattalikdir:

$$\frac{p \cdot V}{T} = B = \text{const}. \qquad (39.9)$$

(39.9) tenglama *Klapeyron tenglamasi* deyiladi. B — turli gazlar uchun turlicha bo‘lgan gaz doimiysi.

Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi. Rus olimi D.I. Mendeleyev (1834 — 1907) Klapeyron tenglamasini molyar hajm V_m dan foydalanib, 1 mol gaz uchun yozdi. Avogadro qonuniga muvofiq bir xil bosim va temperaturada har qanday gazning bir moli bir xil V_m hajmni egallaydi. Demak, p, T bir xil bo‘lganda istalgan gaz uchun V_m bir xil bo‘lsa, unda $\frac{pV_m}{T}$ nisbat ham istalgan gaz uchun bir xil bo‘lishi kerak. Bu nisbatni

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$\frac{pV_{\text{m}}}{T} = R \qquad (39.10)$$

deb belgilaylik. R *molyar gaz doimiysi* deyiladi.

$$pV_{\text{m}} = RT \qquad (39.11)$$

— bu tenglama esa *Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi* deyiladi.

Molyar gaz doimiysining qiymati. Molyar gaz doimiysining qiymatini topish uchun (39.10) ifodadan foydalanamiz va gaz normal sharoitda turibdi deb hisoblaymiz. Demak,

$$p_0 = 1{,}013 \cdot 10^5 \text{ Pa}; \quad T_0 = 273{,}15 \text{ K}; \quad V_{\text{m}} = 22{,}41 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}};$$

$$R = \frac{1{,}013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 22{,}41 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}}{273{,}15 \text{K}} = 8{,}31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}.$$

Istalgan miqdordagi gaz uchun Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi. (39.11) tenglama 1 mol gaz uchun yozilgan.Uni istalgan v mol gazga moslashtirish uchun V_{m} ning o‘rniga $V = vV_{\text{m}}$ ni qo‘yishimiz kerak. Undan

$$V_{\text{m}} = \frac{V}{v} \qquad (39.12)$$

ni topib, (39.11) ga qo‘yamiz va

$$p \cdot V = vRT = \frac{m}{M} RT \qquad (39.13)$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda modda miqdori $v = \frac{m}{M}$ ligi e’tiborga olingan.

(39.13) istalgan m *massali gaz uchun Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi* deyiladi.

Bolsman doimiysi. Ba’zan ideal gaz holat tenglamasining boshqacharoq ko‘rinishidan foydalaniladi. Buning uchun *Bolsman doimiysi* deyilguvchi kattalik kiritiladi.

$$k = \frac{R}{N_A} = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}.$$

Bunga asosan (39.11) ni qayta yozamiz:

$$p = \frac{R \cdot T}{V_m} = \frac{k \cdot N_A \cdot T}{V_m} = knT,$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bu yerda $n = \frac{N_A}{V_m}$ — molekulalarning konsentratsiyasi, ya'ni birlik hajmdagi molekulalar soni.

$$p = nkT. \qquad (39.14)$$

Ifodadan ko'rinib turibdiki, berilgan temperaturada gazning bosimi molekulalar konsentratsiyasiga to'g'ri proporsional bo'ladi.

Sinov savollari

1. Izojarayonlar deb qanday jarayonlarga aytiladi? 2. Boyl — Mariott qonuni. 3. Izotermik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi? 4. Izotermalar deb qanday chiziqlarga aytiladi. 5. Boyl — Mariott qonunining bajarilishiga misol keltiring. 6. Gey-Lyussak qonuni va uning ko'rinishlari. 7. Izobarik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi? 8. Izobaralar deb qanday chiziqlarga aytiladi? 9. Absolut nol temperaturada gazning hajmi nimaga teng bo'ladi va uni qanday tushuntirasiz? 10. Sharl qonuni va uning ko'rinishlari. 11. Izoxorik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi? 12. Izoxoralar deb qanday chiziqlarga aytiladi? 13. Absolut nol temperaturada gazning bosimi nimaga teng bo'ladi va uni qanday tushuntirasiz? 14. Holat tenglamasi deb qanday tenglamaga aytiladi? 15. Klapeyron tenglamasi. 16. Bir mol gaz uchun Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi. 17. Molyar gaz doimiysi. 18. Istalgan miqdordagi gaz uchun Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi. 19. Bolsman doimiysi. 20. Gazning bosimi molekulalarning konsentratsiyasiga bog'liqmi?

40- §. Ideal gaz molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

M a z m u n i : molekulaning idish devoriga beradigan impulsi; molekular-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi; molekula o'rtacha kvadratik tezligining temperaturaga bog'liqligi; molekula kinetik energiyasining temperaturaga bog'liqligi.

Molekulaning idish devoriga beradigan impulsi. Tajriba uchun bir atomli ideal gazning betartib harakatini kuzatamiz. Molekulalar bir-birlari bilan qariyb to'qnashmaydi, idish devorlari bilan to'qnashishlarini esa absolut elastik deb hisoblaymiz. Idish devoridan biror ΔS elementar yuzani ajratib olamiz (57- rasm) va unga ko'rsatiladigan bosimni hisoblaymiz. Bosimning ta'rifiga ko'ra

$$p = \frac{F}{\Delta S} \qquad (40.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

yuzaga ta'sir etayotgan kuchni topish uchun sirt olayotgan kuch impulsini hisoblaymiz.

Har bir urilishda yuzaga perpendikular yo'nalgan molekula o'z impulsini quyidagicha o'zgartiradi:

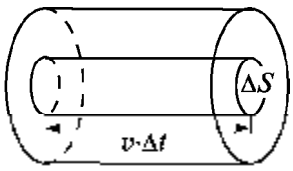
$$m_0\upsilon - (-m_0\upsilon) = 2m_0\upsilon, \qquad (40.2)$$

bu yerda m_0 — molekulaning massasi, υ — tezligi.

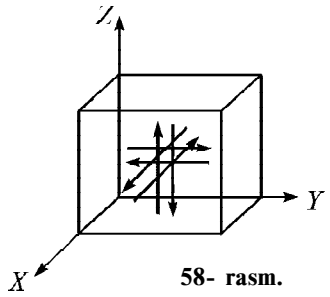
Molekular-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi. Absolut elastik urilgan molekula tezligining moduli o'zgarmaydi, yo'nalishi esa teskarisiga o'zgaradi. Shuning uchun ham molekula impulsining o'zgarishi $2m_0\upsilon$ ga va natijada ΔS yuza olgan impuls ham shunga teng bo'ladi. Δt vaqtda yuzagacha $\upsilon \cdot \Delta t$ masofadagi (58-rasmda silindr bilan ajratilgan sohadagi) molekulalargina yetib kela olishi mumkin. Ajratilgan silindrdagi molekulalar soni $n \cdot \Delta S \cdot \upsilon \cdot \Delta t$ ga teng bo'ladi. Bu yerda n — molekulalarning konsentratsiyasi. Endi bu molekulalarning qanchasi ΔS ga kelib urilishini aniqlaylik. Buning uchun molekulalarning harakat qilishi mumkin bo'lgan yo'nalishlarini ko'raylik. Fazoning izotropligi, ya'ni uning barcha yo'nalishlarining teng kuchliligi natijasida hajmdagi molekulalar hamma yo'nalishlarda teng miqdorda, ya'ni $\frac{1}{3}$ qismi z, $\frac{1}{3}$ qismi y va $\frac{1}{3}$ qismi x o'qi bo'ylab harakatlanadi.

Shu bilan birga, bu molekulalarning yarmi o'qlar bo'ylab bir tomonga, yarmi esa teskari tomonga harakatlanadi (58-rasm). Shunday qilib, 57- rasmda ajratilgan silindr ichidagi molekulalarning $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot n \cdot \Delta S \cdot \upsilon \cdot \Delta t$ qismigina ΔS elementar yuzaga yetib borib uriladi va $2m_0\upsilon$ impuls beradi. Natijada ΔS elementar yuza olgan kuch impulsi

$$\Delta p = F \cdot \Delta t = \frac{1}{6} \cdot n \cdot \Delta S \cdot \upsilon \cdot \Delta t \cdot 2m_0\upsilon = \frac{1}{3} nm_0\upsilon^2 \Delta S \cdot \Delta t \qquad (40.3)$$



57- rasm.



58- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ga teng bo‘ladi. Bu ifodadan molekulalarning urilishlari natijasida ΔS elementar yuza olgan kuchni topsak va (40.1) ga qo‘ysak, quyidagini olamiz:

$$p = \frac{\frac{1}{3} n m_0 v^2 \cdot \Delta S}{\Delta S} = \frac{1}{3} n m_0 v^2. \qquad (40.4)$$

Agar ajratilgan hajmdagi molekulalarning soni N ta va tezliklari $v_1, v_2, ..., v_N$ bo‘lsa, unda (40.4) ga molekulalarning o‘rtacha kvadratik tezliklarini qo‘yish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

$$p = \frac{1}{3} n m_0 < v_{kv} >^2 \qquad (40.5)$$

(40.5) ifoda *ideal gaz molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi* deyiladi.

Molekula o‘rtacha kvadratik tezligining temperaturaga bog‘liqligi. Molekulalarning konsentratsiyasi $n = \frac{N}{V}$ ligidan (40.5) ni qayta yozamiz:

$$p = \frac{1}{3} \frac{N}{V} m_0 < v_{kv} >^2$$

yoki

$$pV = \frac{1}{3} N \cdot m_0 < v_{kv} >^2 = \frac{1}{3} m < v_{kv} >^2 = \frac{2}{3} E, \qquad (40.6)$$

bunda $m = N \cdot m_0$ — barcha molekulalarning massasi.

Agar biz faqat bir mol gaz bilan ish ko‘rganimizda edi, $V = V_m$, $m = M$ deb olardik, ya’ni

$$p \cdot V_m = \frac{1}{3} M < v_{kv} >^2. \qquad (40.7)$$

Klapeyron — Mendeleyev tenglamasidan $pV_m = RT$. Demak,

$$RT = \frac{1}{3} M < v_{kv} >^2$$

yoki

$$< v_{kv} >= \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3RT}{m_0 \cdot N_A}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}. \qquad (40.8)$$

(40.8) ifoda molekulalar tezligining temperaturaga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi. Masalan, xona temperaturasida kislorod molekulasining tezligi 480 m/s, vodorodniki esa 1900 m/s.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Molekula kinetik energiyasining temperaturaga bog‘liqligi. Ideal gaz molekulasi ilgarilanma harakat kinetik energiyasining o‘rtacha qiymati

$$< E_0 >= \frac{m_0 < \upsilon_{kv} >^2}{2} \qquad (40.9)$$

ifoda yordamida aniqlanadi. Agar molekula o‘rtacha kvadratik tezligining (40.8) dagi ifodasidan foydalansak,

$$< E_0 >= \frac{m_0}{2} \cdot \frac{3kT}{m_0} = \frac{3}{2} kT$$

$$< E_0 >= \frac{3}{2} kT$$

ni olamiz. Bu formuladan ko‘rinib turibdiki, $T = 0$ da $<E_0> = 0$, ya’ni 0 K da molekulalarning ilgarilanma harakatlari to‘xtaydi va, demak, bosim ham nolga teng bo‘ladi. Shunday qilib, termodinamik temperatura ideal gaz molekulalari ilgarilanma harakat o‘rtacha kinetik energiyasining o‘lchovidir. Gazning temperaturasi qancha yuqori bo‘lsa, molekulalarning tezligi va, demak, kinetik energiyasi ham shuncha katta bo‘ladi.



Sinov savollari

1. Molekulaning idish devoriga beradigan impulsi nimaga teng? 2. Gaz molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi. 3. Molekula o‘rtacha kvadratik tezligining temperaturaga bog‘liqligi. 4. Molekula o‘rtacha kinetik energiyasining temperaturaga bog‘liqligi. 5. Absolut nol temperaturada molekula o‘rtacha kinetik energiyasining qiymati nimaga teng bo‘ladi? 6. Ideal gazning temperaturasi nimaning o‘lchovi?



Masala yechish namunalari

1 - masala. 0,2 kg massali azotning modda miqdori va molekulalari soni aniqlansin.

Berilgan:

$m = 0{,}2$ kg;
N_2.
————————
$\nu = ?$
$N = ?$

Yechish. Azotning modda miqdorini

$$\nu = \frac{m}{M}$$

ifodadan aniqlaymiz. Azot uchun
$M = 28 \cdot 10^{-3}$ kg/mol.
Moddadagi molekulalar sonini esa

$$N = \nu \cdot N_A$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ifodadan topish mumkin. Bu yerda $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$ — Avogadro soni. Massaning qiymatidan foydalanib hisoblaymiz:

$$\nu = \frac{0,2}{28 \cdot 10^{-3}}\ \text{mol} = 7{,}14\ \text{mol};$$

$$N = 7{,}14 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{dona} = 4{,}3 \cdot 10^{24}\ \text{dona}.$$

Javob: $\nu = 7{,}14$ mol; $N = 4{,}30 \cdot 10^{24}$ dona.

2 - masala. Ballonda, 2 mPa bosim ostida 400 K temperaturada turgan azotning zichligi ρ hisoblansin.

Berilgan:

$p = 2$ mPa $= 2 \cdot 10^{-3}$ Pa;
$T = 400$ K.

ρ = ?

Yechish. Ideal gazning holat tenglamasini yozamiz:

$$pV = \frac{m}{M}RT.$$

Bu ifodada ba'zi o'zgarishlar kiritib olamiz:

$$\frac{m}{V} = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}.$$

Agar $\rho = \frac{m}{V}$ zichlik ekanligini e'tiborga olsak,

$$\rho = \frac{p \cdot M}{RT}.$$

Bu yerda $R = 8{,}31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ – gaz molyar doimiysi,

$M = 28 \cdot 10^{-3}\ \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ – azotning molyar massasi ekanligini e'tiborga olib, berilganlar yordamida topamiz:

$$\rho = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 400}\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1{,}68 \cdot 10^{-8}\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Javob: $\rho = 1{,}68 \cdot 10^{-8}\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Kislorod normal sharoitda, sig'imi 11,2 *l* bo'lgan idishni to'ldirib turibdi. Gazning modda miqdori ν va uning massasi *m* aniqlansin. (ν = 0,5 mol; *m* = 16 g.)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2. Bitta osh tuzi molekulasining molyar massasi M va massasi m_0 topilsin. ($M = 58{,}5 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; $m_0 = 9{,}72 \cdot 10^{-26}$ kg.)
3. Ballonda 100 °C temperaturali gaz bor. Gazning bosimi ikki marta ortishi uchun uni qanday temperaturagacha qizdirish kerak? ($t_2 = 473$ °C.)
4. 240 cm^3 sig'imli kolbada 290 K temperatura va 50 kPa bosim ostida saqlanayotgan gazning modda miqdori va molekulalarining konsentratsiyasi aniqlansin. ($\nu = 4{,}98$ mol; $n = 1{,}25 \cdot 10^{25}$ m^{-3}.)
5. Qanday temperaturada geliy atomining o'rtacha kvadratik tezligi ikkinchi kosmik tezlikka teng bo'ladi? (T=20,1 kK.)
6. Temperaturasi 300 K bo'lgan kislorod molekulasining o'rtacha kinetik energiyasi aniqlansin. $\left[< E >= 1{,}24 \cdot 10^{-20}\ \text{J}.\right]$

Test savollari

1. Istalgan moddaning bir molidagi molekulalar soni qancha va qanday ataladi?

A. Loshmidt soni — $2{,}7 \cdot 10^{25}$ m^3.
B. Avogadro soni — $6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}.
C. Bolsman doimiysi — $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K.
D. Gazning universal doimiysi — $8{,}31 \cdot \frac{\text{J}}{\text{K.mol}}$.

2. To'g'ri javob ko'rsatilgan qatorni aniqlang. „Izotermik jarayonda...“

A. ... V va T o'zgaradi; p o'zgarmaydi.
B. ... p va T o'zgaradi; V o'zgarmaydi.
C. ... p va V o'zgaradi; T o'zgarmaydi.
D. ... tashqi muhit bilan issiqlik almashish bo'lmaydi.
E. Hamma parametrlar o'zgaradi.

3. Berilgan tenglamalar orasidan Mendeleyev — Klapeyron tenglamasini toping:

A. $\frac{pV}{T} = \mu$. B. $pV = pT$. C. $pV = \frac{m}{M}RT$.
D. $p = \frac{mRTV}{M}$. E. $pV = \text{const}$.

4. Temperaturaning Kelvin shkalasi bo'yicha olingan 200,15 K qiymatiga Selsiy shkalasidagi qanday qiymat mos keladi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

A. −273 °C. B. −173 °C. C. −73 °C.
D. 273 °C. E. 73°C.

5. Ikki mol suvning massasi qanchaga teng?
A. 32 g. B. 18 g. C. 16 g.
D. 36 g. E. Javob keltirilmagan.

6. Idishdagi gaz molekulalarining konsentratsiyasi 2 marta kamaysa va o‘rtacha kvadratik tezligi 4 marta oshsa, gaz bosimi qanday o‘zgaradi?
A. 2 marta oshadi. B. 2 marta kamayadi.
C. 8 marta oshadi. D. 8 marta kamayadi.
E. O‘zgarmay qoladi.

7. Normal sharoitda bosim va temperatura qanday bo‘lishi kerak?
A. 101325 Pa; 273,15 K. B. 10^6 Pa; 0 °C.
C. 760 mm. sim. ust; 273,15 K. D. 102326 Pa; 0 °C.
E. To‘g‘ri javob A, C.

8. Modda qachon gaz holatda bo‘ladi?

A. $< E_k > \gg E_{p\,\min}$ B. $< E_k > \cdot \ll E_{p\,\min}$

C. $< E_k > = E_{k\,\min}$ D. $< E_k > \geq E_{p\,\min}$.

E. Javob keltirilmagan.

Asosiy xulosalar

Molekular-kinetik nazariyaning asosiy qoidalari:

1. Barcha moddalar juda kichik zarralar — atomlar va molekulalardan tashkil topgan;

2. Bu atomlar va molekulalar doimo uzluksiz xaotik harakat holatida bo‘ladi;

3. Istalgan moddalarning zarralari orasida o‘zaro ta’sir — tortishish va itarishish kuchlari mavjuddir. Bu kuchlar elektromagnit tabiatga ega.

Birlik atom massasi $m_0 = 1{,}66 \cdot 10^{-27}$kg.

Modda miqdori moddadagi molekulalar sonining 0,012 kg uglerodagi molekulalar soniga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikdir. Uning SI dagi birligi 1 mol.

Avogadro soni. Istalgan moddaning 1 molida bir xil sondagi molekulalar mavjud. U $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1} ga teng.

Avogadro qonuni. Normal sharoitda 1 mol gaz $V_0 = 22{,}41 \cdot 10^{-3}\ \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$ hajmni egallaydi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Quyidagi shartlarni qanoatlantiruvchi gaz ideal gaz deyiladi:

1. Gaz molekulalarining xususiy hajmi gaz egallab turgan idishning hajmiga nisbatan e'tiborga olmaydigan darajada kichik;

2. Gaz molekulalari orasida o'zaro ta'sir kuchlari mavjud emas;

3. Gaz molekulalarining o'zaro va idish devorlari bilan urilishlari absolut elastik.

Gaz parametrlari: *hajm* — V, bosim — p va temperatura — T.

Fizik atmosfera = $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa = 760 mm.sim.ust.

Termodinamik temperatura va xalqaro amaliy temperatura shkalalari quyidagicha bog'langan:

$$T = 273{,}15 + t.$$

0 K ga *absolut nol temperatura* deyiladi.

1. $< E_k > \gg E_{p\,\min}$ da modda gaz holatida;

2. $< E_k > \ll E_{p\,\min}$ da modda qattiq holatda;

3. $< E_k > \approx E_{p\,\min}$ da modda suyuq holatda bo'ladi.

Boyl—Mariott qonuni: $p \cdot V = \text{const}$.

Gey-Lyussak qonuni: $V = V_0(1 + \alpha t)$.

Sharl qonuni: $p = p_0(1 + \alpha t)$.

Bir mol gaz uchun $pV_m = RT$ va istalgan miqdordagi gaz uchun

$pV = \frac{m}{M} RT$ — Klapeyron—Mendeleyev tenglamalari.

Gaz bosimi va temperaturasi orasidagi bog'lanish

$$p = nkT.$$

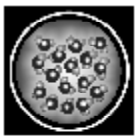
Molekular-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi

$$p = \frac{1}{3}\frac{N}{V} m_0 < \upsilon_{kv} >^2 .$$

Molekula kinetik energiyasining temperaturaga bog'liqligi

$$< E_0 >= \frac{3}{2} kT.$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



X BOB. TERMODINAMIKA ASOSLARI

Termodinamikaning rivojlanishi ko‘p jihatdan issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsiyentini o‘rganish bilan bog‘liqdir. Fransuz injeneri Sadi Karno 1824- yilda chop etilgan «Olovning harakatlantiruvchi kuchi haqida o‘ylar» nomli ishida issiqlik mashinasining unumdorligi ishchi moddaga emas, balki isituvchi va sovituvchilar temperaturalarining farqiga bog‘liq, degan xulosani ilgari surdi. Termodinamika shundan so‘ng Klapeyron, Joul, Klauzius, Mayyer, Tomson va boshqalarning ishlarida rivojlantirildi.

Termodinamika quyidagi o‘ziga xos xususiyatlarga ega:

— moddalarning atomlardan tashkil topganligi e’tiborga olinmaydi;

— makroskopik sistemaga xos bo‘lgan kattaliklar bilangina ish ko‘riladi;

— nazariya tajriba natijalariga asoslanib yaratiladi;

— moddalarning xossalari xarakteristik parametrlari (zichlik, yopishqoqlik va hokazo) ko‘rinishida ifodalanadi.

Termodinamikani o‘rganishda quyidagilarni yodda tutmoq zarur.

Termodinamik sistema. *O‘zaro va tashqi jismlar bilan ta’sirlashadigan va energiya almashadigan makroskopik jismlar majmuasi termodinamik sistema deyiladi.*

Termodinamik usulning asosi — sistemaning holatini belgilovchi parametrlarining qiymatlarini aniqlashdir.

Termodinamik parametrlar yoki holat parametrlari deb termodinamik sistema xossalarini xarakterlovchi fizik kattaliklar majmuasiga aytiladi. Odatda, holat parametrlari sifatida temperatura, bosim va solishtirma hajm tanlanadi.

Termodinamik parametrlar. Temperatura makroskopik sistemaning termodinamik muvozanat holatini xarakterlovchi fizik kattalik.

Bosim — suyuqlik yoki gaz tomonidan birlik yuzaga ta’sir etadigan perpendikulyar kuch bilan aniqlanuvchi fizik kattalik.

Solishtirma hajm — birlik massaning egallagan hajmi.

U zichlikka teskari kattalik: $\upsilon = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$.

SI dagi birligi $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$, $[\upsilon] = \frac{[V]}{[m]} = \frac{1\,\text{m}^3}{1\,\text{kg}} = 1\,\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Termodinamik jarayonlar. Termodinamik sistemaning holati vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmasa, u holda makroskopik sistema termodinamik muvozanat holatida bo‘ladi. Termodinamikada faqat muvozanat holatlar qaraladi.

Termodinamik sistemaning hech bo‘lmaganda birorta parametrining o‘zgarishi termodinamik jarayon deyiladi. Termodinamik jarayonda sistema boshlang‘ich holatdan oraliq holatlar orqali oxirgi holatga o‘tadi. Bu o‘tish qaytar va qaytmas bo‘lishi mumkin.

Qaytar va qaytmas jarayonlar. Qaytar jarayon deb sistemaning oxirgi holatdan boshlang‘ich holatga o‘sha oraliq holatlar orqali, atrof-muhitda hech qanday o‘zgarish ro‘y bermasdan o‘tishiga aytiladi. Uzun ilgakka osilgan og‘ir mayatnikning tebranishi qaytar jarayonga yaqin bo‘ladi. Bu holda kinetik energiya amalda to‘la potensial energiyaga aylanadi. Shuningdek, teskarisi ham o‘rinli. Muhitning qarshiligi kichik bo‘lganligi sababli tebranish amplitudasi sekin kamayadi va tebranish jarayoni uzoq davom etadi.

Ma’lum qarshilikka uchraydigan yoki issiq jismdan sovuq jismga issiqlik uzatish bilan ro‘y beradigan har qanday jarayon qaytmas bo‘ladi. Amalda barcha real jarayonlar qaytmas jarayonlardir.



41- §. Sistemaning ichki energiyasi. Ichki energiyaning erkinlik darajalari bo‘yicha tekis taqsimoti

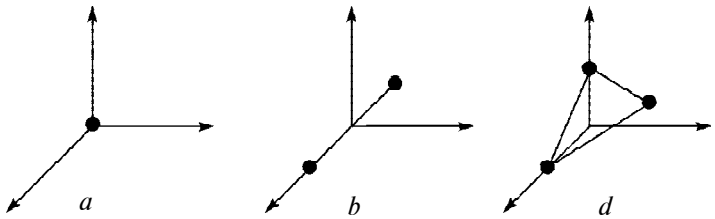
M a z m u n i : ichki energiya; molekulalarning erkinlik darajalari; ideal gazning ichki energiyasi.

Ichki energiya. Termodinamik sistema ko‘plab molekulalar va atomlardan tashkil topgan va ma’lum U ichki energiyaga ega. Termodinamik sistemaning ichki energiyasi deb molekulalarning o‘zaro ta’sir energiyalari va ularning issiqlik harakat energiyalarining yig‘indisiga aytiladi.

Ichki energiya termodinamik sistemaning bir qiymatli funksiyasidir, ya’ni sistemaning har bir holatiga ichki energiyaning aniq bir qiymati to‘g‘ri kelib, u sistema bu holatga qanday qilib kelib qolganiga mutlaqo bog‘liq emas. Agar gaz qizitilsa, molekula va atomlarning tezliklari ham ortadi, bu esa ichki energiyaning ortishiga olib keladi. Agar bosim yoki solishtirma hajm o‘zgartirilsa, bu ham ichki energiyaning o‘zgarishiga olib keladi, chunki molekulalar orasidagi masofa va, demak, ularning o‘zaro ta’sir potensial energiyalari ham o‘zgaradi.

Odatda, sistemaning ichki energiyasi $T = 0$ K da nolga teng deb hisoblanadi, lekin bu muhim ahamiyatga ega emas. Chunki sistema bir holatdan ikkinchisiga o‘tganda ichki energiyaning o‘zgarishi ΔU ahamiyatga ega bo‘ladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



59- rasm.

Molekulalarning erkinlik darajalari. Molekulaning erkinlik darajasi deb uning fazodagi o‘rnini to‘la aniqlash uchun zarur bo‘lgan, bir-biriga bog‘liq bo‘lmagan koordinatalarning umumiy soniga aytiladi.

Bir atomli gazning molekulasi uchta ilgarilanma harakat erkinlik darajasiga ega: $i = i_{ilg} = 3$; (59- *a* rasm).

Ikki atomli molekula uchta ilgarilanma va ikkita aylanma harakat erkinlik darajasiga ega: $i_{ilg} = 3$, $i_{ayl} = 2$ (59- *b* rasm).

Ikki erkin o‘q atrofida aylanishi mumkin: $i = i_{ilg} + i_{ayl} = 5$.

Uch atomli molekula uchta ilgarilanma va uchta aylanma harakat erkinlik darajasiga ega: $i_{ilg} = 3$; $i_{ayl} = 3$ (59- *d* rasm).

Uch atomli gaz har uchala o‘q atrofida ham aylanishi mumkin: $i = i_{ilg} + i_{ayl} = 6$.

Molekulalarning erkinlik darajalari nechta bo‘lishidan qat’iy nazar ularning, albatta, uchtasi ilgarilanma bo‘ladi. Ilgarilanma harakat erkinlik darajasining hammasi teng kuchli bo‘lib, ularning har biriga bir xil $\frac{1}{3}<E_0>$ energiya to‘g‘ri keladi, ya’ni:

$$<E_1> = \frac{<E_0>}{3} = \frac{1}{2}kT, \qquad (41.1)$$

bu yerda $<E>$ ning (40.10) ifodasidan foydalandik. Klassik fizikada energiyaning erkinlik darajalari bo‘yicha tekis taqsimoti haqida Bolsman qonuni o‘rinli. Bu qonunga muvofiq termodinamik muvozanatdagi statistik sistemaning har bir ilgarilanma va aylanma erkinlik darajalariga $\frac{1}{2}kT$ energiya to‘g‘ri keladi. Demak, molekulaning o‘rtacha energiyasi

$$<E> = \frac{i}{2}kT, \qquad (41.2)$$

bu yerda i — molekulaning to‘la erkinlik darajasi.

Ideal gazning ichki energiyasi. Ideal gazning molekulalari bir-birlari bilan o‘zaro ta’sirlashmaganligi uchun ularning o‘zaro ta’sir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

potensial energiyalari nolga teng. Demak, ideal gazning ichki energiyasi molekulalar kinetik energiyalarining yig‘indisiga teng bo‘ladi. 1 mol gazning ichki energiyasini topish uchun bitta molekulaning o‘rtacha kinetik energiyasi $< E >$ ni molekulalar soni N_A ga ko‘paytirishimiz kerak:

$$U_m = \frac{i}{2} kT \cdot N_A = \frac{i}{2} RT, \qquad (41.3)$$

bu yerda $k \cdot N_A = R$ ligi hisobga olingan.

Istalgan miqdordagi ideal gazning ichki energiyasini quyidagicha topamiz:

$$U = \nu U_m = \frac{m}{M} U_m = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT = \nu \frac{i}{2} RT, \qquad (41.4)$$

bu yerda: M — molyar massa, ν — modda miqdori.



Sinov savollari

1. Termodinamikaning jadal rivojlanishini nima taqozo etgan? 2. Termodinamika o‘ziga xos qanday xususiyatlarga ega? 3. Termodinamik sistema deb nimaga aytiladi va u qanday parametrlar bilan xarakterlanadi? 4. Termodinamik parametrlar deb qanday kattaliklarga aytiladi? 5. Termodinamik usulning asosi nimadan iborat? 6. Temperatura qanday kattalik? 7. Bosim qanday aniqlanadi? 8. Solishtirma hajm qanday aniqlanadi? 9. Termodinamik muvozanat holat deb qanday holatga aytiladi? 10. Termodinamik jarayon deb nimaga aytiladi? 11. Qaytar jarayon deb qanday jarayonga aytiladi? 12. Qaytmas jarayon deb qanday jarayonga aytiladi? 13. Real jarayonlar qanday jarayonlar? 14. Termodinamik sistemaning ichki energiyasi. 15. Sistemaning ichki energiyasi qachon nolga teng bo‘ladi? 16. Sistema parametrlarining o‘zgarishi ichki energiyaning o‘zgarishiga olib keladimi? 17. Molekulaning erkinlik darajasi deb nimaga aytiladi? 18. Bir, ikki, uch atomli gazlarning erkinlik darajalari nechta? 19. Ilgarilanma harakat erkinlik darajasiga qanday energiya to‘g‘ri keladi? 20. Energiyaning erkinlik darajalari bo‘yicha Bolsman taqsimoti. 21. Ideal gaz molekulalarining o‘zaro ta’sir potensial energiyasi nimaga teng? 22. Bir mol ideal gazning ichki energiyasi nimaga teng? 23. Istalgan miqdordagi ideal gazning ichki energiyasi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

42- §. Ichki energiyaning o‘zgarishi

M a z m u n i : gaz hajmining o‘zgarishida bajarilgan ish; issiqlik almashuvi.

Ichki energiyani o‘zgartirishning usullari juda ko‘p. Shulardan ba’zilari bilan tanishamiz.

Gaz hajmining o‘zgarishida bajarilgan ish. Gaz hajmining o‘zgarishida tashqi kuchlarga qarshi bajargan ishi bilan tanishaylik. Silindr shaklidagi idishda porshen ostida gaz turgan bo‘lsin (60- rasm).

Gaz kengayib, porshen cheksiz kichik Δl ga surilsin. Hajmning kengayishini juda kichik hisoblab, bosim o‘zgarmay qoladi ($p = \text{const}$) deb olamiz. Endi gazning kengayishda bajargan ishini hisoblaylik:

$$A = F \cdot \Delta l = p \cdot s \cdot \Delta l = p \cdot \Delta V, \qquad (42.1)$$

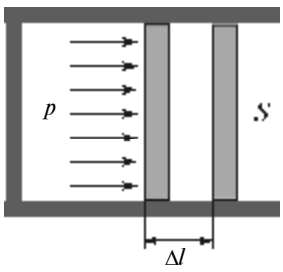
bu yerda $F = p \cdot S$ va $S \cdot \Delta l = \Delta V$ gaz kengayganda hajmining o‘zgarishi ekanligi e’tiborga olingan.

Bajarilgan ishni grafik ravishda tasvirlaymiz. U 61- rasmda shtrixlangan yuza bilan ko‘rsatilgan. Gazning tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishi natijasida uning ichki energiyasi kamayadi, ya’ni hajm ortib, molekulalar orasidagi o‘rtacha masofa ham ortadi, bu esa ular orasidagi o‘zaro ta’sir energiyasining kamayishiga olib keladi.

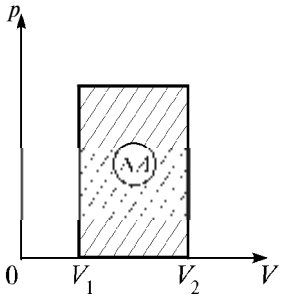
Gaz kengayganda uning ichki energiyasi kamayadi, ichki energiya tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishga, ya’ni porshenni siljitishga sarflanadi.

Gaz siqilganda esa tashqi kuchlarning gaz ustida bajargan ishi hisobiga ichki energiyasi ortadi.

Issiqlik almashinuvi. Ikkita turli temperaturali jismlarni bir-biriga tekkizaylik. Ma’lum vaqt o‘tgandan keyin ular temperaturalarining tenglashuvi ro‘y beradi. Issig‘ining temperaturasi pasayadi, sovug‘iniki



60- rasm.



61- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

esa ko‘tariladi. Bir jism molekulalarining betartib harakat kinetik energiyasi ikkinchi jism molekulalarining betartib harakat kinetik energiyasiga o‘tadi.

Mexanik ish bajarmasdan ichki energiyaning uzatilish jarayoni *issiqlik almashinuvi* deyiladi. *Issiqlik miqdori* deb, issiqlik almashinuvi jarayonida jismlar oladigan yoki beradigan energiyaga aytiladi.

Issiqlik va ish energiyaning ko‘rinishi emas, balki uning uzatish shaklidir. Ular energiyaning uzatilish jarayonidagina mavjud bo‘ladi.

Jismga issiqlik berilganda uning ichki energiyasi ortadi, ya’ni molekulalarining betartib harakat energiyasi ortadi.

SI da issiqlik miqdorining birligi sifatida ish va energiyaniki kabi Joul (J) ishlatiladi.

SI kiritilguncha issiqlik miqdorining birligi sifatida kaloriya ishlatilgan. 1 g distillangan suvni 1 °C ga, aniqrog‘i 19,5 °C dan 20,5 °C gacha isitish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdori 1 kaloriya deyiladi: 1 kal = 4,19 J.

Sinov savollari

1. Ichki energiyani o‘zgartirishning qanday usullarini bilasiz? 2. Gaz hajmining o‘zgarishida bajarilgan ish nimaga teng? 3. Gaz kengayganda uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi? 4. Gaz siqilganda uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi? 5. Gaz siqilganda uning ichki energiyasining o‘zgarishi tashqi kuchlar bajargan ishga tengmi? 6. Issiqlik almashinuvi deb qanday jarayonga aytiladi? 7. Issiqlik va ish qachon mavjud bo‘ladi? 8. SI da issiqlik miqdorining birligi nima? 9. Issiqlik miqdorining sistemadan tashqari qanday birligini bilasiz va u qanday aniqlangan?

43- §. Issiqlik sig‘imi. Solishtirma issiqlik sig‘imi. Issiqlik balansi tenglamasi

M a z m u n i : issiqlik sig‘imi; solishtirma issiqlik sig‘imi; SI da issiqlik sig‘imining birliklari; issiqlik balansi tenglamasi.

Issiqlik sig‘imi. Ikkita teng massali, turli xil moddalardan yasalgan ikkita jismni bir xilda qizdiraylik. Ma’lum vaqtdan keyin ularning temperaturalarini o‘lchab teng emasligini bilamiz. Bunga sabab turli moddalarning issiqlik sig‘dirish qobiliyatlarining turlicha ekanligidir. Moddalarni ana shunday qobiliyatlarini xarakterlash maqsadida issiqlik sig‘imi tushunchasi kiritiladi.

Jismning issiqlik sig‘imi deb uning temperaturasini 1 K ga o‘zgartirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga aytiladi:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$C = \frac{Q}{\Delta T}, \tag{43.1}$$

bu yerda: $\Delta T = T_2 - T_1$ — jismning keyingi va oldingi temperaturalarining farqi, Q — issiqlik miqdori.

Jism 1 K ga soviganda isigandagiga teng issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Bir xil moddadan yasalgan turli massali jismlarning issiqlik sig‘imlari ham turlicha bo‘ladi. Chunki issiqlik sig‘imi massaga proporsional. Ba’zan turli xil moddalardan yasalgan jismlarning issiqlik sig‘imlarini solishtirish zarurati paydo bo‘ladi. Buning uchun esa teng massali jismlarning issiqlik sig‘imlarini bilish kerak.

Solishtirma issiqlik sig‘imi. Solishtirma issiqlik sig‘imi deb 1 kg massali moddaning temperaturasini 1 K ga o‘zgartirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdoriga aytiladi:

$$c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \tag{43.2}$$

(43.2) ifodadan

$$C = mc. \tag{43.3}$$

Issiqlik sig‘imi solishtirma issiqlik sig‘imining modda massasiga ko‘paytmasiga teng. Agar moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi ma’lum bo‘lsa, uning temperaturasini $\Delta T = T_2 - T_1$ ga o‘zgartirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdorini aniqlash mumkin. (43.2) dan olamiz:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = c \cdot m\,(T_2 - T_1). \tag{43.4}$$

Turli moddalarning solishtirma issiqlik sig‘imlarini o‘lchash va solishtirish uchun kalorimetr deyiluvchi asbobdan foydalaniladi. Kalorimetrda jismlar orasidagi issiqlik almashuvi tashqi muhitdan ajratilgan holda ro‘y beradi.

SI da issiqlik sig‘imining birliklari. Issiqlik sig‘imining SI dagi birligi.

$$[C] = \frac{[Q]}{[T]} = \frac{1\text{J}}{1\text{K}} = 1\frac{\text{J}}{\text{K}}.$$

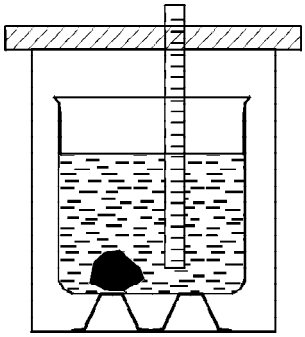
Solishtirma issiqlik sig‘imining SI dagi birligi

$$[c] = \frac{[Q]}{[m][T]} = \frac{1\text{J}}{1\text{kg} \cdot \text{K}} = 1\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}.$$

Issiqlik balansi tenglamasi. Noma’lum jismning solishtirma issiqlik sig‘imini topish usulini ko‘raylik. Buning uchun qizdirilgan jism ichida suv bo‘lgan kalorimetrga solinadi. Oddiy kalorimetr qopqoqlik metall

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

stakanchadan iborat bo‘lib, u hajmi kattaroq idishga, idish devorlari orasida bo‘shliq qoladigan qilib joylashtiriladi (62- rasm). Natijada qizigan jismning issiqlik miqdori suvga va kalorimetrga uzatiladi. Jarayon jismning, suvning va kalorimetrning temperaturalari tenglashguncha davom etadi. Jismning T_j, suvning T_s, kalorimetrning T_k boshlang‘ich temperaturalari, c_s suvning, c_k kalorimetrning solishtirma issiqlik sig‘imlari,



62- rasm.

m_j jismning, m_s suvning, m_k kalorimetrning massalarini bilgan holda va aralashmaning temperaturasi T ni termometrdan aniqlab, jismning solishtirma issiqlik sig‘imi c_j ni aniqlash mumkin.

Jism bergan issiqlik miqdori Q_j suv olgan issiqlik Q_s va kalorimetr olgan issiqlik miqdori Q_k larning yig‘indisiga teng bo‘lishi kerak, ya’ni

$$Q_j = Q_s + Q_k. \tag{43.5}$$

Bu tenglama issiqlik balansi tenglamasi deyiladi.

O‘z navbatida, (43.4) ga asosan

$$Q_j = c_j \cdot m_j (T_j - T), \tag{43.6}$$

$$Q_s = c_s \cdot m_s (T - T_s), \tag{43.7}$$

$$Q_k = c_k \cdot m_k (T - T_k). \tag{43.8}$$

(43.6), (43.7),(43.8) ifodalarni (43.5) ga qo‘yamiz:

$$c_j m_j (T_j - T) = c_s \cdot m_s (T - T_s) + c_k \cdot m_k (T - T_k)$$

va bundan c_j ni topamiz:

$$c_j = \frac{c_s \cdot m_s (T - T_s) + c_k \cdot m_k (T - T_k)}{m_j (T_j - T)}. \tag{43.9}$$

Bu ifoda noma’lum jismning solishtirma issiqlik sig‘imini aniqlashga imkon beradi.

Sinov savollari

1. Issiqlik sig‘imi tushunchasi nima maqsadda kiritilgan? 2. Jismning issiqlik sig‘imi deb nimaga aytiladi? 3. Jism soviganda, isigandagiga teng miqdorda issiqlik ajralib chiqadimi? 4. Solishtirma issiqlik sig‘imi tushunchasi nima maqsadda kiritilgan? 5. Solishtirma issiqlik sig‘imi deb nimaga aytiladi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

6. Issiqlik va solishtirma issiqlik sig‘imlari orasida qanday bog‘lanish mavjud? 7. Issiqlik miqdori qanday aniqlanadi? 8. Kalorimetr qanday asbob va undan qanday maqsadda foydalaniladi? 9. Issiqlik sig‘imining SI dagi birligi. 10. Solishtirma issiqlik sig‘imining SI dagi birligi. 11. Issiqlik balansi tenglamasi. 12. Noma’lum jismning solishtirma issiqlik sig‘imini aniqlash formulasi.

44- §. Termodinamikaning birinchi qonuni va uning tatbiqlari

M a z m u n i : termodinamikaning birinchi qonuni; izoxorik jarayon; izobarik jarayon; izotermik jarayon; adiabatik jarayon.

42- § da sistema ichki energiyasining o‘zgarishi ikki xil: 1) mexanik ish bajarish; 2) issiqlik miqdori uzatish usullari bilan amalga oshirilishi mumkinligi haqida bayon qilingan edi. Endi bu kattaliklar orasidagi munosabatni topishga harakat qilamiz.

Termodinamikaning birinchi qonuni. Buning uchun qizdirilayotgan choynak misolini ko‘raylik. Choynak olayotgan issiqlik miqdori Q ichidagi suvning qizishiga, ya’ni suvning ichki energiyasi ortishiga ΔU va suv bug‘lari choynak qopqog‘ini ko‘targanda tashqi kuchlarga qarshi (qopqoqning og‘irlik kuchi) bajariladigan A ishga sarflanadi. Bu jarayon uchun energiyaning saqlanish va aylanish qonuni:

$$Q = \Delta U + A \qquad (44.1)$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi. Bu termodinamikaning birinchi qonunining matematik ko‘rinishidir.

Termodinamik sistemaga beriladigan issiqlik miqdori uning ichki energiyasini orttirishga va tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishga sarflanadi.

Agar sistemaga issiqlik miqdori berilayotgan bo‘lsa, Q musbat, agar sistemadan issiqlik miqdori olinayotgan bo‘lsa, Q manfiy ishora bilan olinadi. Shuningdek, agar sistema tashqi kuchlarga qarshi ish bajarayotgan bo‘lsa, A ish musbat, tashqi kuchlar sistema ustida ish bajarayotgan bo‘lsa, A ish manfiy bo‘ladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni birinchi tur abadiy dvigatel (lotincha «perpetuum mobile») yasash mumkin emasligini ko‘rsatadi. Birinchi tur «perpetuum mobile»ga asosan teng miqdorda energiya sarflamasdan ish bajara oladigan mashina qurish haqida fikr yuritiladi. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni bo‘lgan termodinamikaning birinchi qonunida esa tabiatda ro‘y beradigan barcha jarayonlarda energiya o‘z-o‘zidan paydo ham bo‘lmaydi, yo‘qolmaydi ham , faqat bir ko‘rinishdan boshqasiga aylanishi mumkin, deb qayd etiladi.

Endi termodinamika birinchi qonunining ba’zi jarayonlarga tatbiqini ko‘raylik.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Izoxorik jarayon. Ideal gazning hajmi o‘zgarmay ($V = \text{const}$), uning bosimi va temperaturasi o‘zgaradi. Agar gazning hajmi o‘zgarmasa, tashqi kuchlarga qarshi ish bajarilmaydi, ya’ni $A = 0$. Unda termodinamikaning birinchi qonuni

$$Q = \Delta U \tag{44.2}$$

ko‘rinishni oladi. Demak, ideal gazga berilayotgan issiqlik miqdori uning ichki energiyasini o‘zgartirishga, boshqacha aytganda temperaturaning ko‘tarilishiga sarflanadi.

(48.4) ifodaga asosan

$$\Delta U = c \cdot m \cdot \Delta T \tag{44.3}$$

ni olamiz.

Izobarik jarayon. Ideal gazning bosimi o‘zgarmas ($p = \text{const}$), uning hajmi va temperaturasi o‘zgaradi. Bunda gazga berilgan issiqlik miqdorining bir qismi uning ichki energiyasini orttirishga, bir qismi esa tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishga sarflanadi.

$$Q = \Delta U + A. \tag{44.4}$$

42- § da izobarik jarayonda gaz bajargan ish

$$A = p \cdot \Delta V$$

ekanligini ko‘rgan edik.

Izotermik jarayon. Ideal gazning temperaturasi o‘zgarmas ($T = \text{const}$), uning hajmi va bosimi o‘zgaradi. Agar gazning temperaturasi o‘zgarmasa, demak, uning ichki energiyasi ham o‘zgarmaydi: $\Delta U = 0$. Bunday jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

$$Q = A \tag{44.5}$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi.

Adiabatik jarayon. Atrof-muhit bilan issiqlik miqdori almashmasdan ro‘y beradigan jarayonga *adiabatik jarayon* deyiladi.

Adiabatik jarayonga tez ro‘y beradigan jarayonlar misol bo‘ladi. Misol uchun gaz tez siqilganda bajarilgan ish uning temperaturasining, ya’ni ichki energiyasining ortishiga olib keladi. Temperatura ortishi natijasida atrofga issiqlik miqdori tarqalishi uchun esa ma’lum vaqt kerak. Shuning uchun ham $Q = 0$. Ichki yonish dvigatelida yonilg‘i aralashmasining yonishi adiabatik jarayonga yaxshi misol bo‘ladi.

Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\Delta U + A = 0$$

yoki

$$A = -\Delta U, \tag{44.6}$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ya’ni adiabatik jarayonda ish faqatgina ichki energiyaning o‘zgarishi hisobiga bajariladi.



Sinov savollari

1. Termodinamikaning birinchi qonuni. 2. Agar jismga issiqlik miqdori berilayotgan bo‘lsa, Q qanday ishora bilan olinadi? Olinayotgan bo‘lsa-chi? 3. Agar jism tashqi kuchlarga qarshi ish bajarayotgan bo‘lsa, A qanday ishora bilan olinadi? Tashqi kuchlar jism ustida ish bajarganda-chi? 4. Birinchi tur „perpetuum mobile“ni yasash mumkinmi? 5. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni. 6. Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni. 7. Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni. 8. Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni. 9. Adiabatik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi? 10. Adiabatik jarayonlar real jarayonlarmi? Unga misol keltiring. 11. Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni. 12. Adiabatik jarayonda ish nimaning hisobida bajariladi?



45- §. Termodinamikaning ikkinchi qonuni

M a z m u n i : termodinamikaning ikkinchi qonuni; ikkinchi tur „perpetuum mobile“.

Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish va aylanish qonunini ifodalasa-da, termodinamik jarayonning ro‘y berish yo‘nalishini ko‘rsata olmaydi. Misol uchun birinchi qonun, issiqlik miqdorining issiq jismdan sovuq jismga o‘tish imkoniyati qanday bo‘lsa, sovuq jismdan issiq jismga o‘tish imkoniyati ham shunday deb ko‘rsatadi. Aslida esa tabiatda qanday jarayonlar ro‘y berishi mumkin degan savol tug‘iladi? Bunga termodinamikaning ikkinchi qonuni javob beradi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Bu qonunning bir nechta shakllari mavjud bo‘lib, ularning eng soddasi Klauzius ta’rifini keltiramiz.

Issiqlik miqdori o‘z-o‘zidan past temperaturali jismdan yuqori temperaturali jismga o‘tmaydi.

Amalda cheksiz katta bo‘lgan okean suvlaridagi issiqlik miqdori o‘z-o‘zidan temperaturasi suvnikidan pastroq bo‘lgan jismgagina o‘tishi mumkin. Issiqlik miqdorini temperaturasi past jismdan temperaturasi yuqori jismga o‘tkazish uchun qo‘shimcha ish bajarish kerak. Shu bilan birga, issiqlik miqdori ishga to‘la aylanmay, uning bir qismi atrof-muhitni qizdirishga sarflanadi. Shu nuqtayi nazardan ikkinchi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

qonunning quyidagi Plank ta'rifi ham e'tiborga molik: **tabiatda issiqlik miqdori to'laligicha ishga aylanadigan jarayon bo'lishi mumkin emas.**

Issiqlik ishga aylanishi uchun isitkich va sovitgich bo'lishi darkor. Barcha issiqlik mashinalarida isitkichdan sovitgichga beriladigan energiyaning bir qismigina foydali ishga aylanadi. Unda issiqlik mashinalarining unumdorligi qanday kattaliklarga bog'liq va uni oshirish uchun nima qilmoq kerak degan savol tug'iladi. Bu savolga ikkinchi qonunning Karno ta'rifi javob beradi: **ideal issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti issiqlik beruvchi va issiqlik oluvchilarning temperaturalari bilangina aniqlanadi.**

Termodinamika qonunlari amalda qanday mashinalar yasash mumkinligi va ularning unumdorligini orttirish uchun nimalarga e'tibor berish zarurligi haqida yo'llanma beradi.

Ikkinchi tur „perpetuum mobile". Ikkinchi tur „perpetuum mobile" okean suvlaridagi ulkan miqdordagi energiyadan ish bajarmasdan foydalanish mumkin degan g'oyaga asoslangan. Termodinamikaning ikkinchi qonuni esa *issiqlik miqdori faqat issiq jismdan sovuq jismga o'z-o'zidan o'tishi mumkin, teskarisi uchun esa qo'shimcha ish bajarish zarur* deb ta'kidlaydi. Bu esa ikkinchi tur „perpetuum mobile"ni yasash mumkin emasligini ko'rsatadi.

Agar ikkinchi tur „perpetuum mobile"ni yasash mumkin bo'lganda edi insoniyat juda ulkan energiya manbayiga ega bo'lardi. Okeanlarda mavjud 10^{21} kg suvning temperaturasini 1 °C ga pasaytirishga erishilsa, bu 10^{24} J issiqlik miqdori ajratib olishga imkon beradi. Shuncha energiya beruvchi ko'mirni temir yo'l sostaviga yuklasak, uning uzunligi 10^{10} km ni tashkil etadi. Bu esa qariyb Quyosh sistemasining kattaligiga tengdir.



Sinov savollari

1. Termodinamika birinchi qonunining ahamiyati nimada? 2. Termodinamikaning birinchi qonuni jarayonning ro'y berish yo'nalishini ko'rsata oladimi? 3.Termodinamikaning ikkinchi qonuni. 4. Termodinamika ikkinchi qonunining ahamiyati nimada? 5. Issiqlik miqdori temperaturasi past jismdan temperaturasi yuqori jismga o'tadimi? 6. Tabiatda issiqlik miqdori to'laligicha ishga aylanadigan jarayon bo'lishi mumkinmi? 7. Issiqlik ishga aylanishi uchun qanday shartlar bajarilishi mumkin? 8. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti nimalarga bog'liq? 9. Ikkinchi tur „perpetuum mobile"ning g'oyasi nimadan iborat? 10. Ikkinchi tur „perpetuum mobile"ni yasash mumkinmi? 11. Okean suvlarining temperaturasini bir gradusga pasaytirishga erishilsa, qancha issiqlik miqdori ajratib olish mumkin? 12. Bu energiya qancha ko'mir yonishida ajraladigan energiyaga teng?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

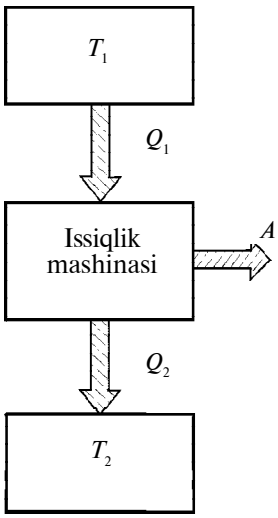
46- §. Issiqlik mashinasining ish prinsipi. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti. Karno sikli

M a z m u n i : issiqlik mashinasi; issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti; Karno sikli; sovitkichlar.

Issiqlik dvigatellari tarixidan. XVIII asrning ikkinchi yarmida sanoatning rivojlanishi insoniyatni mehnat unumdorligini orttiruvchi qurilmalarni ixtiro qilishga undadi. Birinchi bug‘ dvigatelining loyihasi, Rossiyada 1765- yilda I . P o l z u n o v tomonidan yaratildi. Ingliz ixtirochisi J . U a t t 1784- yilda bug‘ dvigatelini ixtiro qildi. Lekin bu qurilmalar unumdorligining juda pastligi fransuz injeneri S a d i K a r n o n i issiqlik mashinalarini takomillashtirish yo‘llarini izlashga da’vat etdi.

Issiqlik mashinasi. Issiqlik mashinasi deb yoqilg‘ining ichki energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan qurilmaga aytiladi.

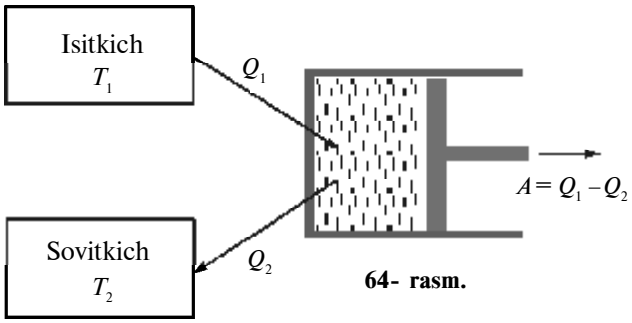
Issiqlik mashinasining ish prinsipi 63- rasmda ko‘rsatilgan. Bir siklda T_1 temperaturali isitkichdan Q issiqlik miqdori olinib, T_2 temperaturali sovitgichga Q_2 issiqlik miqdori qaytariladi va $A = Q_1 - Q_2$ miqdordagi ish bajariladi. 64- rasmda issiqlik mashinasining tuzilishi ko‘rsatilgan. Har qanday dvigatel uchta qismdan iborat: ishchi modda (gaz yoki bug‘), isitkich va sovitgich. Isitkichdan Q_1 issiqlik miqdori olgan ishchi modda kengayib ish bajaradi. Yoqilg‘ining yonishi natijasida isitkichning temperaturasi T_1 o‘zgarmas bo‘lib qoladi.



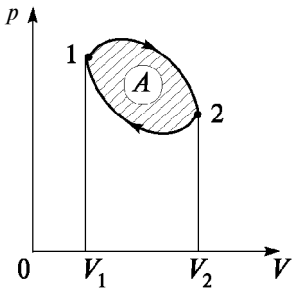
63- rasm.

Siqilishda ishchi modda Q_1 issiqlik miqdorini $T_2 < T_1$ temperaturali sovitgichga uzatadi. Issiqlik dvigateli siklik ravishda ishlashi kerak. Aylanma jarayon yoki sikl deb sistema bir qancha holatlardan o‘tib, dastlabki holatiga qaytadigan jarayonga aytiladi (65- rasm). Soat strelkasi aylanishi bo‘ylab ro‘y beradigan jarayon (gaz oldin kengayib, keyin siqiladi) to‘g‘ri sikl, soat strelkasi aylanishiga teskari yo‘nalishda (gaz oldin siqilib, keyin kengayadi) ro‘y beradigan jarayon esa teskari sikl deyiladi. Issiqlik mashinalari to‘g‘ri sikl, sovitgichlar esa teskari sikl asosida ishlaydi. Sikl tugaganda ishchi modda o‘zining dastlabki holatiga qaytadi, ya’ni uning ichki energiyasi boshlang‘ich qiymatiga ega bo‘ladi.

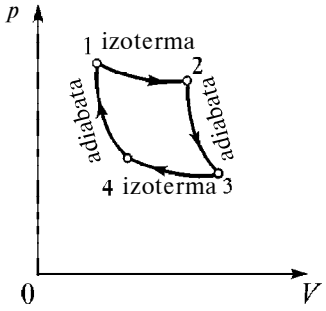
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



64- rasm.



65- rasm.



66- rasm.

Karno sikli. Karno sikli ikkita izotermik va ikkita adiabatik jarayonlardan tashkil topgan (66- rasm). *1 — 2* jarayonda ideal gaz isitkichdan olingan issiqlik miqdori (Q_1) hisobiga izotermik kengayib, ish bajaradi. T = const bo‘lganidan gazning ichki energiyasi o‘zgarmaydi. *2 — 3* jarayonda gaz adiabatik kengayib, ichki energiyasi hisobiga ish bajaradi. Chunki bu jarayonda gaz issiqlik miqdori olmaydi. *3 — 4* izotermik siqilishda ajraladigan barcha Q_2 issiqlik miqdori sovitgichga uzatilib, ichki energiya o‘zgarmaydi. *4 — 1* adiabatik siqilishda bajarilgan ish gaz ichki energiyasining ortishiga sarflanadi. Shunday qilib, ideal gaz o‘zining dastlabki holatiga qaytadi va ichki energiyasini to‘la tiklaydi. Sikl davomida ideal gaz isitkichdan Q_1 issiqlik miqdorini oladi va sovitgichga Q_2 issiqlik miqdori beradi. Termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq, $Q_1 - Q_2$ issiqlik miqdori ish bajarishga sarflanadi va sikl o‘rab turgan yuzaga teng.

Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti. Issiqlik mashinasining yoki Karno siklining foydali ish koeffitsiyenti (FIK) deb quyidagi kattalikka aytiladi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \qquad (46.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Shuningdek, Karno siklining FIK ni isitkichning T_1 va sovitgichning T_2 temperaturalari orqali ham ifodalash mumkin:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \qquad (46.2)$$

Demak, issiqlik mashinasining FIK ishchi moddaning turiga bog‘liq bo‘lmay, balki isitkichning va sovitgichning temperaturalari bilangina aniqlanadi.

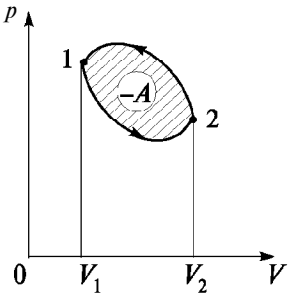
(46.1) ifodadan yana quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1) issiqlik mashinasining FIK ni ko‘tarish uchun isitkichning temperaturasini oshirish, sovitgichning temperaturasini esa pasaytirish kerak;

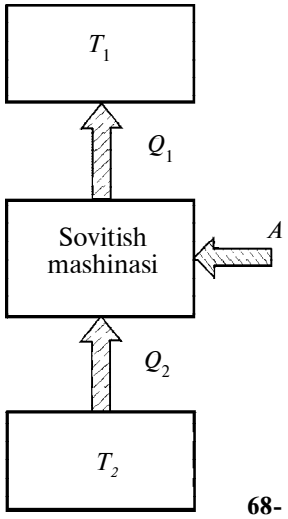
2) issiqlik mashinasining FIK doimo birdan kichik bo‘ladi.

Bugungi kunda muhandislarning barcha harakatlari issiqlik mashinalarining FIK ni orttirishga qaratilgan. Buning uchun esa mashina qismlari orasidagi ishqalanishni, yoqilg‘i to‘la yonmasligi natijasidagi yo‘qotishlarni kamaytirish yo‘llarini izlamoq darkor. Hozirgi paytda issiqlik mashinalarining FIK 40% ni tashkil qiladi.

Sovitkichlar. Yuqorida qayd etilganidek, sovitkichlar teskari sikl prinsipida ishlaydi (67- rasm). Ish bajarish hisobiga sistemadan ma’lum miqdordagi issiqlik miqdori olinadi. Boshqacha aytganda, issiqlik miqdori sovuqroq jismdan issiqroq jismga o‘tkaziladi va mashina sovitgichga aylanadi (68- rasm). Eng keng tarqalgan sovitish mashinasi, bu xo‘jalik muzlatkichidir.



67- rasm.



68- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Issiqlik mashinasi deb qanday qurilmaga aytiladi? 2. Issiqlik mashinasining ish prinsipi. 3. Issiqlik mashinasining tuzilishi. 4. Sikl deb nimaga aytiladi? 5. To‘g‘ri sikl deb qanday siklga aytiladi? Teskari sikl deb-chi? 6. Qanday mashinalar to‘g‘ri siklda ishlaydi? Teskari siklda-chi? 7. Karno sikli deb nimaga aytiladi? 8. Karno siklida bajarilgan ish nimaga teng? 9. Karno siklida ish nima hisobiga bajariladi? 10. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti (FIK). 11. Karno sikli FIK ning temperaturalar orqali ifodasi. 12. FIK ishchi moddaning turiga bog‘liqmi? 13. FIK isitkich va sovitkichlarning temperaturalariga bog‘liqmi? 14. Issiqlik mashinasining FIK ni ko‘tarish uchun nima qilish kerak? 15. Issiqlik mashinasining FIK qanday qiymatlarni qabul qiladi? 16. Issiqlik mashinasi FIK ning kichik bo‘lishiga sabab nima? 17. Sovitkich qanday prinsipda ishlaydi? 18. Sovitishga qanday erishiladi?

47- §. Issiqlik dvigatellari. Tabiatni muhofaza qilish

M a z m u n i: issiqlik dvigatellari; bug‘ mashinasi; ichki yonish dvigateli; karburatorli dvigatel; dizel; reaktiv dvigatel; tabiatni muhofaza qilish.

Issiqlik dvigatellari. Issiqlik dvigatellariga bug‘ mashinasi, bug‘ turbinasi, ichki yonish dvigateli, reaktiv dvigatellar kiradi.

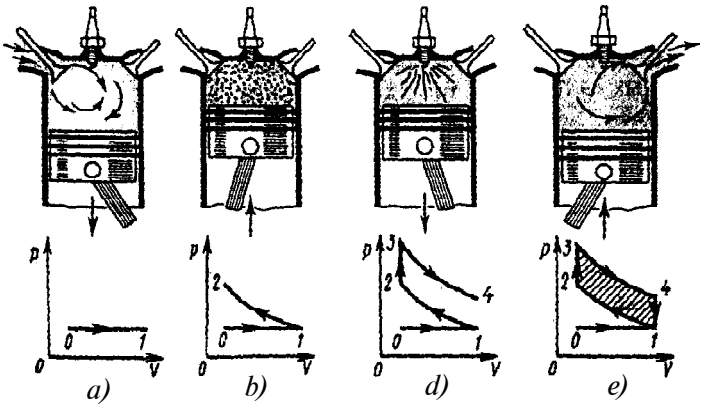
Bug‘ mashinasi. Bug‘ mashinalari va bug‘ turbinalarida isitkich vazifasini bug‘ qozoni, ishchi modda vazifasini bug‘, sovitgich vazifasini esa atmosfera yoki ishlatilgan bug‘ni sovitish qurilmasi — kondensator bajaradi.

Ichki yonish dvigateli. Ichki yonish dvigatelida isitkich va ishchi modda vazifasini yonilg‘i, sovitgich vazifasini esa atmosfera o‘taydi.

Odatda, yonilg‘i sifatida benzin, spirt, kerosin va dizel yoqilg‘isi ishlatiladi. Maxsus qurilma (masalan, benzinli dvigatellarda karburator) yordamida yonilg‘i va havo aralashma ko‘rinishida tayyorlanib, silindrga uzatiladi. Silindrda esa aralashma yonadi. Yonish mahsulotlari esa atmosferaga chiqarib tashlanadi. Endi ba’zi turdagi dvigatellarga batafsil to‘xtalamiz.

Karburatorli dvigatel. To‘rt taktli karburatorli dvigatelning ish prinsipi va ishchi diagrammasini ko‘raylik (69- rasm). Tashqi kuchlar ta’sirida porshen pastga qarab harakatlanganda (69- *a* rasm), kiritish klapani ochilib, ishchi aralashma silindrga, tushadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



69- rasm.

Jarayon atmosfera bosimi ostida izobarik ravishda ro‘y beradi. Porshen eng quyi holatga yetganida kiritish klapani yopilib, birinchi takt (surish takti) tugaydi: grafikda jarayon *0 — 1* to‘g‘ri chiziq bilan ko‘rsatilgan. Ikkinchi (qisish) takti ham (69- *b* rasm) tashqi kuch ta’sirida ro‘y beradi.

Har ikkala klapan ham yopiq va gaz adiabatik ravishda qiziydi. Bu grafikda *1 — 2* chiziqqa to‘g‘ri keladi. Uchinchi takt ish jarayonida chaqnab yonish (69- *d* rasm). Porshen eng yuqori holatga yetganida o‘t oldiruvchi svecha uchquni aralashmani yoqadi va gazning bosimi keskin ortadi. Grafikda bu *2 — 3* izoxorik jarayonga mos keladi. Klapan yopiq turib, porshen pastga qarab harakatlanadi, ya’ni adiabatik ravishda kengayadi. *3 — 4* chiziq ishchi yurish deyiluvchi taktga to‘g‘ri keladi (69- *d* rasm). Ko‘rinib turibdiki, bu taktda gazning bosimi pasayadi, hajmi ortadi, temperaturasi pasayadi. Bu holda bajarilgan ish musbat bo‘lib, u gaz ichki energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi. To‘rtinchi takt chiqarib tashlash (69- *e* rasm). Porshen eng pastga yetganida chiqarish klapani ochilib, yonish mahsulotlari chiqarish moslamasi orqali atrof-muhitga chiqarib tashlanadi. Gazning bosimi pasayadi va takt oxirida atmosfera bosimiga teng bo‘lib qoladi. Grafikda bu izoxorik jarayon *4 — 1* chiziq bilan ko‘rsatilgan. Porshen maxovik energiyasi hisobiga yuqori holatiga qaytadi va takt tugaydi.

Ko‘rilgan yopiq jarayonda — bajarilgan ish jarayonlar chiziqlari bilan ajratilgan, shtrixlangan shaklning yuzasiga teng bo‘ladi. Grafikni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, *3 — 4* qismdagi kengayish *1 — 2* qismdagi qisilishga nisbatan kattaroq bosimda ro‘y beradi. Aynan shuning natijasida dvigatel foydali ish bajaradi. *3 — 2* va *4 — 1* izoxorik jarayonlarda (V = const) ish nolga teng va yuqorida qayd etilganidek,

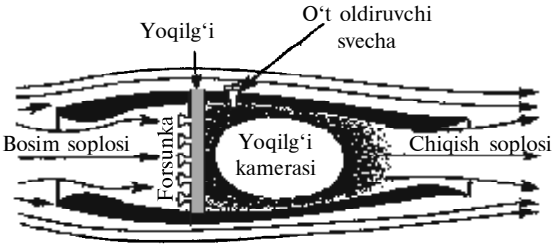
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

foydali ish adiabatik kengayish va siqilishlarning farqlari bilan aniqlanadi.

Amalda ichki yonish dvigatellarining FIK 20 — 30% ni tashkil etadi. Ularning FIK ni orttirish uchun esa aralashmani ko‘proq siqish kerak. Lekin ichki yonish dvigatellarida yonilg‘i aralashmasini qattiq siqish mumkin emas, chunki siqilgan yonilg‘i qizib, o‘z-o‘zidan yonib ketishi mumkin. Bu esa dvigatelning ish prinsipini buzadi.

Dizel. Olmon muhandisi D i z e l yuqoridagi qiyinchiliklardan xoli va FIK ancha yuqori bo‘lgan dvigatelni yaratdi. Dizellarda siqish darajasi ancha yuqori bo‘lib, uning oxirida havoning temperaturasi, yoqilg‘i o‘z-o‘zidan o‘t olishi uchun yetarli darajada baland bo‘ladi. Yoqilg‘i esa karburatorli dvigatellarnikidek birdaniga emas, balki asta-sekin, porshen harakatining biror qismi davomida yonadi. Yoqilg‘ining yonish jarayoni ishchi bo‘shliqning hajmi ortib borishi davomida ro‘y beradi. Shuning uchun ham gazlarning bosimi ish davomida o‘zgarmay qoladi. Shunday qilib, dizelda aralashmaning yonish jarayoni o‘zgarmas bosimda ro‘y beradi. Karburatorli dvigatellarda esa bu jarayon o‘zgarmas hajmda ro‘y berar edi. Dizel, karburatorli dvigatelga qaraganda tejamkorroq bo‘lib, FIK ham ancha yuqori, qariyb 40% ni tashkil qiladi. Uning quvvati ham ancha katta bo‘lishi mumkin. Shu bilan birga, ancha arzon yoqilg‘ida ham ishlayveradi. Dizellar statsionar qurilmalarda, temir yo‘l, havo va suv transportlarida keng qo‘llaniladi. Hozirgi paytda kichik quvvatli dizellar avtomashina va traktorlarda ham ko‘p ishlatilmoqda.

Reaktiv dvigatel. 70- rasmda reaktiv dvigatelning sxemasi keltirilgan. Uning ish prinsipi quyidagicha. Samolyot uchganda qarshidan kelayotgan havo oqimi bosim hosil qiladigan soplo orqali o‘tib, forsunka sochayotgan yoqilg‘ini qo‘shib oladi. Hosil bo‘lgan ishchi yoqilg‘i so‘ngra yonish kamerasiga tushadi va o‘t oldiruvchi svecha yordamida yonadi. Ishchi aralashmaning yonishi natijasida hosil bo‘lgan gazlar katta tezlik bilan chiqarish tirqishi — soplo orqali chiqarib



70- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

tashlanadi. Aralashmaning yonishi bosimning keskin ortishiga olib keladi va natijada soplodan chiqadigan gazning tezligi dvigatelga kirayotgan gazning tezligidan juda katta bo‘ladi. Aynan shu tezliklar farqi natijasida harakat miqdorining saqlanish qonuniga muvofiq, reaktiv tortish kuchi vujudga keladi.

Hozirgi issiqlik mashinalarining FIK 40% dan (ichki yonish dvigatellari) 60% gacha (reaktiv dvigatellar) bo‘lishi mumkin. Shuning uchun ham olimlar mavjud dvigatellarni takomillashtirish yo‘lida tinimsiz izlanishlar olib borishmoqda. Shu bilan birga, ichki yonish dvigatellarining tinimsiz ko‘payib borayotganligi tabiatga va atrof-muhitga katta xavf tug‘dirmoqda. Ekologik toza dvigatellarni yaratish bugungi kunning eng dolzarb muammolaridan biridir.

Tabiatni muhofaza qilish. Tabiatning oliy mahsuli bo‘lmish inson, qolaversa boshqa jonzotlar ham shu tabiatning bir qismidir. Ular yashashi va rivojlanishi uchun esa zarur ne’matlar — toza havo, toza suv va toza mahsulotlar kerak. Biz nafas oladigan havo Yer atmosferasini tashkil qiluvchi gazlarning aralashmasidir. Uning tarkibida kislorod, azot, vodorod va boshqa tabiiy gazlardan tashqari chang, tutun, tuz zarralari va boshqa aralashmalar mavjud. Bundan tashqari, havo tarkibida sanoat chiqindilari ham bo‘ladi.

Issiqlik dvigatellarining ko‘p miqdorda ishlatilishi ham atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Hisob-kitoblarga qaraganda, hozirgi paytda har yili 2 milliard tonna ko‘mir va 1 milliard tonna neft yoqiladi. Bu esa Yerdagi temperaturaning ko‘tarilishiga va natijada muzliklarning erib, okeanlardagi suv sathining ko‘tarilishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, atmosferaga 120 million tonna kul va 60 million tonnagacha zaharli gaz chiqarib tashlanadi.

Dunyodagi 200 milliondan ortiq avtomobil har kuni atmosferani uglerod (II) oksid, azot va uglevodorodlar bilan zaharlaydi. Issiqlik va atom elektr stansiyalari quvvatlarining ortishi bilan suvga bo‘lgan ehtiyoj ham ortib boradi. Shuning uchun hozir havo va suv havzalarining ifloslanishidan saqlanishning bevosita va bilvosita usullaridan foydalaniladi. Bevosita usul — bu turli tutunlar va gazlarni tozalab chiqarish; atmosferani kam ifloslantiradigan yoqilg‘ilar — tabiiy gaz, oltingugurtsiz neft va boshqalardan foydalanish; benzinsiz yuradigan avtomobil dvigatellarini yaratish va hokazolar.

Bilvosita usullar atmosferaning pastki qatlamidagi zaharli moddalar konsentratsiyasining keskin kamayishiga olib keladi. Bular chiqindi chiquvchi manbalarning balandligini orttirish, meteorologik sharoitlarini hisobga olib aralashmalarni havoga sochib yuborishning turli usullaridan foydalanish va hokazolar.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Yer maydoni va suv zaxiralaridan oqilona foydalanish maqsadida esa suv ta'minotining yopiq sikli asosida ishlovchi elektrostansiyalar majmuasini qurish nazarda tutiladi.

Hozirgi paytda havoga kul, chang, qorakuya, zaharli gazlar chiqaradigan issiqlik elektr stansiyalari va boshqa korxonalarni tozalash qurilmalarisiz ishga tushirish taqiqlangan. Tabiatga ziyon keltiradigan korxonalar, odatda, shahar tashqarisida qurilmog'i kerak. Ko'kalamzorlashtirish ishlarining ko'lamini esa iloji boricha kengaytirish maqsadga muvofiqdir.



Sinov savollari

1. Issiqlik dvigatellariga nimalar kiradi? 2. Bug' mashinasi. 3. Ichki yonish dvigateli. 4. Ichki yonish dvigatelining ish prinsipi. 5. Karburatorli dvigatelning ish prinsipi. 6. Karburatorli dvigatelning ishchi diagrammasini tushuntiring. 7. Karburatorli dvigatel nimaning hisobiga foydali ish bajaradi? 8. Ichki yonish dvigatelining FIK qancha? 9. Ichki yonish dvigateli FIK ni oshirishning nima qiyinchiligi bor? 10. Dizelning ish prinsipi. 11. Dizelning ish prinsipi karburatorli dvigatelnikidan nimasi bilan farq qiladi? 12. Dizelning FIK qancha? 13. Dizelda FIK ning yuqoriroq bo'lishiga qanday erishiladi? 14. Dizelning qanday afzallik tomonlari bor? 15. Reaktiv dvigatelning ish prinsipi. 16. Reaktiv tortish kuchi qanday vujudga keltiriladi? 17. Reaktiv dvigatellarning FIK qancha? 18. Ichki yonish dvigatellari tabiatni ifloslamaydimi? 19. Turli sanoat chiqindilari inson, hayvonot va o'simlik dunyosiga zarar keltirmaydimi? 20. Yoqilg'ilarning ko'p ishlatilishi Yerdagi o'rtacha temperaturaning ko'tarilishiga olib kelmaydimi? 21. Tabiatni muhofaza qilish uchun qanday chora-tadbirlar ko'rilmoqda? 22. Sanoat korxonalarining qurilishiga qanday talablar qo'yilgan?



Masala yechish namunalari

1 - m a s a l a . 5 kg massali azot hajmi o'zgarmasdan 150 K gacha qizdirildi. Gazga berilgan issiqlik miqdori, ichki energiyaning o'zgarishi, gaz bajargan ish topilsin.

Berilgan:

$m = 5$ kg;
$\Delta T = 150$ K;
$V = \text{const}$;
$i = 5$.

$Q = ?$
$\Delta U = ?$
$A = ?$

Yechish. Gazning tashqi kuchlarga qarshi bajargan ishi $A = p \cdot \Delta V$.

Agar $V = \text{const}$ ekanligini nazarda tutsak, $\Delta V = 0$, demak, $A = 0$ bo'ladi. Unda ushbu jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

$$Q = \Delta U$$

ko'rinishni oladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ichki energiyaning o‘zgarishi ΔU ni

$$\Delta U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} R \cdot \Delta T$$

formuladan topish mumkinligini e’tiborga olamiz. Bu yerda $i = 5$ — azot molekulasining erkinlik darajasi, $M = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ azotning molyar massasi, $R = 8{,}31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$ gaz molyar doimiysi. Berilganlar yordamida topamiz:

$$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot \frac{5}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot 8{,}31 \cdot 150\text{J} = 556{,}5\ \text{kJ}.$$

J a v o b : $A = 0$, $\Delta U = 556{,}5$ kJ; $Q = 556{,}5$ kJ.

2 - m a s a l a . Foydali ish koeffitsiyenti 0,4 ga teng bo‘lgan Karno siklida gazning izotermik ravishda kengayishda bajarilgan ish 8 J bo‘lsa, gazning izotermik ravishda siqilishidagi ish aniqlansin.

Berilgan:
$\eta = 0{,}4$;
$A_k = 8$ J;
$T = \text{const}$.

$A_s = ?$

Yechish. Siklning pV — diagrammasini tuzamiz (66- rasm). *1 — 2* o‘tish gazning izotermik kengayishini; *3 — 4* o‘tish esa izotermik siqilishini ko‘rsatadi. Karno siklining FIK quyidagicha aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

bu yerda: Q_1 — gaz isitkichdan olgan issiqlik miqdori, Q_2 — gaz sovitkichga bergan issiqlik miqdori. Izotermik kengayishda bajarilgan A_k ish gaz isitkichdan olgan Q_1 issiqlik miqdoriga, izotermik siqilishdagi A_s ish esa gaz sovitkichga bergan Q_2 issiqlik miqdoriga teng bo‘ladi, ya’ni

$$Q_1 = A_k; \quad Q_2 = A_s.$$

Unda siklning FIK quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\eta = \frac{A_k - A_s}{A_k}$$

yoki bundan A_c ni topsak,

$$A_s = (1 - \eta) A_k.$$

Berilganlar yordamida olamiz:

$$A_s = (1 - 0{,}4) \cdot 8\text{J} = 4{,}8\text{J}.$$

J a v o b : $A_j = 4{,}8$ J.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Temperaturasi 20 °C ga ortganda 200 g geliyning ichki energiyasi qanchaga o‘zgaradi? ($\Delta U = 12{,}5$ kJ.)
2. 320 g kislorodni 10 K ga izobarik qizdirilganda qancha ish bajariladi? ($A = 830$ J.)
3. 15 °C temperaturali 1,5 kg suv bo‘lgan idishga 100 °C temperaturali 200 g suv bug‘i kiritildi. Bug‘ kondensatsiyalangandan keyin umumiy temperatura qanday bo‘ladi? ($t = 89$ °C.)
4. Ideal issiqlik mashinasi qizdirgichining temperaturasi 117 °C, sovitgichiniki 27 °C. Mashinaning 1 s da qizdirgichdan olayotgan issiqlik miqdori 60 kJ ga teng. Mashinaning FIK ini, 1 s da sovitgichga berilayotgan issiqlik miqdorini va mashinaning quvvatini hisoblang. ($\eta = 23\%$; $Q_s = 46$ kJ; $R = 14$ kW.)

Test savollari

1. Berilgan formulalar orasidan gazning bajargan ishi ifodasini toping:

A. $A = p\Delta V$. B. $A = F \cdot \Delta l$. C. $A = F \cdot \Delta h$.
D. $A = Q \cdot U$. E. $A = Q \cdot \varphi$.

2. Izoxorik jarayonda ideal gazga 300 J issiqlik uzatilgan. Gazning ichki energiyasi qanchagacha o‘zgargan?

A. 150 J ga ortgan. B. 300 J ga ortgan.
C. 200 J ga ortgan. D. 200 J ga kamaydi.
E. O‘zgarmagan.

3. To‘g‘ri tasdiqni toping: 1 kg moddaning temperaturasini 1 °C ga o‘zgartirishda unga beriladigan yoki undan olinadigan issiqlik miqdori... deyiladi.

A. ... solishtirma erish issiqligi ...
B. ... solishtirma qotish issiqligi ...
C. ... solishtirma issiqlik sig‘imi ...
D. ... issiqlik miqdori ...
E. ... solishtirma yonish issiqligi ...

4. 27 °C da bir atomli 20 mol gazning ichki energiyasi qanday?

A. 74,8 kJ. B. 748 J. C. 075 J.
D. 4,3 J. E. To‘g‘ri javob yo‘q.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Asosiy xulosalar

Termodinamik sistema deb, o‘zaro va tashqi jismlar bilan ta’sirlashadigan va energiya almashadigan makroskopik jismlar majmuasiga aytiladi.

Termodinamik sistemaning ichki energiyasi deb, molekulalarining o‘zaro ta’sir energiyalari va ularning issiqlik harakat energiyalarining yig‘indisiga aytiladi.

Ideal gazning ichki energiyasi:

$$U_m = \nu \frac{i}{2} RT.$$

Issiqlik sig‘imi $C = \frac{Q}{\Delta T}$. Uning SI dagi birligi $1\frac{J}{K}$.

Termodinamikaning birinchi qonuni: $Q = \Delta U + A.$

Termodinamikaning ikkinchi qonuni: *issiqlik miqdori o‘z-o‘zidan past temperaturali jismdan yuqori temperaturali jismga o‘tmaydi.*

Karno siklining foydali ish koeffitsiyenti.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



XI BOB. MODDALARNING AGREGAT HOLATLARI

38- § da qayd etganimizdek, moddalarning agregat holatlari molekulalarning o‘zaro ta’sir potensial energiyasining eng kichik qiymati $E_{p\,min}$ va issiqlik betartib harakati kinetik energiyasining o‘rtacha qiymati $<E_k>$lar orasidagi munosabatlar yordamida aniqlanadi:

1) agar $\langle E_k \rangle >> E_{p\,min}$ bo‘lsa, modda gaz holatida;
2) agar $\langle E_k \rangle << E_{p\,min}$ bo‘lsa, modda qattiq holatda;
3) agar $\langle E_k \rangle \approx E_{p\,min}$ bo‘lsa, modda suyuqlik holatida bo‘ladi.

Endi agregat holatlarning xossalariga va moddalarning bir agregat holatdan ikkinchisiga o‘tish jarayoniga batafsil to‘xtalamiz.



48- §. Real gaz. Real gazning holat tenglamasi

M a z m u n i : real gaz; molekulalarining xususiy hajmlari; molekulalarning o‘zaro ta’siri; real gazning holat tenglamasi.

Real gaz. Biz molekular fizika bo‘limida ideal gaz modelidan keng foydalandik. Chunki past bosim ostida qizdirilgan va siyraklashtirilgan real gazlarning xossalari ideal gaznikiga juda yaqin bo‘ladi. Ammo, bosim ortishi bilan molekulalar orasidagi o‘rtacha masofa kamayib boradi va natijada molekulalarning xususiy hajmlari va ular orasidagi o‘zaro ta’sirni hisobga olish zarurati tug‘iladi. Ya’ni tabiatda mavjud bo‘lgan gaz — real gaz bilan ish ko‘rishga to‘g‘ri keladi.

Molekulalarning xususiy hajmlari. Normal sharoitda 1 m^3 gazda $2{,}68 \cdot 10^{25}$ ta molekula mavjud bo‘lib, taxminan 10^{-4} m^3 hajmni egallaydi (molekulaning radiusi 10^{-10} m deb olingan.) Albatta, 1 m^3 hajmning o‘n mingdan bir qismini hisobga olmaslik mumkin. Lekin 500 MPa bosim ostida molekulalarning xususiy hajmi gaz egallagan hajmning yarmini tashkil etadi. Bunday holda gaz molekulalarining xususiy hajmlarini hisobga olmaslik mutlaqo mumkin emas. Shuning uchun ham ideal gaz uchun yozilgan Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi

$$pV_m = RT$$

da (bir mol gaz uchun) molekulalarning xususiy hajmlarini hisobga oluvchi tuzatish kiritish kerak.

Molekulalarning xususiy hajmlarini b harfi bilan belgilasak, u holda molekulalar harakat qilishi mumkin bo‘lgan erkin hajm

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$V_m - b \qquad (48.1)$$

ga teng bo‘ladi, bunda V_m — bir mol gazning hajmi.

Molekulalarning o‘zaro ta’siri. Gaz molekulalari orasidagi ta’sir kuchi gazda qo‘shimcha bosim vujudga kelishiga olib keladi. Bu bosim *ichki bosim* deyiladi. Gollandiyalik fizik I. Van-der- Vaalsning hisob-kitoblariga qaraganda, ichki bosim molyar hajmning kvadratiga teskari proporsional:

$$p' = \frac{a}{V_m^2}, \qquad (48.2)$$

bu yerda a — molekulalar orasidagi tortishish kuchlarini xarakterlovchi Van-der-Vaals doimiysi. Demak, real gazda bosim

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right) \qquad (48.3)$$

bo‘ladi, bu yerda p — ideal gazning bosimi.

Real gazning holat tenglamasi. Endi (48.1) va (48.3) ni hisobga olib (ya’ni Klapeyron — Mendeleyev tenglamasidagi bosim va hajmlar o‘rniga topilgan ifodalarni qo‘yib), holat tenglamasini yozamiz:

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right) \cdot (V_m - b) = RT. \qquad (48.4)$$

Bu tenglama bir mol gaz uchun Van-der-Vaals tenglamasi yoki real gazning holat tenglamasi deyiladi.

a va b har bir gaz uchun alohida qiymatlarni qabul qiladigan va tajribalar yordamida aniqlanadigan o‘zgarmaslar.

(48.4) tenglamani istalgan miqdordagi ν gazga moslashtirish uchun $V = \nu V_m$; $V_m = V/\nu$ ligini hisobga olamiz:

$$\left(p + \frac{\nu^2 a}{V^2}\right)\left(\frac{V}{\nu} - b\right) = RT \qquad (48.5)$$

yoki

$$\left(p + \frac{\nu^2 a}{V^2}\right)(V - \nu b) = \nu RT. \qquad (48.6)$$



Sinov savollari

1. Moddalarning agregat holatlari qanday aniqlanadi? 2. $\langle E_k \rangle >> E_{p\,min}$ qanday holat? 3. $\langle E_k \rangle << E_{p\,min}$ qanday holat? 4. $\langle E_k \rangle \approx E_{p\,min}$ qanday holat? 5. Real gaz qanday gaz va u ideal gazdan nimasi bilan farq qiladi? 6. Normal sharoitda molekulalarning xususiy hajmlarini hisobga

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

olish shartmi? 7. Qachon molekulalarning xususiy hajmlarini hisobga olish kerak? 8. Molekulalar harakat qiladigan xususiy hajm nimaga teng? 9. Real gazda ichki bosimni qanday kuchlar vujudga keltiradi? 10. Ichki bosim nimaga teng? 11. Real gazning umumiy bosimi nimaga teng? 12. Bir mol gaz uchun holat tenglamasi. 13. Istalgan miqdordagi gaz uchun holat tenglamasi. 14. Van-der-Vaals doimiylarining qiymatlari qanday aniqlanadi?



49- §. Bug‘lanish va kondensatsiya. To‘yingan bug‘. Van-der-Vaals izotermalari. Kritik holat

M a z m u n i : bug‘lanish; kondensatsiya; to‘yingan bug‘; Van-der-Vaals izotermalari; kritik holat; qizdirilgan bug‘ va undan texnikada foydalanish.

Bug‘lanish. Moddaning bug‘ (gaz) holatiga o‘tishiga bug‘lanish deyiladi. Nafaqat suyuqliklar, balki qattiq jismlar ham bug‘lanadi. Qattiq jismlarning bug‘lanishi *sublimatsiya* yoki *vazgonka* deyiladi.

Suyuqlikning bug‘lanishini ko‘raylik. Bug‘lanish suyuqlik molekulalarining betartib harakatining natijasidir. Har qanday molekula suyuqlik sirtidan uzilib chiqishi uchun molekulalar orasidagi tortishish natijasida vujudga keladigan sirt qatlami qarshiligini yenga olishi kerak. Ya’ni molekulalarning kinetik energiyasi sirt qatlamidan uzilib chiqishi uchun yetarli bo‘lmog‘i darkor. Suyuqlik molekulasi sirt qatlamidan, suyuqlik molekulalari orasidagi tortishish kuchlarining ta’sir radiusidan kattaroq masofaga uzoqlashsa, bug‘ molekulasiga aylanadi. Suyuqlik molekulalarining tezliklari turlicha. Ularning orasida eng katta tezlikka ega bo‘lganlarigina (eng katta kinetik energiyaga ega bo‘lganlarigina) suyuqlik sirtidan chiqa oladi. Natijada suyuqlikda tezligi kichik molekulalar qolib, suyuqlikning temperaturasi pasayadi. Suyuqlikning temperaturasini o‘zgarmas qilib saqlash yoki bug‘lanish jarayonini tezlatish uchun esa qo‘shimcha issiqlik miqdori beriladi. Agar suyuqlik qizdirilsa, katta tezlikli molekulalarning soni ham ortadi va natijada suyuqlik sirtidan uzilib chiqadigan molekulalar soni ko‘payadi. Suyuqliklarning tabiatiga qarab molekulalari orasidagi tortishish kuchlari ham turlicha, demak, ulardagi chiqish ishi, ya’ni molekula suyuqlik sirtidan uzilib chiqishi uchun bajarishi kerak bo‘lgan ish yoki bir xil miqdordagi suyuqliklarni to‘la bug‘latish uchun zarur bo‘ladigan issiqlik miqdori ham turlichadir. Suyuqliklarning aynan shu xususiyatlarini xarakterlash maqsadida bug‘ hosil bo‘lish solishtirma issiqligi tushunchasi kiritiladi.

O‘zgarmas temperaturada 1 kg suyuqlikni bug‘ga aylantirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori bug‘ hosil bo‘lish solishtirma issiqligi deyiladi va *r* harfi bilan belgilanadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$r = \frac{Q}{m}, \qquad (49.1)$$

bu yerda Q — issiqlik miqdori, m — suyuqlik massasi.

SI da bug‘ hosil bo‘lish solishtirma issiqligining birligi J/kg.

$$[r] = \frac{[Q]}{[m]} = \frac{1\,\text{J}}{1\,\text{kg}} = 1\frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

Kondensatsiya. Sovish yoki siqilish natijasida bug‘ning suyuqlik yoki qattiq jism holatiga o‘tishiga kondensatsiya deyiladi.

Suyuqlikni bug‘latish uchun qancha issiqlik miqdori sarflangan bo‘lsa, kondensatsiyalanganda ham shuncha energiya ajralib chiqadi. Demak, bug‘lanishda moddaning ichki energiyasi ortsa (issiqlik miqdori olinadi), kondensatsiyada ichki energiyasi kamayadi (energiya ajraladi). Har ikkala jarayon ham modda va atrof-muhit o‘rtasida energiya almashinuvining natijasidir.

Kondensatsiya ikki xil usulda ro‘y berishi mumkin. Betartib harakat qilayotgan bug‘ molekulasi qaytadan suyuqlik molekulalarining ta’sir doirasiga tushib qolishi mumkin. Bunday molekulalarni suyuqlik o‘ziga singdirib oladi.

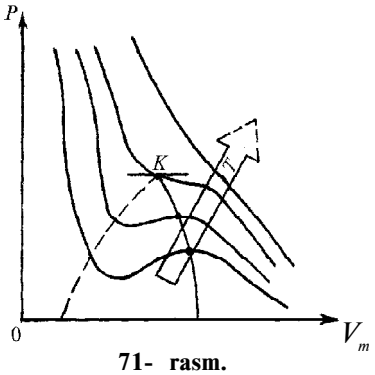
Sovish natijasida bug‘ molekulalarining energiyalari kamayadi va ular birikib, tomchilar hosil qilib, suyuqlikka qaytib tushadi. Yomg‘ir, qor, shudring va qirovlar suv bug‘larining tabiatda kondensatsiyalanishining natijasidir.

To‘yingan bug‘. Suyuqlik havosi so‘rib olingan yopiq idishga solingan bo‘lsin. Dastlab, suyuqlikdan bug‘lanayotgan molekulalarning soni ortib boradi . Bug‘ molekulalarining soni ortishi bilan kondensatsiyalanadigan molekulalar soni ham ko‘payadi. Ma’lum bir paytda bug‘lanayotgan va kondensatsiyalanayotgan molekulalar soni tenglashadi. Bunday holat bug‘ va suyuqlikning dinamik muvozanat holati deyiladi. **Suyuqlik bilan dinamik muvozanatda bo‘lgan bug‘ to‘yingan bug‘ deyiladi.** O‘zgarmas temperaturada suyuqlik ustidagi bug‘ molekulalarining soni ortib borishi bilan bug‘ bosimi ham ortib boradi. **Bug‘ to‘yinganda bosim ham o‘zining eng katta qiymatiga erishadi.**

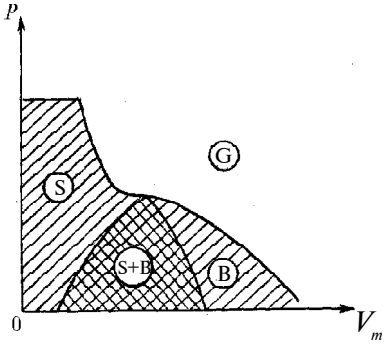
Endi o‘zgarmas temperaturada to‘yingan bug‘ bosimining hajmga bog‘liqligini o‘rganaylik. Jarayon izotermik bo‘lgani uchun (T = const) real gaz, ya’ni Van-der-Vaals izotermalariga murojaat qilamiz.

Van-der-Vaals izotermalari. 71- rasmda bir mol gaz uchun Van-der-Vaals izotermalari keltirilgan. Izotermalardan birida faqat bitta egilish nuqtasi (k) mavjud. Bu izoterma *kritik izoterma* deyiladi. Kritik izotermaning burilish nuqtasi kritik nuqta, undagi temperatura T_k — kritik temperatura,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



71- rasm.



72- rasm.

bosim p_k — **kritik bosim**, **hajm** V_k — **kritik hajm deyiladi**. **(p_k, V_k, T_k) parametrli holat esa kritik holat deyiladi**. Kritik temperaturadan yuqori temperaturadagi ($T > T_k$) izoterma ideal gaz izotermasiga o‘xshaydi. Kritik temperaturadan past temperaturali izotermalar ($T < T_k$) esa to‘lqinsimon qismlarga ega. Agar barcha izotermalardagi to‘lqinlarning eng chekka nuqtalarini tutashtirib chiqsak, qo‘ng‘iroqqa o‘xshash chiziq hosil bo‘ladi (72- rasm). Bu chiziq va kritik izoterma — p, V_m diagrammani uch qismga bo‘ladi. Qo‘ng‘iroqsimon chiziq ostida ikki xil suyuqlik va to‘yingan bug‘ holati yotadi. Chap tomonda suyuq holat, o‘ng tomonda esa bug‘ holati yotadi. Bug‘ning gaz holatidan farqi shundaki, u siqilganda suyuqlikka aylanadi. Kritik temperaturadan yuqori temperaturadagi gaz esa hech qanday bosimda ham suyuqlikka aylanmaydi.

Demak, kritik temperatura gaz suyuqlikka aylanishi mumkin bo‘lgan eng yuqori temperaturadir.

Kritik holat. Kritik holatda modda o‘zini qanday tutadi, degan savol tug‘iladi. Temperatura ortishi bilan to‘yingan bug‘ning zichligi ortib boradi, suyuqlikning zichligi esa kengayishi natijasida kamayib boradi. Temperatura ko‘tarilgan sari bu zichliklarning qiymatlari bir-biriga yaqinlashadi va ma’lum bir temperaturada tenglashadi. Boshqacha aytganda, suyuqlik va bug‘ orasidagi farq yo‘qoladi. **Suyuqlikning bunday holati kritik holat, temperaturaga esa kritik temperatura deyiladi.** Yuqorida aytilganidek, kritik holat kritik parametrlar p_k, V_k, T_k bilan xarakterlanadi. Har bir suyuqlik uchun kritik temperaturaning qiymatlari turlicha bo‘ladi. Masalan, geliy uchun $T_k = 5$ K, suv uchun $T_k = 647$ K.

Qizdirilgan bug‘ va undan texnikada foydalanish. Bir xil bosimda o‘zining to‘yinish temperaturasidan yuqori temperaturaga ega bo‘lgan bug‘ga qizdirilgan bug‘ deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Qizdirilgan bug‘ issiqlik dvigatellari, turbinalarida ishchi modda bo‘lib xizmat qiladi.

Ma’lumki, yonilg‘ining ichki energiyasidan unumli foydalanishning samarali usullaridan biri uni bug‘ning energiyasiga aylantirishdir. Bug‘ kengayib ish bajaradi va soviydi. Uning ichki energiyasi harakatlanayotgan porshenning yoki aylanayotgan turbinaning mexanik energiyasiga aylanadi. Qozonda hosil qilingan qizdirilgan (quruq) bug‘ turbinalarga yuboriladi. Qizdirilgan bug‘ning temperaturasi shu qadar yuqoriki, bunday turbinalarning FIK 45% dan yuqori bo‘ladi.

Turbinada ish bajargandan keyin ham bug‘ yuqori temperaturaga va katta energiya zaxirasiga ega bo‘ladi va isitish sistemalarida foydalaniladi.

Suv bug‘ining energiyasidan issiqlik elektrostansiyalarining bug‘ turbinalarida, issiqlik mashinalarida va oziq-ovqat sanoatida keng foydalaniladi.



Sinov savollari

1. Bug‘lanish deb nimaga aytiladi? 2. Qattiq jismlarning bug‘lanishiga nima deyiladi? 3. Qachon molekula suyuqlikni tark etishi mumkin? 4. Qachon suyuqlik molekulasi bug‘ molekulasiga aylanadi? 5. Bug‘lanish natijasida suyuqlikning temperaturasi o‘zgaradimi? 6. Bug‘lanishda suyuqlik temperaturasining o‘zgarishiga sabab nima? 7. Bug‘lanishda temperaturaning o‘zgarishiga uchta misol keltiring. 8. Qizdirilgan suyuqlikda bug‘lanish jarayonining tezlashishini qanday tushuntirasiz? 9. Turli suyuqliklar uchun molekula suyuqlik sirtidan uzilib chiqishi uchun bajarishi kerak bo‘lgan ish tengmi? 10. Nima maqsadda bug‘ hosil bo‘lish solishtirma issiqligi tushunchasi kiritilgan? 11. Bug‘ hosil bo‘lish solishtirma issiqligi deb nimaga aytiladi? Uning SI dagi birligi. 12. Kondensatsiya deb nimaga aytiladi? 13. Kondensatsiyada energiya ajraladimi yoki yutiladimi? 14. Kondensatsiyada sistemaning ichki energiyasi ortadimi yoki kamayadimi? 15. Kondensatsiyaning ro‘y berish usullari. 16. Yomg‘ir, qor, shudring va qirov qanday hosil bo‘ladi? 17. Qanday bug‘ to‘yingan bug‘ deyiladi? 18. To‘yingan bug‘ bosimi qanday bo‘ladi? 19. Van-der-Vaals izotermalari ideal gaz izotermalaridan nimasi bilan farq qiladi? 20. Kritik izoterma deb qanday izotermaga aytiladi? 21. Burilish nuqtasi va undagi parametrlar qanday nomlanadi? 22. Qo‘ng‘iroqsimon chiziq p, V_{m} diagrammani nechta va qanday qismlarga ajratadi? 23. Gaz suyuqlikka aylanishi mumkin bo‘lgan eng yuqori temperatura qanday temperatura? 24. Kritik holat deb qanday holatga aytiladi? 25. Kritik parametrlarning qiymatlari turli suyuqliklar uchun ham bir xilmi? 26. Qizdirilgan bug‘

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

deb qanday bug‘ga aytiladi? 27. Bug‘ turbinalarining FIK nimaga teng? 28. Turbinada ish bajargan bug‘dan foydalaniladimi?



50- §. Gazlarni suyultirish

M a z m u n i : gazlarni suyultirish; suyultirilgan gazning texnikada ishlatilishi.

Gazlarni suyultirish. Gazning suyuqlik holatiga o‘tishiga *gazning suyulishi* deyiladi. Xlor, karbonat angidrid, ammiak kabi gazlar oson suyultirilgan bo‘lsa-da, kislorod, azot, vodorod, geliy kabi gazlarni suyultirish yo‘lida qilingan urinishlar uzoq vaqtlargacha muvaffaqiyatsizlikka uchrab keldi. Kislorod va azot gazlari umuman suyuq holatda bo‘la olmaydi degan fikrlar ham paydo bo‘ldi. Ammo bu urinishlarning muvaffaqiyatsizlikka uchraganligining sababini birinchi bo‘lib D. I. M e n d e l e y e v tushuntirib berdi. **Gazning temperaturasi kritik temperaturadan past, bosimi esa kritik bosimdan yuqori bo‘lsagina uni suyultirish mumkin.** Boshqacha aytganda, gazni suyultirishdan oldin uning temperaturasini kritik temperaturagacha pasaytirish kerak. Gazlarni suyultirish uchun ularning temperaturasini pasaytirish ikki xil usulda amalga oshirilishi mumkin: 1) agar gazning temperaturasi inversiya va kritik temperaturadan past bo‘lsa, unda kengayishda molekulalar orasidagi tortishish kuchlariga qarshi ish bajarish natijasida gazning temperaturasi pasayadi; 2) adiabatik kengayishda tashqi kuchlarga qarshi ish bajarish natijasida, gazning temperaturasi pasayadi.

Kritik temperatura ancha yuqori bo‘lgan gazlarni suyultirish uchun oldin gaz qisdiriladi, so‘ngra esa sovitiladi. Shu yo‘l bilan suyuq xlor (T_{kr} = 415,15 K) , ammiak (T_{kr} = 405,55 K) olinadi.

Suyuq kislorod (T_{kr} = 154,45K), azot (T_{kr} = 126,05 K), vodorod (T_{kr} = 33,25 K) va geliy (T_{kr} = 5,25 K) ni olish uchun esa detander deb nomlanuvchi maxsus qurilmadan foydalaniladi. Detanderda gazning temperaturasini pasaytirishning yuqorida keltirilgan har ikkala usuli ham qo‘llaniladi. Reaktiv tipdagi eng takomil turbodetander akademik P. L. K a p i t s a tomonidan yaratilgan. Bu qurilmada siqilgan gaz turbinani aylantiradi va bir vaqtning o‘zida kengayadi, ya’ni ham tashqi kuchlarga qarshi, ham molekulalararo tortishish kuchlariga qarshi ish bajaradi. Bunda gaz kuchli soviydi va kondensatsiyalanadi.

Suyultirilgan gazning texnikada ishlatilishi. Suyuq havoning olinishi texnika taraqqiyoti uchun muhim ahamiyatga ega. Uning tarkibida kislorodning ko‘pligi yonish jarayoniga katta yordam beradi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Suyuq havo shimdirilgan ko‘mir kukunining portlash kuchi dinamitnikidan qolishmaydi. Suyuq havo stratosferaga uchadigan samolyotlarning yonilg‘i aralashmasini boyitish, domna pechlaridagi jarayonlarni tezlatish va hokazolarga ishlatiladi.

Suyultirilgan gazlar temperaturasida turli moddalar qattiq holatga o‘tishi mumkin. Masalan, simobga suyuq havo quyib qattiq simob olish mumkin. Suyultirilgan havo spirtli idishga solinsa, qattiq spirt hosil bo‘ladi.

Gazlarning suyulish temperaturasida juda ko‘p moddalarning xossalari keskin o‘zgaradi. Misol uchun, simob va rux bolg‘alanuvchi, plastik metall — qo‘rg‘oshin esa xuddi po‘latdek elastik bo‘lib qoladi.

Suyulgan gazlar juda tez bug‘lanadi. Ularni saqlash uchun Dyuar maxsus idish yasadi. U oralaridagi havosi so‘rib olingan ikkita ichma-ich joylashgan shisha idishdan iborat bo‘lib, idish ichidagi moddaning tashqi muhit bilan issiqlik almashinuvi mumkin qadar kamaytirilgan. Tushayotgan nur qizdirmasligi uchun idish devorlari oynadan qilinadi. Dyuar idishi kundalik hayotimizda mahsulotni qaynoq saqlash uchun foydalaniladigan termosning o‘zginasidir.

Sinov savollari

1. Gazlarning suyulishi deb nimaga aytiladi? 2. Gazni qachon suyultirish mumkin? 3. Gazlarning temperaturasini pasaytirishning qanday usullari mavjud? 4. Kritik temperatura yuqori bo‘lgan gazlar qanday sovitiladi? 5. Detander nima maqsadda ishlatiladi? 6. Reaktiv turbodetanderni kim kashf qilgan? 7. Reaktiv turbodetanderning ish prinsipi. 8. Suyuq havo qayerlarda ishlatiladi? 9. Qattiq simob, qattiq spirt qanday hosil qilinadi? 10. Gazlarning suyulish temperaturasida moddalarning xossalari qanday o‘zgaradi? 11. Dyuar idishidan nima maqsadda foydalaniladi? 12. Dyuar idishi qanday tuzilgan?

51- §. Havoning namligi. Shudring nuqtasi

M a z m u n i: namlik, absolut va nisbiy namliklar, shudring nuqtasi; gigrometr, psixrometr.

Namlik. Yer kurrasidagi barcha suv havzalarining sirtidan suvning tinimsiz bug‘lanishi ro‘y berib turadi. Shuning uchun ham atmosfera tarkibida suv bug‘lari ham mavjud. Atmosferadagi suv bug‘larining miqdorini xarakterlash uchun *namlik* tushunchasi kiritiladi.

Absolut va nisbiy namliklar. *Absolut namlik* deb — 1 m^3 havo tarkibida mavjud bo‘lgan suv bug‘larining miqdori bilan xarakterlanuvchi kattalikka aytiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Amalda absolut namlikdan tashqari havoning bug‘ bilan to‘yinish darajasini bilish ham muhim ahamiyatga ega bo‘ladi. Shu maqsadda nisbiy namlik tushunchasi kiritiladi. *Nisbiy namlik* deb, absolut namlik D ning shu temperaturada $1m^3$ havoni to‘yintirish uchun zarur bo‘ladigan suv bug‘larining miqdori D_0 ga foizlarda ifodalangan nisbati bilan aniqlanuvchi kattalikka aytiladi:

$$f = \frac{D}{D_0} \cdot 100\%.$$

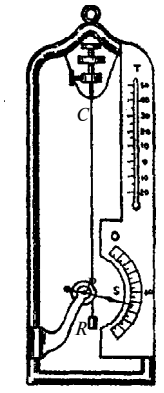
Agar havoning tarkibida suv bug‘lari bo‘lmasa, uning absolut va nisbiy namliklari nolga teng bo‘ladi.

Shudring nuqtasi. Havodagi suv bug‘lari to‘yingan holatda bo‘ladigan temperatura *shudring nuqtasi* deyiladi.

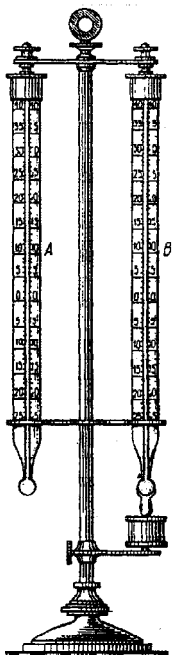
Turli temperaturalar uchun D_0 ning qiymati jadvalda beriladi. Shunday qilib, shudring nuqtasi va havoning temperaturasi ma’lum bo‘lsa, jadvalda ularga mos bo‘lgan D va D_0 ning qiymatlarini olib, nisbiy namlik f ni hisoblash mumkin.

Gigrometr. Havoning namligini aniqlash uchun ishlatiladigan asbob *gigrometr* deyiladi. Eng oddiy gigrometrning ish prinsipi havoning namligi ortishi bilan inson sochining uzayishiga asoslangan. Soch gigrometrining tuzilishi 73- rasmda ko‘rsatilgan. C soch tolasining yuqori uchi mahkamlanib, yengil blok orqali aylantirib o‘tkazilgan ikkinchi uchiga R yuk osilgan. Blokka berkitilgan S ko‘rsatkich soch uzunligining o‘zgarishini bildiradi. Asbobni oldindan mos oraliqlarga bo‘lib chiqib, nisbiy namlikni bevosita aniqlash mumkin.

Psixrometr. Havoning namligini aniqroq hisoblash uchun p s i x r o m e t r deyiluvchi asbobdan foydalaniladi (74- rasm). U ikkita



73- rasm.



74- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

termometrdan iborat bo‘lib, ulardan birining simobli shari suvli idishga tushirilgan doka bilan o‘ralgan. Doka kapillarlaridan ko‘tarilgan suv termometr simobli sharini ho‘llaydi. Agar havo suv bug‘lari bilan to‘yinmagan bo‘lsa, dokadagi suv bug‘lanib, termometrni sovitadi. Natijada ho‘llangan termometrning ko‘rsatishi quruq termometrning ko‘rsatishidan pastroq bo‘ladi.

Havo qancha quruq bo‘lsa, ho‘l va quruq termometrlar ko‘rsatkichlari orasidagi farq ham shuncha katta bo‘ladi. Shu farqqa asosan psixrometr jadvalidan havoning nisbiy namligi aniqlanadi. Agar havo suv bug‘lari bilan to‘yingan bo‘lsa, unda dokadagi suv bug‘lanmaydi. Termometrlarning ko‘rsatkichlari bir xil bo‘lib, nisbiy namlik 100 % ekanligini ko‘rsatadi. Bunday hol yomg‘ir yog‘ayotgan va tuman tushgan paytda bo‘lishi mumkin.

Sinov savollari

1. Namlik tushunchasi nima maqsadda kiritiladi? 2. Absolut namlik deb nimaga aytiladi? 3. Nisbiy namlik deb nimaga aytiladi? 4. Shudring nuqtasi deb qanday temperaturaga aytiladi? 5. Gigrometr nima maqsadda ishlatiladi? 6. Soch gigrometrining tuzilishi? 7. Soch gigrometrining ish prinsipi nimaga asoslangan? 8. Psixrometrdan nima maqsadda foydalaniladi? 9. Psixrometr qanday tuzilgan? 10. Psixrometrning ish prinsipi. 11. Qachon ho‘l termometrning ko‘rsatishi quruq termometrnikidan pastroq bo‘ladi? 12. Qachon termometrlar ko‘rsatishlari orasidagi farq kattaroq bo‘ladi? 13. Psixrometr jadvali nimani ko‘rsatadi? 14. Termometrlarning ko‘rsatishlari bir xil bo‘lsa, nisbiy namlik qanday bo‘ladi? 15. Tuman tushganda nisbiy namlik nimaga teng bo‘ladi?

52- §. Atmosfera va gidrosfera. Sayyoralarning atmosferasi

M a z m u n i : atmosfera; troposfera; stratosfera; mezosfera; termosfera; ekzosfera; Venera atmosferasi; boshqa sayyoralar atmosferasi; gidrosfera; jahon okeanining hayot uchun ahamiyati.

Atmosfera. Yerning havo qobig‘iga atmosfera deyilib, u yunoncha „atmos“ — bug‘, „sfera“ — shar so‘zlari birikmasidan iborat. Atmosfera Yer bilan birgalikda bir butundek aylanadi. Uning massasi $5{,}15 \cdot 10^8$ kg atrofida. Yer sirtidagi atmosfera tarkibining 78,1 % ini azot, 21 % ini kislorod, 0,9 % ini argon tashkil qiladi. Juda kam miqdorda karbonat angidrid, vodorod, geliy, neon va boshqa xil gazlar

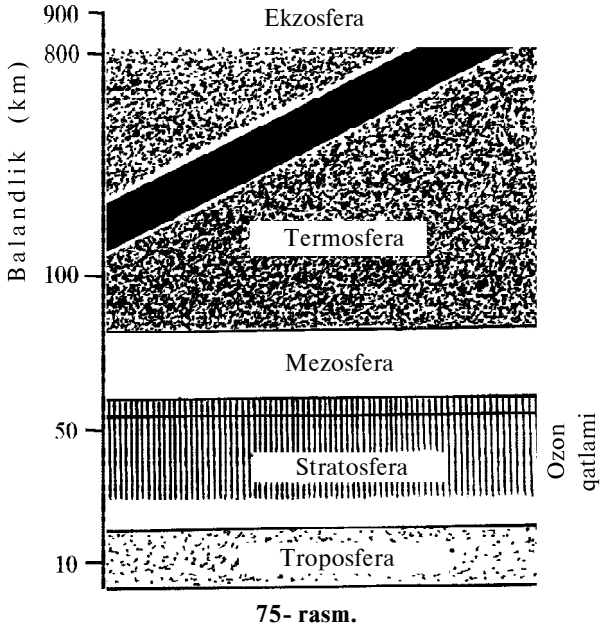
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

mavjud. 20 — 25 km balandlikda yerdagi jonli organizmlarni qisqa to‘lqinli kosmik nurlarning zararli ta’siridan asrovchi ozon qatlami joylashgan.

Atmosferaning quyi qatlamlarida suv bug‘lari ham mavjud. 100 km dan yuqorida atmosferaning tarkibi balandlikka qarab o‘zgara boshlaydi. Atmosferaning yuqori qismini asosan geliy va vodorod tashkil qiladi. Balandlikka ko‘tarilgan sari atmosferaning zichligi va bosimi kamaya boradi. Atmosferaning mavjudligi issiqlik balansida muhim rol o‘ynaydi. Uning tarkibidagi suv bug‘lari va karbonat angidrid issiqlik nurlarini yutib, Yerni sovishdan saqlaydi. Boshqacha aytganda, atmosfera parnik (issiqxona) effektini vujudga keltirib, temperaturaning sutkalik va mavsumiy o‘zgarishini pasaytiradi. Agar atmosfera bo‘lmaganda edi Yerning quyosh nurlari tushadigan tomoni cho‘g‘dek qizib, tushmaydigan tomoni esa muzlab yotgan va Yerda hayot bo‘lmagan bo‘lar edi.

Atmosfera — troposfera, stratosfera, mezosfera, termosfera va ekzosferalarga bo‘linadi (75- rasm).

Troposfera. Atmosferaning asosiy massasini troposfera deyiluvchi, Yer atrofidagi havo qatlami tashkil qiladi. Uning balandligi qutb kengliklarida 10 km, ekvatorial kengliklarda esa 17 km ni tashkil qiladi.



75- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Yer ob-havosining o‘zgarishiga olib keluvchi barcha o‘zgarishlar troposferada ro‘y beradi. Bunda suvning bug‘lanishi va kondensatsiyasi muhim ahamiyat kasb etadi. Turli suv havzalarining sirtidan sutkasiga $7 \cdot 10^{12}$ m^3 suv bug‘lanib, shuncha suv yog‘ingarchilik ko‘rinishida qaytib tushadi. Shuning uchun ham atmosferadagi suv bug‘larining o‘rtacha miqdori qariyb o‘zgarmas holda saqlanadi.

Yer sirtida hosil bo‘lgan suv bug‘lari havo qatlamlarining issiqlik harakatiga ergashadi. 1,5 — 2 km balandlikka ko‘tarilgan bug‘lar to‘yingan holatga kelib kondensatsiyalanadi. Ko‘tarilayotgan havo qatlami tutib turgan tomchilardan bulutlar hosil bo‘ladi. Bulut tomchilarining o‘lchamlari 0,01 mm atrofida bo‘ladi. Bulutlarning zichlashuvi natijasida tomchilarning o‘lchamlari 1 — 5 mm gacha ortadi. Bunday tomchilarni bulutlar tutib tura olmaydi va natijada yozda yomg‘ir, qishda qor yog‘adi. Bug‘ning kondensatsiyalanishi va bulutlarning hosil bo‘lishi natijasida issiqlik miqdorining ajralishi ro‘y beradi. Shuning uchun ham bu jarayonlar quyi troposferaning energetik holatiga ma’lum ta’sir ko‘rsatadi. Lekin troposfera issiqlikni, asosan, Yer sirtidan oladi. Yuqoriga ko‘tarilgan sari, troposferaning temperaturasi har 100 metrga 1 K dan pasayib boradi. Troposferaning yuqori qatlamida temperaturaning pasayishi sekinlashib, 2 km ga yaqin qatlamda temperatura qariyb doimiy qoladi.

Stratosfera. Troposferadan yuqorida stratosfera joylashgan. Stratosferada temperatura ko‘tarilib boradi. U stratosferaning quyi chegarasida 200 — 210 K ni tashkil qilsa, yuqori chegarasida 280 K atrofida bo‘ladi. Stratosferaning balandligi 50 — 55 km gacha bo‘lib, bosimning o‘rtacha qiymati esa 1000 Pa ni tashkil qiladi.

Mezosfera. Stratosferadan yuqorida mezosfera joylashgan. U 80 km balandlikkacha davom etadi. Undagi temperatura yuqoriga ko‘tarilgan sari kamayib boradi va yuqori chegarasida 160 K atrofida bo‘ladi.

Termosfera. Atmosferaning keyingi qatlami bo‘lmish termosferada temperatura yanada ortib boradi. 600 km balandlikda temperatura 1700 *K*, kechasi 1200 K ni tashkil qiladi. Yerning sun’iy yo‘ldoshlari va kosmik kemalar aynan shu balandliklarda harakatlanishadi. Termosferadagi bosim juda past, 10 Pa atrofida, gaz konsentratsiyasi esa juda kichik bo‘lganligi uchun ham yuqori temperatura yo‘ldoshlar va kosmik kemalarning sirtlarini qattiq qizita olmaydi.

Ekzosfera. 800 km balandlikdan boshlab atmosferaning yuqori qatlami — ekzosfera joylashgan. Ekzosfera sayyoralararo bo‘shliqqa tutashib ketadi.

Venera atmosferasi. Venera (Zuhra) atmosferasining tarkibi Yernikidan keskin farq qiladi. Uning 97 % ini karbonat angidrid,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2 % ini azot, 1 % ini kislorod tashkil etadi. Venera atmosferasining bunday tarkibi va katta zichligi (sirtidagi bosim 100 atm gacha yetadi) parnik effektini kuchaytiradi. Garchi Venera atmosferasining asosiy qismini karbonat angidrid tashkil qilsa-da, Veneradagi va Yerdagi karbonat angidridning umumiy miqdori qariyb bir xil. Karbonat angidrid Yerda turli xil tog‘ jinslari tarkibida bo‘lsa, Venerada atmosfera tarkibiga kiradi.

Yerdan boshqa barcha sayyoralar atmosferalari tarkibida kislorod miqdorining kamligiga sabab, ularda o‘simlik dunyosi taraqqiy topmaganligidir.

Boshqa sayyoralar atmosferasi. Mars atmosferasining tarkibida karbonat angidrid va suv bug‘lari topilgan. Uning bosimi 1000 Pa dan oshmaydi. Merkuriy atmosferasida ham karbonat angidrid mavjud. Lekin Merkuriy sirtidagi temperatura 620 K gacha yetishini hisobga olsak, uning atmosferasi amalda yo‘qligiga ishonch hosil qilamiz.

Ulkan sayyoralar (Yupiter, Saturn, Uran, Neptun, Pluton) atmosferalarining asosiy qismini vodorod, ammiak, metan, geliy tashkil qiladi. Bunga sabab, gaz va chang bulutlaridan Quyosh sistemasining paydo bo‘lishida, vodorod va geliy chekkaga chiqib, og‘irroq elementlarning Quyoshga yaqinroq joyda qolganligidir.

Gidrosfera. Yerning suv qobig‘i gidrosfera deyilib, u atmosferadan farqli o‘laroq, Yer sirtini to‘la emas, balki 70,8 % inigina qoplaydi. Yerning suv qobig‘iga nafaqat okeanlar va dengizlarning suvlari, balki daryolar, ko‘llar, yerosti suvlari, muzliklar ham kiradi. Qit’alar va orollar gidrosferani okeanlar, dengizlar, ko‘rfazlar, bo‘g‘ozlarga ajratadi.

Yer sirtidagi suv miqdorining eng ko‘p to‘plangan joyi okeanlar bo‘lib, ular gidrosferaning 94% ini tashkil qiladi. Jahon okeanining hajmi $1{,}37 \cdot 10^{18}$ m^3 ga teng. Uning sirtidan har yili $4{,}5 \cdot 10^{14}$ m^3 suv bug‘lanib, qariyb shuncha suvni daryolar okeanlarga qaytaradi. Okeanlarning suvi to‘la bug‘lanishi uchun 3000 yil kerak bo‘ladi, ya’ni okean suvlari 3000 yilda bir marta yangilanadi. Xuddi shuningdek, daryolarning suvlari ham 10 — 12 sutkada bir marta yangilanib turadi. Yerdagi barcha suv massasi tinimsiz harakat va aylanishda bo‘ladi. Suv, okean va quruqlik sirtidan bug‘lanib, atmosfera tarkibidagi namlik zaxirasini yaratib tursa, o‘z navbatida qor, yomg‘irlar okean va quruqlikka suvni qaytaradi.

Jahon okeanining hayot uchun ahamiyati. Jahon okeanida vujudga kelgan o‘simliklar atmosferani kislorod bilan boyitdi va turli hayvonlar yashashiga sharoit vujudga keltirdi. Suvni vodorod va kislorodga ajratadigan okeanlardagi o‘simliklar dunyosi hozirgacha atmosferadagi erkin kislorodning asosiy manbayi bo‘lib qolmoqda. Okean, atmosfera

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

va quruqlik o‘rtasida uzluksiz modda almashinuvi ro‘y berib turishini ta’minlaydi. Gidrosfera sirtidan bug‘lanadigan namlik shamol yordamida materikka uchib boradi va yog‘ingarchilik bo‘lib yerni sug‘oradi.

Tabiiy suvlar tarkibida erigan holatda turli gazlar, asosan, azot, kislorod va karbonat angidrid mavjud. Atmosferadan suvga o‘tadigan karbonat angidrid o‘simliklardagi fotosintezda ishlatiladi. Hayvonlar va o‘simliklardan iborat organizmlar dunyosi bir yilda karbonat angidriddan 100 mlrd tonna uglerodni ajratib oladi. Okeanda atmosferadagiga nisbatan 60 marta ko‘p karbonat angidrid mavjud.

Ma’lumki, suvning issiqlik sig‘imi ancha katta, 1 m^3 suvning 1 K ga sovishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori 3300 m^3 havoni 1 K ga qizita oladi. Shuning uchun ham okeanlar va dengizlar quyosh issiqligini saqlovchi va sayyoramiz sirti bo‘ylab taqsimlovchi vazifasini bajaradi.



Sinov savollari

1. Atmosfera deb nimaga aytiladi va u qanday ma’noni anglatadi? 2. Atmosferaning massasi qancha? U harakatdami yoki tinchlikdami? 3. Atmosferaning tarkibi. 4. Ozon qatlami qanday balandlikda joylashgan va u qanday vazifani bajaradi? 5. Atmosferaning issiqlik balansidagi ahamiyati. 6. Yerdagi temperatura o‘zgarishining kichikligiga sabab nima? 7. Atmosfera qanday qatlamlarga bo‘linadi? 8. Troposfera qanday qatlam va uning balandligi nimaga teng? 9. Bir sutkada suv havzalaridan qancha suv bug‘lanadi? 10. Suv bug‘lari qanday balandlikda kondensatsiyalanadi? 11. Bulutlar qanday hosil bo‘ladi? 12. Yuqoriga ko‘tarilgan sari temperatura qanday o‘zgaradi? 13. Stratosfera qayerda joylashgan va unda temperatura qanday o‘zgaradi? 14. Stratosfera qanday balandlikkacha davom etadi? 15. Mezosfera qayerda joylashgan? Uning balandligi va unda temperaturaning o‘zgarishi. 16. Termosferada temperatura qanday o‘zgaradi? 17. Sun’iy yo‘ldoshlar va kosmik kemalar harakatlanishi uchun termosferaning tanlanishiga sabab nima? 18. Ekzosfera qanday balandliklardan boshlanadi? 19. Veneraning atmosferasi Yernikidan nimasi bilan farq qiladi? 20. Yer atmosferasi tarkibida kislorodning ko‘pligiga sabab nima? 21. Boshqa sayyoralar atmosferasi haqida nimalarni bilasiz? 22. Gidrosfera deb nimaga aytiladi? U yer sirtining qancha qismini qoplaydi? 23. Jahon okeanining hajmi qancha va undan bir yilda qancha suv bug‘lanadi? 24. Atmosferadagi erkin kislorodning asosiy manbayi nima? 25. Okeanlar va dengizlarning Yerdagi issiqlik balansini saqlashdagi ahamiyati qanday?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

53- §. Qaynash. Bug‘ hosil bo‘lishi va kondensatsiyasida issiqlik balansi tenglamasi

M a z m u n i: qaynash; qaynash temperaturasining bosimga bog‘liqligi; solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi; kondensatsiyalanish issiqlik balansi tenglamasi.

Qaynash. Qaynash deb, suyuqlikning ham sirti, ham butun hajmi bo‘ylab bug‘ pufakchalarining jadal hosil bo‘lishi bilan bug‘ga aylanish jarayoniga aytiladi. Demak, qaynash — suyuqlikning bug‘ga aylanishining xususiy holidir.

Endi ochiq idishdagi suyuqlikni qizdiraylik. Har qanday suyuqlikda ham ma’lum miqdorda erigan gaz mavjud bo‘ladi. Temperatura ortishi bilan gaz suyuqlikdan ajraladi va idishning ichki devorlariga kichik pufakchalar ko‘rinishida yopishib qoladi. Temperatura ko‘tarilgan sari pufakchalarning o‘lchamlari orta boradi va suyuqlik sirtiga qalqib chiqa boshlaydi.

Suyuqlikning yuqori, kam qizdirilgan qatlamlariga ko‘tarilgan pufakchalarning hajmi, suv bug‘larining pufak ichidagi kondensatsiyasi tufayli kichraya boradi (76- *a* rasm).

Suyuqlikning temperaturasi tenglashganda pufakcha hajmi ko‘tarilish davomida kattalashadi. Bunga sabab pufakcha ichidagi to‘yingan bug‘ning bosimi $r_T = nkT$ o‘zgarmay qolgan bir paytda gidrostatik bosim $r_g = \rho gh$ ning kamayishi.

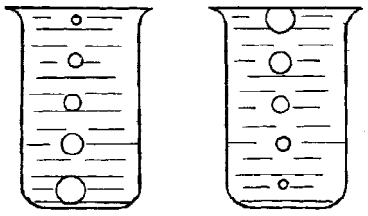
Kattalashib borayotgan pufakchaning ichi to‘yintiruvchi bug‘ga to‘la bo‘ladi, chunki temperatura o‘zgarmas bo‘lganda to‘yintiruvchi bug‘ning bosimi hajmga bog‘liq bo‘lmaydi.

Pufakcha suyuqlik sirtiga yetganda undagi to‘yintiruvchi bug‘ning bosimi amalda suyuqlik sirtidagi atmosfera bosimiga teng bo‘ladi.

Pufakchani to‘ldirib turgan to‘yintiruvchi bug‘ atmosferaga chiqariladi (76- *b* rasm). Qaynash ro‘y beradi.

Suyuqlik to‘yintiruvchi bug‘ining bosimi tashqi bosimga teng bo‘lganda, qaynash jarayoni butun suyuqlik bo‘ylab bir xil temperaturada ro‘y beradi.

Normal sharoitda har bir suyuqlik to‘yintiruvchi bug‘ining bosimi uning sirtidagi tashqi bosimga teng bo‘ladigan ma’lum bir temperaturada qaynaydi.



a) *b)*

76- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Bu temperatura **qaynash temperaturasi** deyiladi.

Qaynash temperaturasining bosimga bog‘liqligi. Agar suyuqlik sirtidagi bosim kichikroq bo‘lsa, unda qaynash paytida unga teng bo‘ladigan suyuqlik to‘yintiruvchi bug‘ining bosimi ham pastroq bo‘ladi. Demak, qaynash temperaturasi ham pastroq bo‘ladi. Shunday qilib, **qaynash temperaturasi tashqi bosimga bog‘liq** bo‘ladi, degan xulosaga kelamiz. Tashqi bosim qancha past bo‘lsa, suyuqlikning qaynash temperaturasi ham shuncha past bo‘ladi. Atmosfera bosimi past bo‘lgan tog‘ cho‘qqilarida suvning dengiz sathidagidan ko‘ra pastroq temperaturalarda qaynashi xulosamizning yaqqol isbotidir. Atmosfera bosimi ancha yuqori — 15 atm $(15 \cdot 10^5$ Pa) bo‘lgan bug‘ mashinalarining qozonlarida suvning qaynash temperaturasi 200 °C (473 K) ga yaqin bo‘ladi.

Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi. Qaynash jarayonida suyuqlikka beriladigan issiqlik miqdori, asosan, quyidagilarga sarflanadi:

1) bug‘ pufaklari hosil bo‘lishida va harakatlanishida tashqi bosimga qarshi ish bajarish;

2) suyuqlikning bug‘lanishi natijasida yo‘qotiladigan issiqlikning o‘rnini to‘ldirish.

Bir xil temperaturadagi turli xil suyuqliklarning bir xil miqdorini bug‘ga aylantirish uchun qancha issiqlik miqdori sarflanadi? Temperaturasi turlicha bo‘lgan bir xil suyuqlikning bir xil miqdorini-chi? Tabiiyki, har ikkala holda ham turlicha issiqlik miqdori sarflanadi. Bu xulosani oydinlashtirish uchun solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi tushunchasi kiritiladi.

Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi *r* deb, qaynash holatidagi 1 kg moddani suyuq holatdan bug‘ holatiga o‘tkazish uchun sarflanadigan issiqlik miqdoriga aytiladi.

m massali suyuqlikni bug‘ga aylantirish uchun sarflanadigan issiqlik miqdori Q quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = rm. \tag{53.1}$$

Bundan

$$r = \frac{Q}{m}. \tag{53.2}$$

(53.2) solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi r ning SI dagi birligini topishga imkon beradi:

$$[r] = \frac{[Q]}{[m]} = \frac{1\,\text{J}}{1\,\text{kg}} = 1\,\frac{\text{J}}{\text{kg}}.$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq *m* massali bug‘ning suyuqlikka aylanishida (kondensatsiyalanishda) ham (53.1) ga teng issiqlik miqdori ajralib chiqadi.

Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi temperaturaga bog‘liq bo‘lib, temperatura pasayishi bilan kattalasha boradi. Bunga sabab, past temperaturali suyuqlik molekulalarining energiyasi kamligi natijasida ularning suyuqlik sirtidan uzilib chiqa olish qobiliyatiga ega bo‘la olishi uchun katta miqdordagi issiqlikning talab qilinishidir.



Sinov savollari

1. Qaynash deb nimaga aytiladi? 2. Nega dastlab suv bug‘larining pufakchalari yuqoriga ko‘tarilgan sari kichraya boradi? 3. Qachon ko‘tarilgan sari pufakchalar kattalasha boradi? 4. Ko‘tarilgan sari pufakchaning kattalashishiga sabab nima? 5. Kattalashib borayotgan pufakchaning ichida nima bor? 6. Qaynash jarayoni butun suyuqlik bo‘ylab bir xil temperaturada ro‘y berishi uchun qanday shart bajarilishi kerak? 7. Suyuqlik qachon qaynaydi? 8. Qaynash temperaturasi deb qanday temperaturaga aytiladi? 9. Qaynash temperaturasi tashqi bosimga bog‘liqmi? 10. Nima uchun tashqi bosim past bo‘lganda suyuqlikning qaynash temperaturasi ham past bo‘ladi? 11. Nima uchun tog‘ cho‘qqilarida qaynash temperaturasi past bo‘ladi? 12. Nima uchun bug‘ qozonida qaynash temperaturasi yuqori bo‘ladi? 13. Qaynash jarayonida suyuqlikka beriladigan issiqlik miqdori nimalarga sarflanadi? 14. Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi tushunchasi nima uchun kiritiladi? 15. Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi deb nimaga aytiladi? 16. Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligining SI dagi birligi. 17. Bug‘ hosil bo‘lishida sarflangan issiqlik miqdori kondensatsiyalanganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga teng bo‘ladimi? 18. Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi temperaturaga bog‘liqmi? 19. Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligining temperaturaga bog‘liqligini qanday tushuntirasiz?



54- §. Suyuqlikning xossalari. Sirt tarangligi. Sirt qatlami energiyasi

M a z m u n i: moddaning suyuq holati; suyuqlikning tuzilishi; molekular bosim; sirt tarangligi; sirt qatlami energiyasi.

Moddaning suyuq holati. Suyuqlik moddaning gaz va qattiq jism oralig‘idagi agregat holatidir. Shuning uchun ham uning ba’zi xossalari gaznikiga, ba’zilari esa qattiq jismlarnikiga o‘xshab ketadi. U xuddi qattiq jismlarga o‘xshab ma’lum hajmga ega bo‘lsa, xuddi gazlardek

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

o‘zi quyilgan idishning shaklini egallaydi. Gaz molekulalari amalda bir-birlari bilan bog‘lanmagan bo‘lsa, suyuqlik molekulalari bir-birlari bilan juda kuchli bog‘langan va ma’lum masofada joylashgan bo‘ladi.

Suyuqliklarda va qattiq jismlarda molekulalarning betartib harakat issiqlik energiyasi molekulalararo o‘zaro ta’sir potensial energiyasidan juda kichik bo‘lib, uni yenga olmaydi. Shuning uchun ham suyuqlik va qattiq jismlar aniq hajmga ega bo‘ladi. Suyuqlik molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchining kattaligi natijasida suyuqlik amalda siqilmaydi. Boshqacha aytganda, juda katta molekulalararo ta’sir kuchiga ega bo‘lgan suyuqlikka tashqi bosimning ta’siri sezilmaydi. Shuning uchun ham molekulalararo ta’sir kuchini suyuqlikning molekular bosimi deb aytiladi. Hisoblash suvning molekular bosimi 1100 MPa atrofida ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, suyuqlik molekulalari juda yaxshi o‘rin almashinish xususiyatiga, ya’ni suyuqlik oqish va o‘zi solingan idish shaklini egallash xususiyatiga ega bo‘ladi. Agar suyuqlik muvozanat holatida bo‘lsa, uning molekulalari biror muvozanat holati atrofida tebranma harakat qiladi. Bu holda tortishish va itarish kuchlari bir-biri bilan teng bo‘ladi.

Suyuqlikning tuzilishi. Suyuqliklarni rentgen nurlari yordamida o‘rganish ularning molekular tuzilishida qattiq jismlarning molekular tuzilishiga o‘xshash joylari borligini ko‘rsatdi. Agar qattiq jismlarda molekulalarning ancha katta masofada ham batartib joylashuvi kuzatilsa, suyuqliklarda juda kichik, atomlararo masofalardagina batartib joylashuvi kuzatiladi.

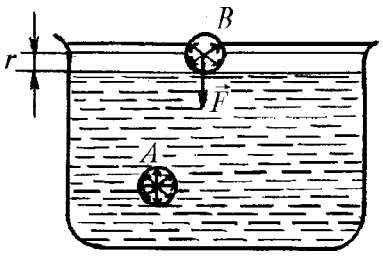
O‘z izlanishlarini suyuqliklarning xossalarini o‘rganishga bag‘ishlagan Ya. Frenkel (1884 — 1952) quyidagi nazariyani yaratdi. Frenkel nazariyasiga ko‘ra, suyuqlik molekulasi ma’lum vaqt davomida o‘z muvozanat holati atrofida, go‘yoki kristall panjaraning tugunida turgandek tebranib turadi va so‘ngra sakrab oldingisidan atomlararo masofada bo‘lgan yangi holatga (yangi tugunga) o‘tadi. Molekulalarning biror holatda bo‘lish vaqti juda kichik, 10^{-10} — 10^{-12} s ni tashkil etadi.

Demak, sodda qilib, suyuqlik molekulasining bir holatdan ikkinchisiga o‘tishini panjaraning bir tugunidan ikkinchisiga o‘tish, ko‘chish masofasini esa panjara doimiysi sifatida qarash mumkin. Panjara tugunida turgan molekula panjara doimiysidan kichikroq amplitudalar bilan tebranma harakat qiladi. Shunga asoslanib, suyuqlik kvazikristall (go‘yoki kristalldek) tuzilishga ega, deb hisoblash mumkin.

Molekular bosim. Suyuqlikning har bir molekulasiga uni o‘rab turgan molekulalar tomonidan tortishish kuchlari ta’sir ko‘rsatadi (77- rasm). Bu kuchlar juda tez kamayib, ularni ma’lum masofadan boshlab hisobga olmaslik ham mumkin. Bu masofa molekular ta’sir

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

radiusi (r) deyiladi. U 10^{-9} m atrofida bo‘ladi. r radiusli doira esa *molekular ta’sir doirasi* deyiladi.



77- rasm.

Suyuqlik ichidagi biror A molekulani ajratib olaylik (77- rasm) va uning atrofida r radiusli molekular ta’sir doirasini chizaylik. A molekulaga molekular ta’sir doirasi ichidagi molekulalarnigina ta’sirini hisobga olish yetarli. Bu molekulalarning A molekulaga ta’sir kuchlari turli tomonlarga yo‘nalgan va bir-birlarini kompensatsiyalaydi.

Shunday qilib, suyuqlik ichidagi molekulaga boshqa molekulalar tomonidan ta’sir etayotgan kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘ladi. Agar molekula B suyuqlik sirtidan r dan kichikroq masofada joylashgan bo‘lsa, unda kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘lmaydi. 77- rasmda ko‘rinib turibdiki, B molekulaning yuqorisida molekulalar bo‘lmaganligi uchun teng ta’sir etuvchi kuch $\vec{F}$ suyuqlik ichiga yo‘nalgan bo‘ladi. Shunday qilib, suyuqlik sirtida joylashgan, ya’ni sirt qatlami molekulalarning teng ta’sir etuvchi kuchlari suyuqlikka bosim ko‘rsatadi yoki suyuqlikni siqadi. Bu bosim *molekular* yoki *ichki bosim* deyiladi. Molekular bosim suyuqlik molekulalari o‘zaro ta’sir kuchlarining natijasi bo‘lganligi uchun suyuqlikka botirilgan jismga ta’sir etmaydi. Ichki bosim temperaturaga bog‘liq bo‘lib, temperatura ortishi bilan ichki bosim kamayadi.

Sirt tarangligi. Shunday qilib, suyuqlik sirtidagi qatlamda joylashgan molekulalarga, ya’ni sirt qatlamiga ta’sir etadigan kuchlar suyuqlik sirtini taranglashtiradi. Shuning uchun ham bu kuchlar *sirt taranglik kuchlari* deyiladi. Sirt taranglik kuchlari suyuqlikning erkin sirtini qisqartirishga majbur qiladi. Sirt tarangligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\alpha = \frac{F}{l}. \qquad (54.1)$$

Sirt tarangligi deb sirtni o‘rab turgan konturning birlik uzunligiga ta’sir etuvchi sirt taranglik kuchiga aytiladi.

Sirt tarangligining SI dagi birligi

$$[\alpha] = \frac{[F]}{[l]} = 1\frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

Juda ko‘p suyuqliklarning sirt tarangligi 300 K da 10^{-2} — 10^{-1} N/m atrofida bo‘ladi. Sirt tarangligi temperaturaga bog‘liqdir. Suyuqlikning

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

temperaturasi ko‘tarilishi bilan molekulalari orasidagi o‘rtacha masofa ortadi, o‘zaro tortishish kuchlari kamayadi va demak, sirt tarangligi ham kamayadi.

Sirt tarangligi suyuqlik tarkibidagi aralashmalarga juda ham bog‘liq. Suyuqlikning sirt tarangligini kamaytiruvchi moddalarga *sirt-aktiv moddalar* deyiladi. Suv uchun sirt-aktiv modda sovundir. U suvning sirt tarangligini $7{,}5 \cdot 10^{-2}$ N/m dan $4{,}5 \cdot 10^{-2}$ N/m gacha kamaytiradi. Shuningdek, spirt, efir, neft ham suvning sirt tarangligini kamaytiruvchi moddalar hisoblanadi. Shunday moddalar mavjudki, ularning molekulalari suyuqlik molekulalari bilan, suyuqlik molekulalarining o‘zaro ta’siridan ko‘ra kuchliroq ta’sirlashadi. Bunday moddalar suyuqlikning sirt tarangligini orttiradi. Bunday moddalarga shakar, tuz va boshqalar kiradi. Masalan, sovunli suvga tuz solinsa, sovun suvning sirt qatlamiga siqib chiqariladi. Sovun ishlab chiqarishda sovun shu usul bilan eritmadan ajratib olinadi.

Sirt qatlami energiyasi. Suyuqlik molekulasining to‘la energiyasi uning betartib harakat issiqlik energiyasi va molekulalararo o‘zaro ta’sir potensial energiyalarining yig‘indisidan iboratdir. Molekulani suyuqlik ichidan sirt qatlamiga ko‘chirish uchun ma’lum ish bajarish kerak. Bu molekulalarning kinetik energiyalari hisobiga bajariladi va uning potensial energiyasining ortishiga olib keladi. Shuning uchun ham sirt qatlamidagi molekulalar suyuqlik ichidagi molekulalarga nisbatan ko‘proq potensial energiyaga ega bo‘ladi. Suyuqlikning sirt qatlamidagi molekulalar energiyasi *sirt qatlami energiyasi* deyiladi. Sirt qatlami energiyasi shu qatlamni vujudga keltirish uchun sarflanadigan ish bilan aniqlanadi. Tabiiyki, sirt qatlamining yuzasi qancha katta bo‘lsa, uni vujudga keltirish uchun ham shuncha ko‘p ish bajariladi:

$$\Delta A = \alpha \cdot \Delta S. \qquad (54.2)$$

Bundan

$$\alpha = \frac{\Delta A}{\Delta S}. \qquad (54.3)$$

Demak, sirt tarangligi α o‘zgarmas temperaturada suyuqlik sirtida qatlam hosil qilish uchun bajariladigan ish ΔA ning shu sirt qatlami yuzasi ΔS ga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikdir.

Agar sirt qatlamini vujudga keltirish uchun bajariladigan ish ΔA sirt qatlami energiyasi ΔE ga tengligini ($\Delta A = \Delta E$) hisobga olsak, (54.3) ni quyidagicha yozamiz:

$$\alpha = \frac{\Delta E}{\Delta S}. \qquad (54.3)$$

(54.4) dan sirt tarangligi sirt energiyasining zichligi kabi aniqlanishi ko‘rinib turibdi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

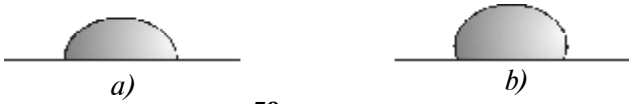
Sinov savollari

1. Suyuqlik moddaning qanday holati? 2. Suyuqlikning qanday xususiyatlari gazlarnikiga o‘xshaydi? 3. Suyuqlikning qanday xususiyatlari qattiq jismnikiga o‘xshaydi? 4. Suyuqlik siqiladimi? 5. Suyuqlikning molekular bosimi deb nimaga aytiladi ? 6. Suyuqlikning oqish va idish shaklini olish qobiliyati qanday tushuntiriladi? 7. Suyuqlik molekulalari qanday harakat qiladi? 8. Suyuqlik qanday tuzilishga ega? 9. Suyuqlikning xossalari haqida Frenkel nazariyasi. 10. Molekular ta’sir doirasi deb qanday masofaga aytiladi va u nimaga teng? 11. Suyuqlik ichidagi molekulaga ta’sir etadigan kuchlarning teng ta’sir etuvchisi qanday bo‘ladi? 12. Suyuqlik sirtida joylashgan molekulaga-chi? 13. Suyuqlik sirtida joylashgan molekulalar teng ta’sir etuvchi kuchlari suyuqlikka qanday ta’sir ko‘rsatadi? 14. Molekular yoki ichki bosim deb nimaga aytiladi? 15. Molekular bosim suyuqlikka botirilgan jismga ta’sir ko‘rsatadimi? 16. Molekular bosim temperaturaga bog‘liqmi? 17. Sirt taranglik kuchlari deb qanday kuchlarga aytiladi? 18. Sirt taranglik kuchlari suyuqlik sirtini qanday o‘zgartiradi ? 19. Sirt tarangligi deb nimaga aytiladi va uning SI dagi birligi qanday? 20. Sirt tarangligi temperaturaga bog‘liqmi va uni qanday tushuntirish mumkin? 21. Sirt-aktiv moddalar deb qanday moddalarga aytiladi? 22. Sovun ishlab chiqarishda sovun qanday qilib eritmadan ajratib olinadi? 23. Suyuqlik molekulasining to‘la energiyasi nimaga teng? 24. Suyuqlik sirtidagi molekulalarning potensial energiyalari kattami yoki suyuqlik ichidagilarnikimi? 25. Sirt qatlami energiyasi deb qanday energiyaga aytiladi? 26. Sirt qatlami energiyasi sirt qatlami yuzasiga bog‘liqmi? 27. Sirt tarangligi nimaga teng? 28. Sirt energiyasining zichligi sirt tarangligiga bog‘liqmi?

55- §. Ho‘llash. Egri sirt ostidagi bosim. Kapillarlik

M a z m u n i : ho‘llash; egri sirt ostidagi bosim; kapillarlik; kapillarlikning ahamiyati.

Ho‘llash. Suyuqlik qattiq jismni ho‘llashi yoki ho‘llamasligi mumkin. Agar simob tomchisi toza temir sirtiga quyilsa, yoyilib 78- *a* rasmdagidek ko‘rinishni oladi. Bunda, simob temirni ho‘lladi deyiladi.



a) *b)*

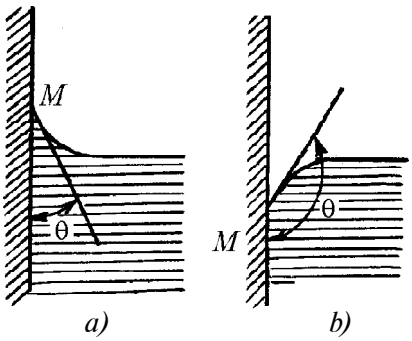
78- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Endi simob tomchisini shisha plastinka ustiga qo‘ysak, tomchi shar shakliga intilib, 78- b rasmdagidek ko‘rinishni oladi. Bunda simob shisha plastinkani ho‘llamadi deyiladi. Suyuqlikning qattiq jismni ho‘llash-ho‘llamasligi moddalarning bir-biriga tegib turgan qatlamlaridagi molekulalari orasida vujudga keladigan ta’sir xarakteriga bog‘liq. Agar qattiq jism va suyuqlik molekulalari orasidagi tortishish kuchi, suyuqlikning o‘zining molekulalari orasidagi tortishish kuchidan katta bo‘lsa, unda suyuqlik qattiq jismni ho‘llaydi. Bunda suyuqlik qattiq jism sirtida kengroq yoyilishga harakat qiladi (simob—temir). Agar qattiq jism va suyuqlik molekulalari orasidagi tortishish kuchi, suyuqlikning o‘zining molekulalari orasidagi tortishish kuchidan kichik bo‘lsa, unda suyuqlik qattiq jismni ho‘llamaydi. Bunda suyuqlik qattiq jismga tegib turgan sirtini kamaytirishga harakat qiladi (simob — shisha).

Egri sirt ostidagi bosim. Agar suyuqlik ingichka naychaga quyilsa, uning devori yonida suyuqlik sirtining egrilanishi ro‘y beradi. Sirtning bu egrilanishi *menisk* deyiladi. Agar suyuqlik qattiq jismni ho‘llasa, naycha devori yonida suyuqlikning ko‘tarilishi ro‘y beradi va menisk botiq bo‘ladi (79- *a* rasm). Agar suyuqlik qattiq jismni ho‘llamasa, naycha devori yonida suyuqlikning pasayishi ro‘y beradi va menisk qavariq bo‘ladi (79- *b* rasm).

Qattiq jism va suyuqlik sirtidan M nuqtada o‘tkazilgan urinma orasidagi θ burchakka chegaraviy burchak deyilib, ho‘llaydigan suyuqlik ichun $\theta<\frac{\pi}{2}$, ho‘llamaydigani uchun esa $\theta>\frac{\pi}{2}$ bo‘ladi. Kapillar deyiluvchi ingichka naycha holida menisk yaxshi kuzatiladi. Agar suyuqlik solingan idishga kapillar tushirilsa va suyuqlik kapillar devorini ho‘llasa, unda suyuqlik kapillar bo‘ylab h balandlikka ko‘tariladi (80- *a* rasm).



a) *b)*

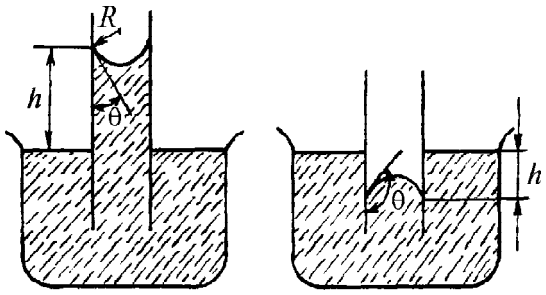
79- rasm.

Agar suyuqlik kapillar devorini ho‘llamasa, unda suyuqlik sathi h ga pasayadi. Bunga sabab, suyuqlik sirtining egrilanishi va qo‘shimcha bosimning vujudga kelishidir. Bu bosim

$$\Delta p=\frac{2\alpha}{R} \qquad (55.1)$$

ifoda yordamida aniqlanadi (80- *b* rasm). Bu yerda: α — suyuqlikning sirt tarangligi, R — sirtning egrilik radiusi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



a) *b)*

80- rasm.

Agar suyuqlik sirti botiq bo‘lsa, qo‘shimcha bosim manfiy bo‘ladi va suyuqlik kapillar bo‘ylab yuqoriga ko‘tariladi. Chunki keng idishdagi suyuqlik sirtiga qo‘shimcha bosim ta’sir qilmaydi (80- *a* rasm). Agar suyuqlik sirti qavariq bo‘lsa, qo‘shimcha bosim musbat bo‘ladi va u suyuqlikni kapillar bo‘ylab pasayishiga olib keladi (80- *b* rasm).

Kapillarlik. Kapillarda suyuqlik sathi balandligining o‘zgarish hodisasiga ***kapillarlik*** deyiladi. Kapillardagi suyuqlik *h* balandlikka ko‘tarilgan suyuqlik ustunining gidrostatik bosimi $p_g = \rho\, gh$ qo‘shimcha bosim Δp ga teng bo‘lguncha (80- *a* rasm) sathini o‘zgartiradi, ya’ni

$$\frac{2\alpha}{R} = \rho g h . \qquad (55.2)$$

Bu yerda ρ — suyuqlikning zichligi, g — erkin tushish tezlanishi. (55.2) dan h ni topamiz:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho \cdot g \cdot R} . \qquad (55.3)$$

(55.3) ifodadan ko‘rinib turibdiki, kapillardagi suyuqlik sathining ko‘tarilishi (pasayishi) uning radiusiga teskari proporsional. Ingichka kapillarlarda suyuqlik ancha katta balandlikka ko‘tariladi. Misol uchun, to‘la ho‘llanish bo‘lganda suv ($\rho = 1000$ kg/m^3, $\alpha = 0{,}073$ N/m) 10 μm diametrli kapillar nay bo‘ylab $h \approx 3$ m balandlikka ko‘tariladi.

Kapillarlikning ahamiyati. Kapillarlik tabiatda va texnikada muhim ahamiyatga egadir. Masalan, namlikning tuproqdan o‘simliklarga singishi kapillarlik asosida amalga oshadi. O‘simliklarning hujayralari kapillarlar hosil qilib, ular orqali suyuqlik yuqoriga ko‘tariladi. Shuningdek, kapillarlikdan quritishda keng foydalaniladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Agar suyuqlik qattiq jismni ho‘llasa, qanday shaklni oladi? 2. Agar suyuqlik qattiq jismni ho‘llamasa-chi? 3. Qachon suyuqlik qattiq jismni ho‘llaydi? 4. Qachon suyuqlik qattiq jismni ho‘llamaydi? 5. Qachon menisk botiq, qachon qavariq bo‘ladi? 6. Qachon egri sirt ostidagi bosim vujudga keladi va u nimaga teng? 7. Agar suyuqlik sirti botiq bo‘lsa, qo‘shimcha bosim qanday bo‘ladi? Suyuqlik sirti qavariq bo‘lsa-chi? 8. Suyuqlik kapillar bo‘ylab qachon yuqoriga ko‘tariladi? Qachon pasayadi? 9. Kapillar naycha deb qanday naychaga aytiladi? 10. Kapillarlik hodisasi deb qanday hodisaga aytiladi? 11.Kapillardagi suyuqlik sathining ko‘tarilish balandligi nimaga teng? 12. Suyuqlik sathining ko‘tarilish balandligi kapillar radiusiga qanday bog‘liq? 13. Kapillarlikning o‘simliklarning o‘sishdagi ahamiyati qanday? 14. Kapillarlikka uchta misol keltiring.

56- §. Qattiq jismlar. Mono- va polikristallar. Kristallarning turlari. Polimerlar

M a z m u n i : kristallarning anizotropligi; monokristallar; polikristallar; kristallarning turlari; defektlar; suyuq kristallar; amorf jismlar; polimerlar; polimerlarning xossalari va qo‘llanilishi.

Kristallarning anizotropligi. Moddalarning qattiq holati faqat molekulalarining bir-birlari bilan juda kuchli bog‘langanligi bilangina emas, balki doimiy hajmi va shaklini (kristallar) saqlashi bilan ham xarakterlanadi.

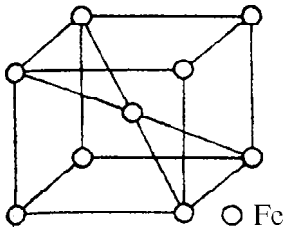
Umuman olganda, qattiq jismlar turli xususiyatlariga asoslanib ikki turga, *kristall* va *amorf* jismlarga ajratiladi. Kristall jismlarning asosiy xususiyati ularning izotropik emasligi (anizotropligi), ya’ni ba’zi fizik xossalar, jumladan, yorug‘lik, issiqlik tarqalish tezligining yo‘nalishga bog‘liqligidir.

Barcha yo‘nalishlarning teng kuchliligi izotroplik, teng kuchli emasligi esa anizotroplik deyiladi.

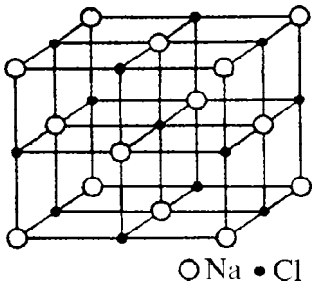
Amorf jismlar esa izotropdir. Shuningdek, gazlar va ko‘plab suyuqliklar ham izotrop moddalarga kiradi.

Kristallarning anizotropligiga sabab zarralarining (atomlar, molekulalar, ionlar) fazoviy panjara hosil qilib batartib joylashganligidir. **Har uchala yo‘nalish bo‘yicha ham zarralar joylashuvining davriy ravishda takrorlanishi bilan xarakterlanuvchi tuzilish kristall panjara deyiladi**. Zarralar joylashgan nuqta, aniqrog‘i atrofida zarralar tebranma harakat qiladigan nuqta kristall panjaraning tuguni deyiladi.

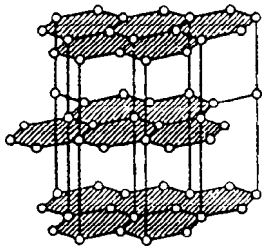
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



81- rasm.



82- rasm.



83- rasm.

Panjara tugunida yakka atomlar (81- rasm), atomlar yoki ionlar guruhi (82- rasm) ham joylashgan bo‘lishi mumkin. Anizotroplikni tushunish uchun grafit kristalining tuzilishini ko‘raylik (83-rasm). Bu kristallda uglerod atomlari bir-biridan ma’lum masofada bo‘lgan tekisliklarda joylashgan bo‘ladi. Bir tekislikda joylashgan atomlar orasidagi masofa tekisliklar orasidagi masofadan kichik va demak, bir tekislikda yotgan atomlar orasidagi tortishish kuchlari turli tekisliklarda yotgan atomlar orasidagi tortishish kuchlaridan ko‘ra katta bo‘ladi. Shuning uchun ham grafit kristalini atom tekisliklariga parallel yo‘nalishda sindirish oson bo‘ladi.

Kristall panjara tugunlari o‘rni takrorlanishining doimiy xarakterga ega ekanligi, ya’ni uzoq tartibning o‘rinliligi kristall jismlarga xos bo‘lgan xususiyatdir.

Kristall jismlar ikki guruhga bo‘linadi: monokristallar va polikristallar.

Monokristallar. Zarralari bir xil kristall panjara hosil qiladigan qattiq jismlar monokristallar deyiladi. Monokristallarning kristall tuzilishi ularning tashqi shaklida ham namoyon bo‘ladi. Katta kristallar tabiatda juda kam uchraydi. Lekin sanoatda, fan va texnikada bunday kristallarga ehtiyoj juda katta. Ular radiotexnikada, optikada, ayniqsa zamonaviy elektron hisoblash vositalarini ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega. Misol uchun yoqut kristali lazer nurlarni hosil qilishda, segneta tuzi kristallari ultratovush tebranishlarini hosil qilishda foydalaniladi.

Aynan shuning uchun ham kristall sun’iy ravishda, hatto kosmik kemalarda ham hosil qilinadi. Hozir shu yo‘l bilan kvars, olmos, uchun maxsus shart-sharoitlar zarur. Masalan, olmos kristalini hosil qilish uchun 10^4 MPa bosim va 200°C temperatura zarur.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Polikristallar. Qattiq jismlarning aksariyati polikristallardir. Ular betartib joylashgan kichik kristallchalar — kristallitlar — kichik monokristallardan tashkil topgan bo‘ladi. Har bir monokristallcha anizotrop, lekin kristallchalar betartib joylashgan bo‘lganligi uchun polikristall jism izotrop bo‘ladi.

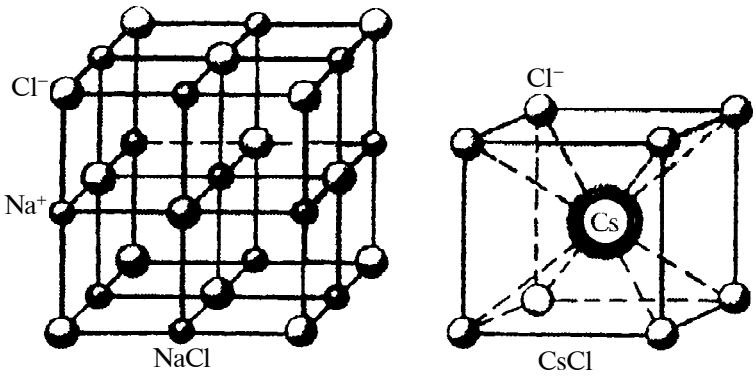
Bir xil kimyoviy elementning atomlari turli xil kristall tuzilish hosil qilishi ham mumkin. Masalan, uglerodning o‘zi xususiyatlari bir-biridan keskin farq qiladigan qatlamli grafit tuzilishiga va fazoviy olmos tuzilishga ega bo‘lishi mumkin. Suvning o‘zi besh xil kristall tuzilishga ega bo‘lgan muz hosil qiladi. **Tarkibi bir xil moddaning turli fizik xossalarga ega bo‘lgan har xil kristall tuzilishni hosil qilishi polimorfizm deyiladi.**

Kristallarning turlari. Panjarasining tugunlarida joylashgan zarralarning tabiati va ular orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlarining xarakteriga qarab kristallar to‘rt turga bo‘linadi:

Ionli kristallar. Panjarasining tugunlariga qarama-qarshi zaryadli ionlar navbat bilan joylashgan bo‘ladi. Ionlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi, asosan, elektrostatik xarakteriga ega. Ionli kristallarga osh tuzi NaCl va seziy xlor CsCl yaxshi misol bo‘ladi (84- rasm).

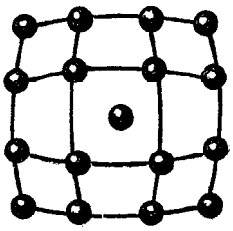
Atomli kristallar. Panjarasining tugunlarida kvant-mexanik tabiatdagi kuchlar tutib turadigan neytral atomlar joylashgan bo‘ladi. Ular o‘rtasida elektr xarakteriga ega bog‘lanish ham mavjud. Bu bog‘lanish har bir atomdan bittadan elektron juftligi orqali amalga oshiriladi. Bunday kristallarga olmos, grafit (83- rasm), germaniy va kremniy misol bo‘ladi.

Metalli kristallar. Panjarasining tugunlarida metallarning musbat ionlari joylashgan bo‘ladi. Kuchsiz bog‘langan valentli elektronlar

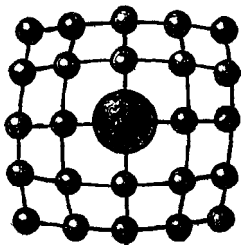


84- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

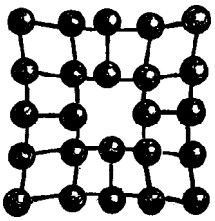


85 *a*- rasm.



85 *b*- rasm.

atomlardan ajraladi va elektron gazini hosil qiladi. Metalli kristallardagi bog‘lanish panjara tugunlaridagi musbat zaryadli ionlar va manfiy elektronlar gazi orasidagi tortishish kuchlari yordamida ta‘minlanadi. Metalli kristallarga ko‘pchilik metallar misol bo‘ladi.



85 *d*- rasm.

Molekulali kristallar. Panjarasining tugunlarida ma’lum tartibda yo‘naltirilgan molekulalar joylashgan bo‘ladi. Ular orasida molekulalar o‘zaro ta’siriga xos bo‘lgan tortishish kuchlari mavjud bo‘ladi. Molekulali kristallarga naftalin, parafin, quruq muz (CO_2), muz va hokazolar misol bo‘ladi.

Defektlar[1]. Real kristallarning uncha katta bo‘lmagan bo‘lagigina ideal tuzilishga ega bo‘lishi mumkun. Boshqa qismlarda ega panjara tugunlaridagi zarralar joylashuvining batartibligi buziladl ba bunga kristall panjaraning defektlari (nuqsonlari) deyiladi. Kristall panjaraning nuqsoniga: boshqa element atomlarining kirib qolishi (85-*a* rasm), bo‘sh joyning mavjudligi (85-*b* rasm) suljib joylashishi (85-*d* rasm) sabab bo‘ladi.

Suyuq kristallar va ularning qo‘llanilishi. Ba’zi organik moddalarning shunday holati mavjudki, garchi ular suyuqliklarga xos bo‘lgan oquvchanlik xususiyatiga ega bo‘lsalar-da, kristallarga xos bo‘lgan molekulalarning ma’lum tartibda joylashuviga va fizik xossalariga ega bo‘ladi. Moddalarning bunday holatiga suyuq kristall holati deyiladi. Odatda, suyuq kristallar qattiq kristallarni eritish orqali hosil qilinib, hozirgi paytda ularning bir necha mingdan ortiq turlari ma’lum. Suyuq kristallar elektron hisoblash mashinalari, elektron soatlar, mikrokalkulatorlar, reklama shitlari va hokazolarda keng qo‘llaniladi. Yupqa ekranli televizorlar va monitorlarda ham ulardan foydalaniladi.

[1]Defekt — lotincha „defectus“ — kamchilik, nuqson degan ma‘noni anglatadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Amorf jismlar. Qattiq jismlarning ikkinchi ko‘rinishi amorf jismlardir. Garchi ular qattiq jismlar sifatida qaralsa ham aslida sovitilgan suyuqliklardir.

Agar amorf jismning biror atomini markaziy atom sifatida qaralsa, unga yaqin bo‘lgan atomlar ma’lum tartib bo‘ylab joylashadi. Lekin markaziy atomdan uzoqlashgan sari tartib buzilib, atomlarning joylashuvi turli xil, ya’ni tasodifiyga aylanib qoladi. Kristall jismlardan farqli o‘laroq, amorf jismlarda qo‘shni atomlarning o‘zaro joylashuvida yaqin tartibgina mavjud bo‘ladi. Amorf jismlarga shisha, plastmassa va boshqalar misol bo‘ladi. Oltingugurt, glitserin, shakar va boshqa moddalar ham kristall, ham amorf ko‘rinishda mavjud bo‘lishi mumkin. Bunga ba’zan *shishasimon shakl* ham deyiladi. Amorf jismlar tabiatda kristall jismlarga nisbatan kam tarqalgan.

Polimerlar. Keyingi paytlarda texnikada polimerlar deyiluvchi moddalar keng qo‘llanilmoqda. Ular bir-biriga nisbatan kichik molekular massali molekulalarni (monomerlarni) ulab, katta molekular massali organik birikmalarni hosil qilish yo‘li bilan olinadi. Polimerlarni hosil qilish jarayoni *polimerlashtirish* yoki *polimerlanish* deyiladi. Polimer molekulasi tarkibiga kiruvchi monomerlar soni polimerlanish darajasini ko‘rsatadi. Polimerlarning molekular massasi juda katta bo‘ladi. Monomerlarning xossalariga bog‘liq ravishda polimerlanishda ham chiziqli, ham tarmoqli molekulalar zanjirlari hosil bo‘lishi mumkin.

Polimerlar ikki sinfga ajratiladi: tabiiy va sintetik.

Tabiiy polimerlarga yuqori molekular massali birikmalar — oqsil, kauchuk va hokazolar kiradi; sintetik polimerlarga esa turli xil plastmassalar kiradi.

Polimerlarning mexanik xossalari ko‘p jihatdan alohida molekulalar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir kuchlariga bog‘liq bo‘ladi. Jumladan, polimerlarda batartib kristall sohalarning mavjudligi uning mustahkamligini ancha oshiradi. Shuningdek, molekulalar zanjirining uzunligi, uning tarmoqlanganligi va makromolekulada tarkibiy elementlarning joylashuvi ham muhim ahamiyatga ega.

Polimerlarning xossalari va qo‘llanilishi. Plastmassalar juda ko‘p ajoyib xossalarga ega: korroziyaga uchramaydi, ya’ni zanglamaydi ham, chirimaydi ham; temperaturaning keskin o‘zgarishiga bardosh beradi; juda katta dielektrik kirituvchanlikka ega, mustahkam, zichligi ancha kichik, istalgan shaklni berish mumkin va hokazolar.

Aynan shular sababli polimerlardan xalq xo‘jaligida juda keng foydalaniladi. Sun’iy ravishda hosil qilingan polimerlar mashinasozlik va asbobsozlikda metallarning o‘rnida ishlatiladi. Ular qurilishda yog‘och materiallarni almashtirmoqda. Sun’iy tolalardan turli matolar, tabiiy

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

terini almashtiruvchi mahsulotlar hosil qilinmoqda. Tibbiyotda ham qo‘llanish imkoniyatlari juda katta. Bugungi kunda polimerlar ishlatilmaydigan sohaning o‘zi yo‘q.



Sinov savollari

1. Qattiq jismlarning xususiyatlari. 2. Qattiq jismlarning turlari. 3. Anizotroplik deb nimaga aytiladi? 4. Kristall jismlarning anizotropligi deganda nima tushuniladi? 5. Izotrop moddalarga misollar keltiring. 6. Kristallarning anizotropligiga sabab nima? 7. Kristall panjara deb nimaga aytiladi? 8. Kristall panjaraning tuguni deb-chi? 9. Kristall jismlarning turlari. 10. Monokristallar deb qanday jismlarga aytiladi? 11. Monokristallarning sanoat uchun ahamiyati bormi? Misollar keltiring. 12. Polikristallar deb qanday kristallarga aytiladi? 13. Polikristallning izotrop bo‘lishiga sabab nima? 14. Polimorfizm deb nimaga aytiladi? 15. Amorf jismlar qanday jismlar? Ularga misollar keltiring. 16. Polimerlar qanday hosil qilinadi? 17. Polimerlanish darajasi deb nimaga aytiladi? 18. Polimerlarning turlari. 19. Tabiiy polimerlarga nimalar kiradi? 20. Sintetik polimerlarga-chi? 21. Plastmassalarning keng qo‘llanilishiga sabab nima? 22. Polimerlarning ishlatilishiga beshta misol keltiring.

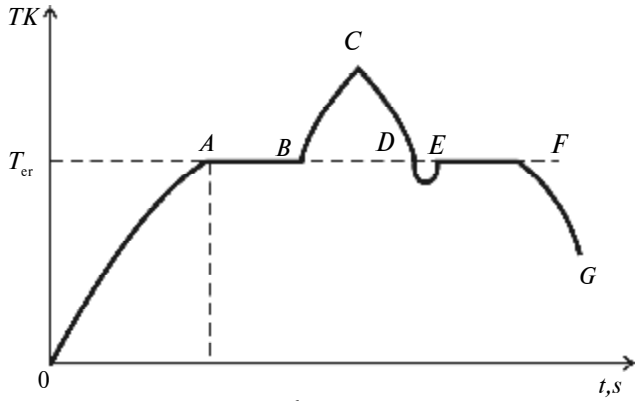


57- §. Qattiq jismlarning erishi va qotishi. Faza. Fazaviy o‘tishlar. Uchlanma nuqta.

M a z m u n i : Qattiq jismlarning erishi; solishtirma erish issiqligi; qotish; sublimatsiya; faza, fazaviy o‘tishlar; holat diagrammasi; uchlanma nuqta.

Qattiq jismlarning erishi. Yuqorida qayd etilganidek, molekulalarning o‘zaro ta’sir potensial energiyasining eng kichik qiymati $E_{\text{p min}}$ molekulalarning issiqlik betartib harakat kinetik energiyasining o‘rtacha qiymati $< E_{\text{k}} >$ dan katta bo‘lsa ($E_{\text{p min}} >> <E_{\text{k}}>$), modda qattiq holatda bo‘ladi. Qattiq jism qizitilgan sari molekulalarning (atomlarning) kinetik energiyalari ortadi va tebranish amplitudasi panjara doimiysiga tenglashib, panjaraning buzilishiga olib keladi. Haroratning yanada ortishi natijasida **qattiq jismning erishi,** ya’ni moddaning qattiq holatdan **suyuq holatga o‘tishi ro‘y beradi.** Erish jarayoni izotermik bo‘lib, olingan issiqlik miqdori kristall panjaralarning buzilishiga sarflanadi. Modda to‘la erigandan so‘nggina suyuqlikning harorati ko‘tariladi. 86- rasmda erish diagrammasi ko‘rsatilgan. *OA* soha moddaning T_{er} gacha qizishini ko‘rsatsa, *AB* soha erish jarayoniga mos keladi. *B* nuqtada modda suyuq holatga o‘tib, *BC* soha suyuqlik

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



86- rasm.

haroratining ortishini ko‘rsatadi. Erish harorati (T_{er}) har bir moddaning tabiatiga bog‘liq bo‘lishi bilan birga, ko‘pchilik moddalar uchun bosim ortishi bilan ortadi.

Erishda moddalarning zichliklari kamayadi (vismut va muz bundan istesno), lekin ichki energiyasi ortadi.

Solishtirma erish issiqligi. ***Erish haroratidagi 1 kg moddani qattiq holatdan suyuq holatga o‘tkazish uchun zarur bo‘ladigan issiqlik miqdoriga solishtirma erish issiqligi deyiladi.***

Ya’ni

$$\lambda = \frac{Q}{m},$$

yoki

$$Q = \lambda m.$$

SI da solishtirma erish issiqligining birligi:

$$[\lambda] = \frac{[\mathrm{Q}]}{[\mathrm{m}]} = 1\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg}}.$$

Qotish. Agar suyuqlikni qizitish to‘xtatilsa u soviy boshlaydi (*CD* soha) va qattiq holatga o‘tadi (*EF* soha). Bu jarayon ham izotermik bo‘lib, issiqlik miqdorining ajralishi bilan ro‘y beradi. Qattiq jismning erishi uchun qancha issiqlik miqdori sarflangan bo‘lsa, qotganida ham shuncha issiqlik miqdori ajraladi. Bosim bir xil bo‘lganda erish T_{er} va qotish T_k harorati ham teng bo‘ladi. Kristallanish jarayoni tugagandan keyin (*F* nuqta) qattiq jism haroratining pasayishi ro‘y beradi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Qotish jarayoni boshlanishi uchun suyuqlik tarkibida biror zarracha (kristallanish markazi) bo‘lgani ma‘qul. Aks holda o‘ta sovutilgan suyuqlik (kristallanish haroratidan past haroratli suyuqlik) hosil bo‘ladi. (*DE* soha). Ammo bu holat noturg‘un bo‘lib, tezda kristallanish markazlari vujudga keladi va suyuqlik qattiq holatga o‘tadi.

Sublimatsiya. Qattiq jismlarning bug‘lanishiga, ya’ni suyuq holatga o‘tmasdan gaz holatiga o‘tishiga sublimatsiya (vozgonka) deyiladi. Bu hol naftalin, yod, kamfora, quruq muz kabi moddalarda kuchli ro‘y beradi.

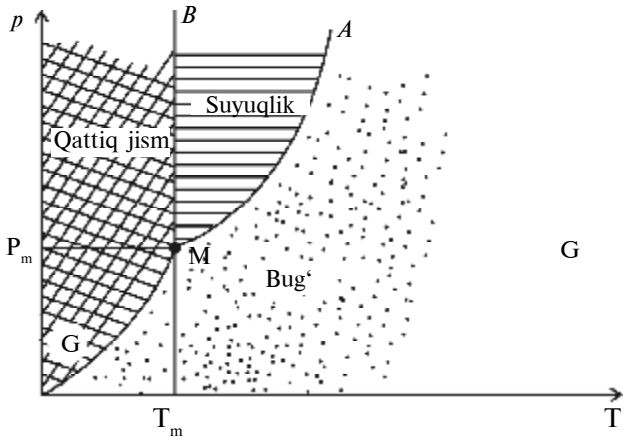
Sublimatsiyaga teskari jarayonga desublimatsiya deyiladi.

Faza. Fazaviy o‘tishlar. ***Faza deb moddaning, shu moddaning boshqa termodinamik muvozanatdagi holatlardan fizik xossalari bilan farq qiluvchi, biror muvozanatdagi holatiga aytiladi.*** Masalan, moddaning suyuq, gaz va qattiq holatlari.

Moddaning bir fazaviy holatdan boshqasiga o‘tishi fazaviy o‘tishlar deyiladi. Bug‘lanish va kondensatsiya, erish va qotish tabiatda keng tarqalgan birinchi tur fazaviy o‘tishlarga misol bo‘ladi. Bunday o‘tishlar issiqlik yoki ajralishi bilan xarakterlanadi.

Holat diagrammasi. Moddaning holati va unda ro‘y beradigan fazaviy o‘tishlarni namoyon qilish uchun holat diagrammasidan foydalaniladi. Odatda bunday diagramma *p*—*T* (bosim-temperatura) koordinatalarida tuziladi. Diagrammaning har bir nuqtasi moddaning har bir holatini aniqlaydi.

Misol uchun suvning holat diagrammasini ko‘raylik (87- rasm). *CMB* sohada suv qattiq holatda (muz), *BMA* sohada suyuq holatda (suv), *CMA* sohada gaz holatda (bug‘) bo‘ladi. *BM* chiziq qattiq va



87- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

suyuq (muz va suv), *MA* chiziq suyuq va bug‘ (suv va bug‘), *CM* qattiq va bug‘ (muz va bug‘) muvozanat holatlarini ko‘rsatadi. *CM* chizig‘iga sublimatsiya chizig‘i ham deyiladi.

Uchlanma nuqta. Muvozanat chiziqlarining har uchalasi ham bitta *M* nuqtada kesishadi. Bu nuqtaga uchlamchi nuqta deyiladi. Harorat T_m va bosimning p_m qiymatlarida suv uchta fazaviy: qattiq, suyuq va bug‘ holatlarida bo‘ladi. Suv uchun T_m=273,16 K ga teng.

Har bir modda uchun holat diagrammasi o‘ziga xos bo‘lib, tajriba natijalariga asosan tuziladi.



Sinov savollari

1. Qattiq jism qizitilganda qanday o‘zgarish bo‘ladi? 2. Erish deb nimaga aytiladi? 3. Erish qanday jarayon? 4. Erish jarayonida olingan issiqlik miqdori nimaga sarflanadi? 5. T_{er} nimaga bog‘liq? 6. Solishtirma erish issiqligi nima? 7. Solishtirma erish issiqligining SI dagi birligi qanday? 8. Qotish qachon ro‘y beradi? 9. Qotish qanday jarayon? 10. Qachon qattiq jismning harorati pasaya boshlaydi? 11. DE sohani tushuntiring. 12. 86- rasmdagi diagrammani tahlil qiling. 13. Sublimatsiya nima? 14. Faza nima? 15. Fazaviy o‘tishlar-chi? 16. Suv uchun holat diagrammasini tushuntiring. 17. Uchlanma nuqta qanday nuqta? 18. Suv uchun uchlanma nuqta harorati nimaga teng? 19. Turli moddalar uchun holat diagrammasi farq qiladimi?



58- §. Qattiq jismlarning mexanik xossalari

M a z m u n i : qattiq jismning deformatsiyasi; deformatsiya va qattiq jismning tuzilishi; materialning mustahkamligi, cho‘zilish diagrammasi, moddaning plastikligi; moddaning mo‘rtligi; moddaning qattiqligi.

Qattiq jismning deformatsiyasi. Mexanika bo‘limida qattiq jism deformatsiyasiga to‘xtalib o‘tilgan edi. Shuni ta’kidlash lozimki, jism faqat tashqi kuch natijasida emas, balki qizdirish va sovitish natijasida ham o‘z shaklini va, demak, ichki energiyasini o‘zgartirishi mumkin.

Tashqi kuchlar ta’sirida, qizdirilganda yoki sovitilganda jism hajmining va shaklining o‘zgarishiga qattiq jismning deformatsiyasi deyiladi.

Deformatsiyalovchi sabab olingandan so‘ng jism o‘zining dastlabki holatini to‘la tiklasa, elastik deformatsiya, tiklamasa plastik deformatsiya

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

deyiladi. Moddalar elastiklik va plastiklik xossalariga ega bo‘ladi. Masalan, po‘lat, rezina, teri-elastik, mis, mum-plastik moddalardir.

Deformatsiya va qattiq jismning tuzilishi. Deformatsiya natijasida kristall panjara tugunlarida joylashgan zarralarning bir-birlariga nisbatan siljishlari ro‘y beradi. Bu esa zarralar o‘rtasida vujudga kelgan o‘zaro ta’sir kuchlari muvozanatining buzilishiga olib keladi. Natijada zarralarni dastlabki o‘rinlariga qaytarishga harakat qiluvchi ichki elastiklik kuchlari F_{el} vujudga keladi.

Shuni ta’kidlash lozimki, har qanday deformatsiyani amalga oshirish uchun ish bajariladi yoki issiqlik miqdori beriladi. Demak, deformatsiyalangan jism ichki energiyasining o‘zgarishi tashqi kuchlar ta’sirida bajarilgan ish yoki berilgan issiqlik miqdoriga teng bo‘ladi. Misol uchun elastik ravishda cho‘zilgan yoki siqilgan sterjenning potensial energiyasi quyidagicha o‘zgaradi:

$$E_n = A = \frac{1}{2} \cdot \frac{ES}{l} \cdot (\Delta l)^2 ,$$

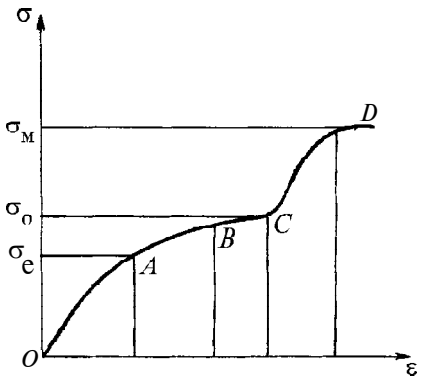
bu yerda A — shu deformatsiyani amalga oshirgan tashqi kuchlar ishi; S — deformatsiyalanuvchi jismning ko‘ndalang kesimi yuzasi, l — uzunligi, E — Yung moduli.

Ko‘rinib turibdiki, elastik ravishda cho‘zilgan sterjenning potensial energiyasi deformatsiya kvadrati $(\Delta l)^2$ ga to‘g‘ri proporsional.

Materialning mustahkamligi. Turli xil qurilmalarni loyihalashda materiallarning mustahkamligini hisobga olish kerak. Materiallarning mustahkamligi deb, u buzilmasdan chidashi mumkin bo‘lgan yukka (og‘irlikka) aytiladi. Mahkamlik chegarasi σ_m deb normal mexanik kuchlanishning yuk chidashi mumkin bo‘lgan eng katta qiymatiga aytiladi.

Elastiklik chegarasi σ_e deb σ ning deformatsiya va unga qo‘yilgan kuch orasidagi proporsionallik saqlanadigan chegaradagi qiymatiga, ya’ni Guk qonuni bajariladigan chegaradagi qiymatiga aytiladi.

Cho‘zilish diagrammasi. Endi cho‘zilish diagrammasi deb nom olgan kuchlanganlik σ va nisbiy deformatsiya ε orasidagi bog‘lanishni ko‘raylik (88- rasm).



88- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Guk qonuni bajariladigan *OA* qismga elastik deformatsiya mos keladi, σ_e — elastiklik chegarasi. U materiallarning turiga bog‘liq bo‘lib, po‘lat uchun $5 \cdot 10^8$ Pa, mis uchun esa $1{,}2 \cdot 10^8$ Pa ni tashkil etadi. *ABCD* qismga plastik deformatsiya mos keladi. *AB* qismda qattiq jismning oqishi vujudga keladi, ya’ni nisbiy deformatsiya mexanik kuchlanishga nisbatan tezroq o‘sadi. *BC* qismda esa mexanik kuchlanish o‘zgarmay qoladi, nisbiy deformatsiya esa ortadi. Oqish chegarasi σ_o — *BC* qismga mos keladi. *D* nuqta mahkamlik chegarasi σ_m ga mos keladi. Po‘lat uchun u $7{,}85 \cdot 10^8$ Pa ga, mis uchun esa $2{,}45 \cdot 10^8$ Pa ga teng.

Moddaning plastikligi. Juda ko‘p moddalarning plastikligi ularning elastiklik chegarasidan juda katta bo‘ladi. Bunday moddalar qayishqoq moddalar deyiladi. Ular ham elastik, ham plastik deformatsiyaga ega bo‘ladi. Bundaylarga mis, rux, temir va boshqalar misol bo‘ladi.

Mum, loy, plastilin kabi elastik deformatsiya sohasi mavjud bo‘lmagan moddalar esa p l a s t i k l a r deyiladi.

Mahsulotning sinishga qarshilik qilish qobiliyati faqat moddaning sifatiga emas, balki mahsulotning shakliga va ko‘rinishiga ham bog‘liq bo‘ladi. Masalan, tayoqchani cho‘zishdan ko‘ra bir tomonlama siqish yordamida tezroq sindirish mumkin.

Moddaning mo‘rtligi. Uncha katta bo‘lmagan deformatsiya natijasida bo‘laklanib ketadigan jismga mo‘rt jism deyiladi. Misol uchun shisha, chinni idishlar mo‘rt hisoblanadi. Cho‘yan, marmar, kahrabo judayam yuqori mo‘rtlikka ega. Po‘lat, mis, qo‘rg‘oshinlar esa mo‘rt bo‘lmagan moddalar hisoblanadi. Mo‘rt moddalarning elastiklik va mustahkamlik chegarasi qariyb bir xil. Shuni ta’kidlab o‘tish lozimki, u yoki bu moddadan ma’lum maqsadda foydalanishda uning mo‘rtligiga e’tibor beriladi.

Moddaning qattiqligi. Texnikada moddalarning qattiqligi ham muhim ahamiyatga ega bo‘ladi. Ikkita material berilgan bo‘lsa, ularning qaysinisi ikkinchisining sirtida chizib iz qoldira olsa, o‘sha qattiq hisoblanadi. Metallarni arralash va kesish uchun ishlatiladigan moddalar qayta ishlanadiganlariga nisbatan qattiqroq bo‘lishi kerakligi shubhasiz. Hozirgi paytda bu maqsadlarda o‘ta qattiq qotishmalardan foydalaniladi.Tabiiy moddalar ichida eng qattig‘i olmosdir.



Sinov savollari

1. Qattiq jismning deformatsiyasi deb nimaga aytiladi? 2. Qanday deformatsiya elastik deyiladi? Misollar keltiring. 3. Plastik deformatsiya deb qanday deformatsiyaga aytiladi? Misollar keltiring. 4. Deformatsiya natijasida kristall panjarada qanday o‘zgarish ro‘y beradi? 5. Ichki elastiklik kuchlari

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

qanday vujudga keladi? 6. Deformatsiyalangan jismning ichki energiyasi o‘zgaradimi? 7. Deformatsiyalangan jism ichki energiyasining o‘zgarishi nimaga teng bo‘ladi? 8. Cho‘zilgan yoki siqilgan sterjenning potensial energiyasi nimaga teng bo‘ladi? 9. Materialning mustahkamligi deb nimaga aytiladi? 10. Mahkamlik chegarasi deb-chi? 11. Elastiklik chegarasi deb nimaga aytiladi? 12. Cho‘zilish diagrammasi deb qanday bog‘lanishga aytiladi? 13. Cho‘zilish diagrammasini tahlil qiling. 14. Ham elastik, ham plastik xossalarga ega bo‘lgan moddalar mavjudmi? Ularga misollar keltiring. 15. Plastiklar deb qanday moddalarga aytiladi? 16. Mo‘rt jismlar deb qanday jismlarga aytiladi? Mo‘rt va mo‘rt bo‘lmagan moddalarga misollar keltiring. 17. Jismlarning qattiqligi qanday aniqlanadi? Qattiq jismlarga misollar keltiring.



59- §. Moddalarning issiqlikdan kengayishi

M a z m u n i : issiqlikdan kengayish; issiqlikdan kengayishning sababi; chiziqli kengayish; hajmiy kengayish; suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi; qizitilgan suyuqlikning zichligi; issiqlikdan kengayishni texnikada va hayotda e’tiborga olish; suv zichligining temperaturaga bog‘liqligi; suv zichligi o‘zgarishining tabiatga ta’siri; suvning muzlaganda kengayishi va uning oqibatlari.

Issiqlikdan kengayish. Qizitilgan jism o‘lchamlarining kattalashuvi, sovitilganining esa kichiklashuvi kundalik hayotdan ma’lum. Temperaturaning ko‘tarilishi natijasida jism chiziqli o‘lchamlarining va hajmining ortishi issiqlikdan kengayish deyiladi.

Issiqlikdan kengayishning sababi. Temperatura ortishi bilan atomlarning to‘la energiyasi ortadi, demak, issiqlik tebranma harakat amplitudasi ortadi. Natijada qattiq jism zarralarining muvozanat holatlari orasidagi o‘rtacha masofa kattalashadi, ya’ni issiqlikdan kengayish ro‘y beradi.

Chiziqli kengayish. Bizga T_0 temperaturali va l_0 uzunlikdagi qattiq jism berilgan bo‘lsin. Uni bir o‘lchamli, ya’ni ko‘ndalang kesim yuzasi uzunligiga nisbatan e’tiborga olmaydigan darajada kichik deb olamiz. Jismni T temperaturagacha, ya’ni $\Delta T = T - T_0$ temperaturaga isitaylik. Natijada uning uzunligi l gacha, ya’ni $\Delta l = l - l_0$ ga ortadi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, qizigan jismning uzunligi temperatura o‘zgarishiga chiziqli bog‘liq.

$$l = l_0 (1 + \alpha \Delta T), \qquad (59.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bu yerda α chiziqli kengayishning temperatura koeffitsiyenti deyiladi. Agar (59.1) dan α ni aniqlasak,

$$\alpha = \frac{1}{\Delta T}\frac{\Delta l}{l_0} \qquad (59.2)$$

ni topamiz. Demak, α jismning nisbiy chiziqli kengayishi $\frac{\Delta l}{l_0}$ ning temperatura o‘zgarishi ΔT ga nisbati bilan aniqlanadi. Boshqacha aytganda, jismning temperaturasi 1 K ga o‘zgarganda uning uzunligi dastlabki uzunligining qancha qismiga o‘zgarganini ko‘rsatadi:

$$[\alpha] = \frac{1}{[\Delta T]}\frac{[\Delta l]}{l} = \frac{1\text{m}}{\text{K}\cdot\text{m}} = 1\text{K}^{-1}.$$

Demak, SI da $[\alpha] = 1\text{K}^{-1}$ bo‘lib, amalda juda ko‘p moddalar uchun uning qiymati temperaturaga bog‘liq bo‘lmaydi.

4- jadval

Ba’zi moddalar uchun 273 K da chiziqli kengayishning temperatura koeffitsiyenti

Moddalar	α, 10^6 K^{-1}	Moddalar	α, 10^6 K^{-1}
Aluminiy	24	Qo‘rg‘oshin	29
Volfram	4	Shisha:	
Yog‘och:		oddiy	10
tola bo‘ylab	6	kvars	0,7
ko‘ndalang	30	Superinvor (temir, nikel,	0,03
Temir	12	xrom qotishmasi)	
Invor (temir va nikel)	0,9	Rux	30
qotishmasi)		Chinni	3
Jez	18		
Mis	17		

Hajmiy kengayish. V_0 hajm T_0 temperaturali jismni T temperaturagacha, ya’ni $\Delta T = T - T_0$ temperaturaga qizdiraylik. Natijada jismning hajmi V gacha, ya’ni $\Delta V = V - V_0$ ga ortadi.

Qizigan jismning hajmi temperatura o‘zgarishiga chiziqli bog‘liq:

$$V = V_0(1 + \beta \cdot \Delta T), \qquad (59.3)$$

bu yerda β — hajmiy kengayishning temperatura koeffitsiyenti deyiladi. Agar (59.3) dan β ni topsak,

$$\beta = \frac{1}{\Delta T}\frac{\Delta V}{V_0} \qquad (59.4)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ni olamiz. Demak, β jism hajmining nisbiy kengayishi $\frac{\Delta V}{V_0}$ ning temperatura o‘zgarishi ΔT ga nisbati bilan aniqlanadi. Boshqacha aytganda, jismning temperaturasi 1 K ga o‘zgarganda uning hajmi dastlabki hajmining qancha qismiga o‘zgarganini ko‘rsatadi.

Agar $V = l^3$ ekanligini e’tiborga olsak, chiziqli va hajmiy kengayishlarning temperatura koeffitsientlari orasida

$$\beta = 3\alpha \qquad (59.5)$$

munosabat mavjudligini topish mumkin.

Suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi. Suyuqlik qizdirilganda molekulalarning betartib harakat o‘rtacha kinetik energiyasi ortadi. Bu esa molekulalar orasidagi masofaning ortishiga olib keladi. Natijada suyuqlikning hajmi ortadi. Qattiq jismlarniki kabi suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi ham hajmiy kengayishning temperatura koeffitsiyenti bilan tavsiflanadi. Qizdirilgan suyuqlikning hajmi (59.3) ifoda bilan aniqlanadi.

5- jadval

Ba’zi suyuqliklar uchun 273 K da hajmiy kengayishning temperatura koeffitsiyenti

Modda	β, 10^{-3} K^{-1}
Simob	0,54
Kerosin	3,0
Spirt	3,3
Efir	1,7

Qizdirilgan suyuqlikning zichligi. Ma’lumki, zichlik $\rho = \frac{m}{V}$ ifoda yordamida aniqlanadi. Demak, qizdirilgan suyuqlikning hajmi ortsa, uning zichligi kamayishi kerak.

Zichlik o‘zgarishining temperaturaga bog‘liqligini aniqlash uchun T_0 va T temperaturalardagi suyuqlik zichliklarini ρ_0 va ρ bilan belgilaymiz hamda (59.3) yordamida olamiz, bunda $V = \frac{m}{\rho}$ ligidan foydalanamiz:

$$\frac{m}{\rho} = \frac{m}{\rho_0}(1 + \beta \cdot \Delta T)$$

yoki

$$\rho = \frac{\rho_0}{(1 + \beta \cdot \Delta T)}. \qquad (59.6)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Issiqlikdan kengayishni texnikada va turmushda e'tiborga olish. Har qanday asbob-uskuna, mashinalarni yasashda ular tayyorlanadigan materiallarning issiqlikdan kengayishi hisobga olinadi. Misol uchun elektr qurilmalarida turli xil metallar yoki metall va shishalarning kavsharlanishiga zarurat bo'lsa, unda chiziqli kengayish temperatura koeffitsiyentlari bir-biriga yaqin bo'lganlarinigina tanlash zarur. Aks holda qizish yoki sovish natijasida mexanik kuchlanish vujudga kelib, asbobni ishdan chiqarishi mumkin.

Ko'plab mashina va mexanizmlarning issiqlikdan kengayishi maqsadga muvofiq bo'lmagan qismlari invordan yasaladi. Ko'rsatishi temperaturaga bog'liq bo'lmasligi uchun soat mayatniklari, geodeziya uzunlik o'lchov asboblari invordan yasaladi.

Quvur yo'llarini qurishda ma'lum masofada bukri qismlar qilinadi. Bu qismlar quvurlarni isishda yoki sovishda uzunligi o'zgarishi natijasida buzilishdan saqlaydi.

Elektr uzatish simlarining osiltirib qo'yilishida ham o'tkazgich materialining issiqlikdan kengayishi hisobga olinadi. Elektr yordamida yuruvchi transport vositalarining o'tkazgichlari yuklar yordamida tortib qo'yiladi va hokazolar.

Texnikada suyuqliklarning ham issiqlikdan kengayishini hisobga olish zarur. Yopiq idishda saqlanadigan suyuqlik qizdirilganda portlab ketishi mumkin. Shuning uchun ham turli idishlar suyuqliklar bilan to'ldirilganda yoki juda qattiq yopilmaydi yoki suyuqlik hajmining ortishi hisobga olinib, bo'shliq qoldiriladi.

Suv zichligining temperaturaga bog'liqligi. (59.6) ifodadan ko'rinib turibdiki, temperatura ortishi bilan suyuqliklarning zichligi kamayadi. Lekin suv bundan mustasno.

Tajribalarning ko'rsatishicha, suv o'zining eng katta zichligiga 4 °C da erishadi. Bunga sabab muz kristall panjarasining o'ziga xos xususiyatga ega ekanligidir. Agar suyuq holatda H_2O molekulalari bir-biriga jips joylashsa, kristallanishda molekulalar orasidagi masofa ortadi va muz kristali molekulalari orasida bo'shliq vujudga keladi. Natijada muz holatidagi suvning hajmi ortadi.

Suvning zichligi 4 °C da eng katta qiymatiga erishadi va muzdagidan ham katta bo'ladi. Shuning uchun ham muz suvda suzib yuradi. Temperatura 4 °C dan ko'tarilganda ham, pasayganda ham suyuqlikning zichligi kamayadi va, demak, hajmi ortadi.

Suv zichligi o'zgarishining tabiatga ta'siri. Yer shari sirtining 70 %ini suv qoplab turgani uchun ham, uning issiqlikdan kengayishining o'ziga xos xususiyati ob-havoga katta ta'sir ko'rsatadi. Bunga suv havzalarida turli temperaturali suv qatlamlarining tinimsiz o'rin

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

almashinuvi yaqqol misol bo‘ladi. Suvning temperaturasi 4 °C ga yetguncha issiqroq suvning zichligi sovuqroq suvning zichligiga nisbatan kichikroq bo‘ladi va shuning uchun ham issiqroq suv yuqoriga ko‘tarilib, sovuqrog‘i pastga tushadi.

Temperaturaning 0 dan 4 °C gacha bo‘lgan oralig‘ida esa teskari hol ro‘y beradi. Endi yuqoriroq temperaturali suv pastga tushadi, sovuqrog‘i esa yuqoriga ko‘tarilib, yanada soviydi va muzlaydi. Shu sababli suv havzalarining yuqori qatlami muzlab, quyi qatlamlari muzlamaydi. Natijada suv havzasi tubigacha muzlamay, undagi baliqlar va boshqa jonzotlar hayoti saqlanib qoladi.

Suvning muzlaganda kengayishi va uning oqibatlari. Yuqorida qayd etilganidek, suv muzlaganda uning molekulalari orasidagi masofa va, demak, muz holatidagi suvning hajmi ham ortadi. Bu hol tog‘ jinslarining yemirilishiga olib keladi. Jins qatlamlari orasiga kirib qolgan suv muzlaydi va hajmi ortib, qatlamlarni yemiradi. Shuningdek, suv solingan idishlar ham uning muzlashi natijasida yorilishi yoki sinishi mumkin. Buning oldini olish uchun turli usullardan foydalaniladi. Masalan, avtomobillarning sovitkichlariga suv o‘rniga ancha past temperaturalarda ham muzlamaydigan boshqa suyuqliklardan foydalaniladi.



Sinov savollari

1. Issiqlikdan kengayish deb nimaga aytiladi? 2. Issiqlikdan kengayishning sababi nima? 3. Qizdirilgan jism uzunligining temperaturaga bog‘liqligini yozing. 4. Chiziqli kengayishning temperatura koeffitsiyenti qanday fizik ma’noga ega va uning birligi nima? 5. Qizdirilgan jismning hajmi temperaturaga bog‘liqmi? 6. Hajmiy kengayishning temperatura koeffitsiyenti qanday fizik ma’noga ega va uning birligi nima? 7. Chiziqli va hajmiy kengayishlarning temperatura koeffitsiyentlari orasida qanday bog‘lanish mavjud? 8. Qizdirilgan suyuqlik hajmining ortishi qanday tushuntiriladi? 9. Qizdirilgan suyuqlik hajmining o‘zgarishi qanday ifoda bilan aniqlanadi? 10. Qizdirilgan suyuqlikning hajmi qanday o‘zgaradi? 11. Qizdirilgan suyuqlik hajmining o‘zgarishini tushuntirib bering. 12. Turli moddalardan yasalgan jismlarni kavsharlaganda issiqlikdan kengayishini hisobga olish zarurmi? 13. Invorning qanday xususiyatlari mavjud? 14. Quvurlarda bukri qismlarning, elektr uzatish simlarining osiltirib qo‘yilishining sababi nimada? 15. Texnikada suyuqliklarning issiqlikdan kengayishi qanday qilib hisobga olinadi? 16. Temperatura ortishi bilan suvning zichligi qanday o‘zgaradi? 17. Suv o‘zining eng katta zichligiga qachon

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

erishadi? 18. Muz holatidagi suvning hajmi qanday qilib ortadi? 19. Nima uchun muz bo‘lagi suvda suzib yuradi? 20. 4 °C gacha pasayishda issiqroq va sovuqroq suvlar qanday joylashadi? 21. Temperaturaning 0 dan 4 °C gacha oralig‘ida-chi? 22. Suv havzalarining yuqori qatlami muzlab, pastki qatlami muzlamay qolishiga sabab nima? 23. Tog‘ jinslarining yemirilishiga sabab nima? 24. Nima uchun muzlaganda suv solingan idishlar yoki suvi bo‘lgan quvurlar yorilib ketadi? 25. Nima uchun avtomobillarning sovitgichlariga past temperaturalarda ham muzlamaydigan suyuqliklar quyiladi?



Masala yechish namunalari

1 - masala. 10 *l* sig‘imli idishda 0,25 kg massali azot bor: 1) gazning ichki bosimi; 2) molekulalarning xususiy hajmi aniqlansin.

Berilgan:
$V = 10\ l = 10^{-2}\ \text{m}^3$;
$m = 0{,}25\ \text{kg}$.
———————
$p' = ?$
$V' = ?$

Yechish. Gazning ichki bosimi

$$p' = v^2 \frac{a}{V^2} = \left(\frac{m}{M}\right)^2 \frac{a}{V^2}$$

ifoda yordamida aniqlanadi. Agar azot uchun $a = 0{,}135 \frac{\text{N}\cdot\text{m}^4}{\text{mol}^2}$ va $M = 28\cdot 10^{-3}\ \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ ekanligini va berilganlarni nazarda tutsak,

$$p' = \left(\frac{0{,}25}{28\cdot 10^{-3}}\right)^2 \frac{0{,}135}{\left(10^{-2}\right)^2}\ \text{Pa} = 107{,}6\ \text{kPa};$$

2) molekulalarning xususiy hajmini topish uchun bir moldagi molekulalarning hajmi Van-der-Vaals doimiysi *b* ning to‘rtdan bir qismiga tengligidan foydalanamiz:

$$V = v\frac{b}{4} = \frac{mb}{4M},$$

azot uchun $b = 3{,}86\cdot 10^{-5}\ \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$ ligidan

$$V = \frac{0{,}25\cdot 3{,}86\cdot 10^{-5}}{4\cdot 28\cdot 10^{-3}}\ \text{m}^3 = 8{,}62\cdot 10^{-5}\ \text{m}^3.$$

Javob. $p' = 107{,}6\ \text{kPa}$; $V' = 8{,}62\cdot 10^{-5}\text{m}^3$.

2 - masala: Glitserin kapillar nayda 20 mm balandlikka ko‘tarildi. Agar nay kanalining diametri 1 mm bo‘lsa, glitserinning sirt tarangligi aniqlansin.

Berilgan:
$h = 20\ \text{mm} = 2\cdot 10^{-2}\text{m}$;

Yechish. Suyuqlikning kapillar nayda ko‘tarilish balandligi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$d = 1\ \text{mm} = 10^{-3}\ \text{m}.$

$\alpha = ?$

$$h = \frac{2\alpha}{\rho \cdot g \cdot R}$$

formula yordamida aniqlanadi, bu ifodadan α ni aniqlasak,

$$\alpha = \frac{\rho \cdot g \cdot R \cdot h}{2},$$

bu yerda $\rho = 1{,}26 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$ glitserinning zichligi; $R = \frac{d}{2}$ kapillar nayning radiusi; $g = 9{,}81\ \text{m/s}^2$ erkin tushish tezlanishi. Kattaliklarining qiymatlaridan foydalanib topamiz:

$$\alpha = \frac{1{,}26 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{2} \frac{\text{N}}{\text{m}} = 62 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N}}{\text{m}}.$$

$$\text{Javob. } \alpha = 62 \frac{\text{mN}}{\text{m}}.$$



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Kislorod uchun Van-der-Vaals doimiysi $a = 0{,}136 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^4}{\text{mol}}$ ga teng. Kislorodning ichki bosimi hisoblansin. ($p' = 0{,}271$ kPa.)
2. Kapillar naydan oqib chiqayotgan 100 tomchi spirtning massasi 0,71 g. Agar uzilish paytida tomchi bo‘ynining diametri 1 mm bo‘lsa, spirtning sirt tarangligi aniqlansin. $\left(\alpha = 22{,}16 \frac{\text{ml}}{\text{m}}.\right)$
3. Har birining radiusi 1 mm dan bo‘lgan ikkita simob tomchisi bitta katta tomchiga birlashadi. Bu qo‘shilishda qanday energiya ajraladi? Jarayon izotermik hisoblansin. ($\Delta E = 2{,}64$ μJ.)

Test savollari

1. Gaz suyuqlikka aylanishi mumkin bo‘lgan eng yuqori temperaturaga ...temperatura deyiladi.

A. Kritik. B. Kyuri. C. Absolut.
D. To‘yingan bug‘. E. To‘g‘ri javob A va C.

2. Suyulgan gazlar saqlanadigan birinchi termos kim tomonidan kashf etilgan?

A. S.Karno. B. Dyuar. C. D.Mendeleyev.
D. L.Kapitsa. E. Guk.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. ... deb, 1 m^3 havo tarkibida mavjud bo‘lgan suv bug‘larining miqdori bilan xarakterlanuvchi kattalikka aytiladi.

A. Absolut namlik. B. Nisbiy namlik.
C. Shudring nuqtasi. D. Parsial bosim.
E. To‘g‘ri javob yo‘q.

4. Suyuqlikning ham sirti, ham butun hajmi bo‘ylab bug‘ pufakchalarining jadal hosil bo‘lishi bilan bug‘ga aylanish jarayoniga ...deyiladi.

A. Kondensatsiya. B. Bug‘lanish. C. Qaynash.
D. Dinamik muvozanat. E. To‘g‘ri javob A va B.

5. Radiusi 0,1 mm bo‘lgan kapillar naycha suvga botirilsa, undagi suyuqlik qanday balandlikka ko‘tariladi?

(Sirt taranglik koeffitsiyenti 0,072 N/m, suvning zichligi 10^3 kg/m^3).

A. 14,4 sm. B. 28,8 sm. C. 6,12 sm. D. 9,8 dm E. 20 sm.

Asosiy xulosalar

Real gazning holat tenglamasi (Van-der-Vaals tenglamasi):

$$\left(p+\frac{a}{V_m^2}\right)\left(V_m-b\right)=RT.$$

Bug‘lanish. Moddaning bug‘ (gaz) holatiga o‘tishiga bug‘lanish deyiladi.

Moddaning suyuqlik va gaz holatlari o‘rtasida farq qolmagan holatiga *kritik holat* deyiladi.

Namlik tushunchasi atmosferadagi suv bug‘larining miqdorini xarakterlash maqsadida kiritiladi.

Nisbiy namlik: $f=\frac{D}{D_0}\cdot 100\%$ kabi aniqlanadi.

Qaynash deb, suyuqlikning ham sirti, ham butun hajmi bo‘ylab bug‘ pufakchalarining jadal hosil bo‘lishi bilan bug‘ga aylanish jarayoniga aytiladi.

Solishtirma bug‘ hosil bo‘lish issiqligi r deb, qaynash holatidagi 1 kg moddani suyuq holatdan bug‘ holatiga o‘tkazish uchun sarflanadigan issiqlik miqdoriga aytiladi: $r=\frac{Q}{m}$. SI dagi birligi $1\frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sirt tarangligi deb, sirtni o‘rab turgan konturning birlik uzunligiga ta’sir etuvchi sirt taranglik kuchiga aytiladi:

$\alpha = \frac{F}{l}$. SI dagi birligi $1\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

Suyuqliqning kapillar naydan ko‘tarilish balandligi: $h = \frac{2\alpha}{\rho \cdot g \cdot R}$.

Qattiq jismlar turli xususiyatlariga ko‘ra, kristall va amorf jismlarga ajratiladi.

Temperaturaning ko‘tarilishi natijasida modda chiziqli o‘lchamlarining va hajmining ortishi *issiqlikdan kengayish* deyiladi.

Cho‘ziq jism uzunligining temperatura o‘zgarishiga chiziqli bog‘liqligi: $l = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$. Jism hajmining temperatura o‘zgarishiga chiziqli bog‘liqligi: $V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ELEKTRODINAMIKA ASOSLARI

Elektrodinamika — elektr zaryadlari orasidagi o‘zaro ta’sirni amalga oshiruvchi elektromagnit maydon qonunlari haqidagi bo‘limdir.

Eng sodda elektr va magnit hodisalari juda qadim zamonlardanoq odamlarga ma’lum bo‘lgan. Bu hodisalar yagona sistemaga solinguncha ko‘plab tajribalar o‘tkazilgan, kashfiyotlar qilingan. 1785- yilda fransuz fizigi Sh.Kulon (1736—1806) nuqtaviy zaryadlar orasidagi o‘zaro ta’sir qonunini kashf etdi. 1820- yili daniyalik fizik Ersted (1777—1851) elektr toki atrofida magnit maydon hosil bo‘lishini kashf etdi. 1831- yilda M.Faradey (1791—1867) elekromagnit induksiya hodisasini ochdi. Ingliz olimi J. Maksvell (1831—1879) elektrodinamikaning asosiy qonunlarini yaratdi va 1867- yilda e’lon qildi. U o‘zining nazariyasida tabiatda yagona elektromagnit maydon mavjudligini ko‘rsatdi. Nemis fizigi G. Gers (1857—1894) elektromagnit to‘lqinlarning mavjudligini tajribada isbotlab, Maksvell nazariyasini tasdiqladi.

XII BOB. ELEKTR MAYDON

Elektr maydon — elektromagnit maydonning (magnit maydon bilan birgalikda) namoyon bo‘lish shakllaridan biridir. U harakatsiz zaryadga ta’sir ko‘rsatadi. Elektr maydon haqidagi tushuncha ingliz fizigi M.Faradey tomonidan kiritilgan. Uning tasavvuri bo‘yicha harakatsiz har bir zaryad o‘z atrofida elektr maydon hosil qiladi. Bu zaryadlar bir-birlari bilan maydonlari orqali ta’sirlashishadi. Harakatsiz zaryad atrofidagi elektr maydonga elektrostatik maydon deyiladi. Ushbu bob elektrostatik maydonni o‘rganishga bag‘ishlanadi.

60- §. Elektr zaryadi. Elektr zaryadining saqlanish qonuni

M a z m u n i : elektr zaryadi; elektr zaryadining diskret ekanligi; elektromagnit ta’sir; jismlarning zaryadlanishi; elektr zaryadining saqlanish qonuni; elektr zaryadining SI dagi birligi; moddalardagi elektronlar miqdori.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Elektr zaryadi. Jun matoga ishqalangan kahrabo tayoqcha yengil narsalarni tortish xususiyatiga ega bo‘lishi juda qadim zamonlardan ma’lum bo‘lgan. Ingliz shifokori Jilbert (XVI asrning oxiri) ishqalashdan keyin yengil narsalarni torta olish xususiyatiga ega bo‘lgan jismlarni elektrlangan (yunoncha kahrabolangan) deb atadi va *elektr* so‘zi qo‘llanila boshlandi. Tabiatdagi moddalarning turli-tumanligiga qaramasdan faqat ikki xilgina, qarama-qarshi ishorali elektr zaryadlari mavjud. Amerikalik fizik R.Milliken (1868—1953) tajribalar yordamida elektr zaryadi diskret ekanligini, ya’ni istalgan jismning zaryadi elementar elektr zaryadi e($e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C) ga karrali ekanligini aniqladi. Boshqacha aytganda, istalgan jismning zaryadi $Q = \pm Ne$, (N — butun son) bo‘lmog‘i kerak. Elektron ($m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg) va proton ($m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg) mos ravishda manfiy va musbat elementar zaryadli zarralardir.

Elektromagnit ta’sir. Yuqorida ko‘rganimizdek, har qanday jism massasidan tashqari elektr zaryadi bilan ham xarakterlanadi. Va ular orasida nafaqat gravitatsion, balki elektromagnit ta’sir ham mavjuddir. Bir xil ismli zaryadlar itarishadi, turli ismlilari esa tortishishadi. Shuni alohida ta’kidlash lozimki, elektromagnit ta’sir gravitatsion ta’sirdan ko‘p marta kuchliroqdir. Shu bilan birga gravitatsion ta’sir barcha jismlarga xos bo‘lsa, elektromagnit ta’sir faqatgina zaryadlangan jismlargagina xos xususiyatdir. Elektromagnit ta’sirning kuchliligi jismdagi zaryad miqdoriga bog‘liq bo‘ladi.

Jismlarning zaryadlanishi. Tabiatdagi barcha jismlar elektrlanib qolish xususiyatiga ega. Elektrlanish esa turlicha usullar bilan amalga oshiriladi. Ularning eng soddasi bir jismni ikkinchisiga ishqalashdir. Masalan, teriga ishqalangan shisha tayoqcha musbat, junga ishqalangan kahrabo tayoqcha esa manfiy zaryadlanib qoladi. Xo‘sh bu zaryadlar qanday paydo bo‘ladi? Shuni ta’kidlash lozimki, barcha jismlarda elektr zaryadi mavjud. Faqatgina elektroneytral, ya’ni zaryadlanmagan jismlarda musbat va manfiy zaryadlarning miqdori teng. Tayoqchalarni matoga ishqalash esa zaryadlarning paydo bo‘lishiga emas, balki ularning qayta taqsimlanishigagina olib keladi. Natijada ularning birida musbat zaryad ko‘proq yig‘iladi va tayoqcha musbat zaryadlanib qoladi, boshqasida esa manfiy zaryadlar ko‘proq qoladi va tayoqcha manfiy zaryadlanib qoladi. Tayoqcha- mato sistemasida esa zaryadlar miqdori o‘zgarmay qolaveradi. Ya’ni biror jarayonda hosil bo‘ladigan zaryadlarning algebraik yig‘indisi nolga teng bo‘ladi.

Bir xil ishorali ortiqcha elektr zaryadlar jismdagi zaryad miqdori deyiladi. Umumiy zaryad undagi hamma elektr zaryadlarning algebraik yig‘indisiga teng.

Elektr zaryadining saqlanish qonuni. Juda ko‘plab, jumladan, o‘z tajribalari asosida ingliz fizigi M. Faradey 1843- yilda tabiatning

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

fundamental qonunlaridan biri elektr zaryadining saqlanish qonunini ta'rifladi: **Istalgan yopiq sistemada, sistema ichida qanday jarayonlar ro'y berishidan qat'iy nazar, elektr zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgarmaydi:**

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i = \text{const}, \qquad (60.1)$$

bu yerda n — sistemadagi zaryadlar soni.

Yopiq sistema deb tashqi jismlar bilan zaryad almashmaydigan sistemaga aytiladi.

Elektr zaryadi paydo ham bo'lmaydi, yo'qolmaydi ham, u faqat bir jismdan ikkinchisiga uzatiladi yoki shu sistema ichida qayta taqsimlanadi.

Elektr zaryadi — relativistik invariant kattalik bo'lib, uning miqdori qanday sanoq sistemasida qaralayotganligiga, zaryadning harakatda yoki tinch turganligiga mutlaqo bog'liq emas.

Elektr zaryadining SI dagi birligi. Elektr zaryadining SI dagi birligi hosilaviy kattalik bo'lib, 1 A tok oqayotgan o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzidan 1 s da oqib o'tgan zaryadlar miqdoriga tengdir. Bu zaryad miqdori 1 kulon (C) deyiladi.

Moddalardagi elektronlar miqdori. Erkin elektronlarining miqdoriga qarab moddalar o'tkazgichlarga, dielektriklarga va yarim o'tkazgichlarga ajraladi. Butun hajmi bo'ylab elektr zaryadini erkin o'tkazuvchi moddalar o'tkazgichlar deyiladi. Ular ikki guruhga bo'linadi: 1) birinchi tur o'tkazgichlar (metallar) — ularda zaryad (erkin elektronlar) ko'chganda kimyoviy o'zgarish ro'y bermaydi; 2) ikkinchi tur o'tkazgichlar (eritmalar) — ularda zaryadning ko'chishi kimyoviy o'zgarishlarga olib keladi. Erkin elektronlari amalda mavjud bo'lmagan moddalar (shisha, plastmassalar) dielektriklar deyiladi. Yarim o'tkazgichlar (germaniy, kremniy va hokazolar) o'tkazgichlar va dielektriklar oralig'ida bo'ladi.



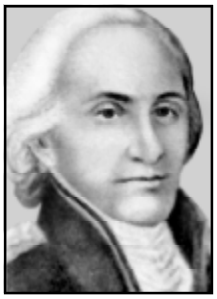
Sinov savollari

1. Elektrodinamika bo'limi nima haqida? 2. Elektr hodisalarini kishilar qachon seza boshlashgan? 3. Elektrlangan tushunchasi kim tomonidan va nima asosida fanga kiritilgan? 4. R. Milliken o'z tajribasida nimani aniqlagan? 5. Qanday elektr zaryadlari mavjud? 6. Elektr zaryadi diskret deganda nimani tushunasiz? 7. Elektron va protonlar haqida nimalarni bilasiz? 8. Zaryadlangan zarralar orasida qanday ta'sir mavjud? 9. Elektromagnit ta'sir barcha jismlarga xos xususiyatmi? Gravitatsion ta'sir-chi? 10. Elektr zaryadining miqdori nima bilan xarakterlanadi? 11. Gravitatsion ta'sir kuchlimi yoki elektromagnit ta'sirmi? 12. Jismlar qanday usullar bilan elektrlanishi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

mumkin? 13. Jismlarda zaryad qayerdan paydo bo‘ladi? 14. Biror jarayonda hosil bo‘ladigan zaryadlarning algebraik yig‘indisi nimaga teng? 15. Elektr zaryadining saqlanish qonunini ayting? 16. Yopiq sistema deb qanday sistemaga aytiladi? 17. Elektr zaryadining miqdori sanoq sistemasining tanlanishiga bog‘liqmi? 18. Elektr zaryadining SI dagi birligi qanday?

61- § . Kulon qonuni



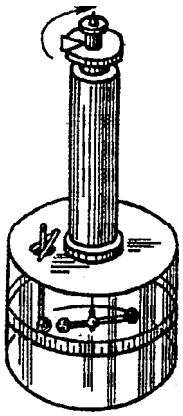
Sh. Kulon
(1736—1806)

M a z m u n i : nuqtaviy zaryad tushunchasi; Kulon qonuni, Kulon kuchining yo‘nalishi, proporsionallik koeffitsiyenti va elektr doimiysi.

Nuqtaviy zaryad. Elektrodinamikada ham turli modellardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ulardan biri nuqtaviy zaryad tushunchasidir. Nuqtaviy zaryad deb, o‘lchamlari ta’siri o‘rganilayotgan masofaga nisbatan e’tiborga olinmaydigan darajada kichik bo‘lgan, zaryadlangan jismga aytiladi. U ham xuddi moddiy nuqta kabi ideallashtirilgan tushunchadir.

Kulon qonuni. Harakatsiz nuqtaviy zaryadlar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi 1785- yilda fransuz fizigi Sh. Kulon tomonidan aniqlangan. U ham o‘z tajribasini G. Kavendesh gravitatsion doimiysini aniqlashda foydalangan asbobga o‘xshash, buralma tarozi yordamida bajargan (89- rasm).

Quyi qismida shisha tayoqcha osilgan ingichka elastik ip shisha silindr idishda o‘rnatilgan. Ipning yuqori uchi burilish burchagini aniqlashga imkon beruvchi darajalangan qurilmaga biriktirilgan. Osib qo‘yilgan shisha tayoqchaning bir uchida kichkina metall sharcha, ikkinchi uchida esa posangi biriktirilgan. Idish qopqog‘idagi teshikcha orqali xuddi shunday boshqa sharchani ham kiritish mumkin. Agar sharchalarga zaryad berilsa, ular o‘zaro ta’sirlashishadi va ipning burilish burchagiga qarab ta’sir kuchini baholash imkoni tug‘iladi.

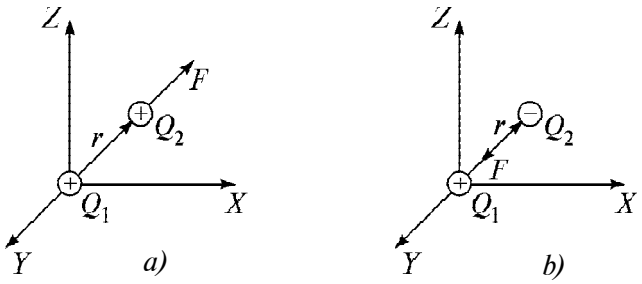


89- rasm.

Kulon qonuni: **Bo‘shliqdagi ikkita harakatsiz nuqtaviy zaryad orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi $\vec{F}$ ular zaryadlari Q_1 va Q_2 larning ko‘paytmasiga to‘g‘ri, oralaridagi masofa r ning kvadratiga esa teskari proporsional:**

$$F = k\frac{|Q_1||Q_2|}{r^2}, \qquad (61.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



90- rasm.

bu yerda k — birliklar sistemasining tanlanishiga bog‘liq bo‘lgan proporsionallik koeffitsiyenti.

Kulon kuchining yo‘nalishi. $\vec{F}$ kuch o‘zaro ta’sirlashuvchi zaryadlarni tutashtiruvchi to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalgan bo‘lib, turli ismli zaryadlar uchun tortishish ($F < 0$), bir xil ismli zaryadlar uchun esa itarish ($F > 0$) xarakteriga ega bo‘ladi (90- rasm).

Kulon qonunini vektor ko‘rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$\vec{F} = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2}\frac{\vec{r}}{r}. \qquad (61.2)$$

Proporsionallik koeffitsiyenti. SI da proporsionallik koeffitsiyenti quyidagiga teng:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot 10^9\ \frac{\text{m}}{\text{F}}, \qquad (61.3)$$

bu yerda farad (F) — elektr sig‘imining birligi. Unda Kulon qonuni quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q_1 Q_2}{r^2}, \qquad (61.4)$$

bu yerda ε_0 ga elektr doimiysi deyiladi. U tabiatning fundamental kattaliklaridan biri bo‘lib, quyidagiga teng:

$$\varepsilon_0 = 8,85\cdot 10^{12}\ \frac{\text{C}^2}{\text{N}\cdot\text{m}^2} = 8,85\cdot 10^{-12}\ \frac{\text{F}}{\text{m}}. \qquad (61.5)$$

Sinov savollari

1. Nuqtaviy zaryad deb qanday zaryadga aytiladi? 2. Kulon qonuni nima haqida? 3. Kulon qonuni. 4. Kulon tajribasini tushuntiring. 5. Kulon kuchining yo‘nalishi qanday bo‘ladi? 6. Zaryadlar orasidagi itarish kuchi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

qanday xarakterga ega? 7. SI da Kulon qonunidagi proporsionallik koeffitsiyenti nimaga teng ? 8. Elektr doimiysining qiymati nimaga teng?

62- §. Elektrostatik maydon. Elektrostatik maydon kuchlanganligi

M a z m u n i: Elektrostatik maydon tushunchasi; elektrostatik maydon kuchlanganligi; elektrostatik maydon kuchlanganligining birligi; kuchlanganlik chiziqlari; bir jinsli maydon.

Elektrostatik maydon. Agar elektr zaryadi yaqiniga boshqa zaryad keltirilsa, unga Kulon kuchi ta'sir qiladi (91- rasm). Demak, zaryad atrofida maydon mavjud ekan. Bu maydonga *elektr maydon* deyiladi. Agar zaryad harakatsiz bo'lsa, maydonga *elektrostatik maydon* deyiladi.

Elektrostatik maydon vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi va uni faqat elektr zaryadi vujudga keltiradi. Elektr maydon ham materiyaning maxsus ko'rinishlaridan biri bo'lib, u elektr zaryadiga bog'langan va zaryadlarning bir-biriga o'zaro ta'sirini uzatadi. 91- rasmda Q zaryad hosil qilgan maydonga Q_s zaryad kiritilgan hol ko'rsatilgan. Bu yerda Q_s zaryad sinash zaryadi vazifasini o'taydi. Odatda sinash zaryadi sifatida musbat zaryad olinadi. Shu bilan birga sinash zaryadining maydoni juda kichik va u o'rganilayotgan maydonni buzolmaydi deb hisoblanadi. Q zaryadning maydoniga kiritilgan Q_s sinash zaryadiga

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q\cdot Q_s}{r^2}\frac{\vec{r}}{r} \qquad (62.1)$$

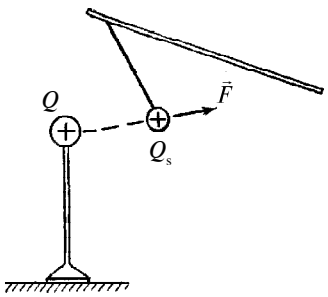
kuch ta'sir qiladi.

Elektrostatik maydon kuchlanganligi. (62.1) ifodadan ko'rinib turibdiki, $\frac{F}{Q_s}$ nisbat sinash zaryadining qiymatiga bog'liq bo'lmay, maydonning u turgan nuqtasini xarakterlovchi kattalik bo'ladi. Bu kattalik *kuchlanganlik* deyilib, u elektrostatik maydonning kuch xarakteristikasidir.

Elektrostatik maydonning shu nuqtasining kuchlanganligi deb, unda joylashtirilgan birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuch bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi:

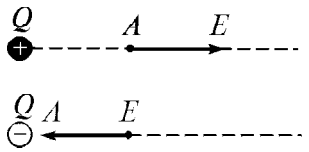
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_s}. \qquad (62.2)$$

(62.1) va (62.2) lar asosida bo'shliqdagi



91- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



92- rasm.

nuqtaviy zaryad elektrostatik maydon kuchlanganligini topamiz:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\frac{\vec{r}}{r} \qquad (62.3)$$

yoki skalar ko‘rinishda:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}, \qquad (62.4)$$

bu yerda $\vec{E}$ vektor kattalik bo‘lib, uning yo‘nalishi maydonga kiritilgan musbat zaryadga ta’sir etuvchi kuch yo‘nalishi bilan mos keladi.

Agar maydonni musbat zaryad hosil qilsa, $\vec{E}$ tashqariga (sinash zaryadini itarish tomonga), agar maydonni manfiy zaryad hosil qilsa, $\vec{E}$ zaryad tomonga (sinash zaryadini tortish tomonga) yo‘nalgan bo‘ladi.

92- rasmda musbat va manfiy zaryadlarning *A* nuqtada hosil qilgan maydon kuchlanganliklari ko‘rsatilgan.

Elektrostatik maydon kuchlanganligining birligi. (62.2) ifodadan ko‘rinib turibdiki, SI da elektr maydon kuchlanganligining birligi: $1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$.

$$[E] = \frac{[F]}{[Q]} = 1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}} = 1\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}.$$

$1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$ — maydonning shunday nuqtasining kuchlanganligiki, unda joylashtirilgan 1 C nuqtaviy zaryadga 1N kuch ta’sir etadi. Ko‘pincha, kuchlanganlikning $1\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}} = 1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{C}}$ birligidan ham foydalaniladi. Bu yerda V (volt) — elektrostatik maydon potensialining birligi.

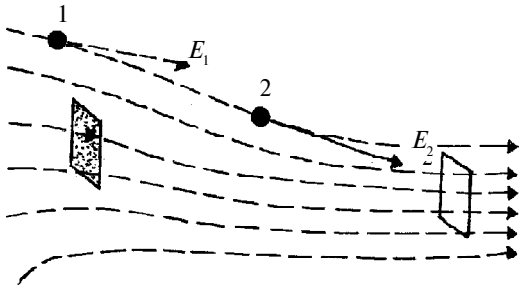
Kuchlanganlik chiziqlari. Elektr maydonni kuchlanganlik chiziqlari yordamida grafik ravishda tasvirlash ancha qulaydir.

Maydonning kuch chiziqlari yoki kuchlanganlik chiziqlari deb, har bir nuqtasiga o‘tkazilgan urinma maydonning shu nuqtasining kuchlanganlik vektori yo‘nalishi bilan mos keluvchi chiziqlarga aytiladi (93- rasm).

Kuchlanganlik chiziqlari hech qachon kesishishmaydi. Yopiq chiziq xarakteriga ega emas. Ularning boshlanish va tugash nuqtalari mavjud yoki cheksizlikka borib tutashadi.

Bu xususiyatlar tabiatda ikki xil elektr zaryadi mavjudligining natijasidir.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



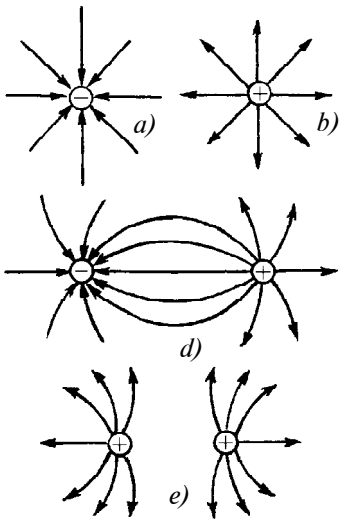
93- rasm.

Shartli ravishda kuchlanganlik chiziqlari musbat zaryaddan chiquvchi va manfiy zaryadga kiruvchi deb qabul qilingan (94- rasm).

Elektrostatik maydon kuchlanganligining nafaqat yo‘nalishi va balki qiymatini ham xarakterlash uchun kuch chiziqlarini ma’lum qalinlikda o‘tkazishga kelishilgan. Elektrostatik maydon kuchliroq bo‘lgan joyda kuchlanganlik chiziqlari qalinroq va aksincha maydon kuchsizroq bo‘lgan joyda kuchlanganlik chiziqlari siyrakroq bo‘ladi.

Bir jinsli maydon. Barcha nuqtalarida maydon kuchlanganligining ham yo‘nalishi, ham kattaligi bir xil bo‘lgan ($\vec{E}$ = const) elektr maydon *bir jinsli maydon* deyiladi.

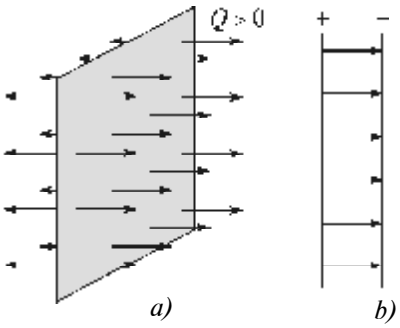
Bir jinsli maydonga bir tekis zaryadlangan tekislik (95- *a* rasm) va yassi kondensator qoplamalari chekkasidan uzoqroqdagi elektr maydonlari (95- *b* rasm) misol bo‘la oladi.



94- rasm.

Sinov savollari

1. Elektr zaryadi atrofida maydon mavjudligini qanday aniqlash mumkin? 2. Elektrostatik maydon deb qanday maydonga aytiladi? 3. Elektro-



95- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

statik maydon vaqt o‘tishi bilan o‘zgaradimi? 4. Elektr maydoni materiyaning biror turimi yoki yo‘qmi? 5. Sinash zaryadi deb qanday zaryadga aytiladi? 6. Maydonga kiritilgan sinash zaryadiga qanday kuch ta’sir etadi? 7. Elektrostatik maydon kuchlanganligi deb qanday kattalikka aytiladi? 8. Kuchlanganlik sinash zaryadining miqdoriga bog‘liqmi? 9. Kuchlanganlik elektrostatik maydonning qanday xarakteristikasi? 10. Nuqtaviy zaryadning elektrostatik maydon kuchlanganligi va uning yo‘nalishiga ta’rif bering. 11. Musbat va manfiy nuqtaviy zaryadlar maydonlari kuchlanganliklarining yo‘nalishlari to‘g‘risida nima bilasiz? 12. Elektrostatik maydon kuchlanganligining birligi. 13. Kuchlanganlik chiziqlari deb qanday chiziqlarga aytiladi? 14. Kuchlanganlik chiziqlari tushunchasi nima maqsadda kiritiladi? 15. Elektrostatik maydon kuch chiziqlari qayerda kesishadi? 16. Elektrostatik maydon kuch chiziqlari qayerda boshlanib, qayerda tugaydi? 17. Elektrostatik maydon kuch chiziqlarining boshlanish va tugash nuqtalarining mavjudligi nimani ko‘rsatadi? 18. Kuchlanganlik chiziqlari elektrostatik maydon kuchlanganligining qiymatini xarakterlay oladimi? 19. Bir jinsli maydon deb qanday maydonga aytiladi? 20. Bir jinsli maydonga misol keltiring.



63- §. Elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsipi. Dipol maydoni

M a z m u n i : elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsipi; ikki zaryad maydonining kuchlanganligi; dipol maydoni.

Superpozitsiya prinsipi. Q_1, Q_2 , ... Q_n harakatsiz zaryadlar sistemasi hosil qiladigan elektrostatik maydonning har bir nuqtasida kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning qiymati va yo‘nalishini aniqlash kerak bo‘lsin. Buning uchun mexanika bo‘limida foydalanilgan kuchlar ta’sirining mustaqillik prinsipidan foydalanamiz, ya’ni sinash zaryadi Q_s ga maydon tomonidan ta’sir etadigan $\vec{F}$ kuch unga har bir Q_i zaryad tomonidan ko‘rsatiladigan $\vec{F}_i$ kuchlarning vektorial yig‘indisiga teng:

$$\vec{F} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n . \qquad (63.1)$$

Agar $\vec{F} = Q_s \vec{E}$. $\vec{F}_1 = Q_s \vec{E}_1$, $\vec{F}_2 = Q_s \vec{E}_2$,..., $\vec{F}_n = Q_s \vec{E}_n$ ligini nazarda tutsak va ularni (63.1) ga qo‘ysak, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$Q_s \cdot \vec{E} = Q_s \vec{E}_1 + Q_s \vec{E}_2 + ... + Q_s \vec{E}_n = \sum_{i=1}^{n} \left(Q_s \vec{E}_i \right) = Q_s \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i$ bu yerda $\vec{E}$ — natijaviy maydon kuchlanganligi, $\vec{E}_i$ lar har bir zaryad hosil qilgan maydon kuchlanganliklari.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ifodani Q_s ga qisqartiramiz:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i. \qquad (63.2)$$

(63.2) elektrostatik maydon uchun *superpozitsiya prinsipi* deyiladi. **Zaryadlar sistemasi hosil qiladigan maydon kuchlanganligi $\vec{E}$ shu nuqtada har bir zaryad alohida hosil qiladigan maydonlar kuchlanganliklarining geometrik yig'indisiga teng.**

Superpozitsiya prinsipi istalgan harakatsiz zaryadlar sistemasining elektrostatik maydonini hisoblashga imkon beradi.

Ikki zaryad maydonining kuchlanganligi. Eng sodda hol ikkita zaryad hosil qilgan maydonning *A* nuqtadagi kuchlanganligini aniqlashdir. Superpozitsiya prinsipiga asosan:

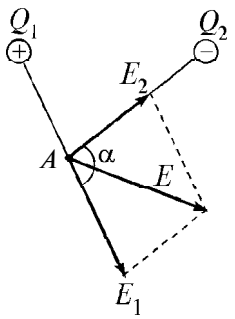
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2, \qquad (63.3)$$

bu yerda $\vec{E}$ — zaryadlar sistemasining *A* nuqtadagi kuchlanganligi, $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ lar mos ravishda Q_1 va Q_2 zaryadlarning shu nuqtada hosil qilgan maydon kuchlanganliklari. $\vec{E}$ vektorning moduli kosinuslar teoremasiga asosan aniqlanadi:

$$E = \sqrt{E_1 + E_2 + 2E_1E_2 \cdot \cos\alpha}, \qquad (63.4)$$

bu yerda α — $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ vektorlar orasidagi burchak (96- rasm).

Dipol. Elektr dipoli deb qiymatlari teng, ishoralari turli, bir-biridan *l* masofada joylashgan ikkita zaryaddan iborat sistemaga aytiladi. Zaryadlarni tutashtiruvchi *l* kesma dipol o'qi deyilib, u ko'rilayotgan maydon nuqtasigacha bo'lgan masofaga nisbatan juda kichikdir (97- rasm).



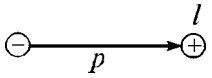
96- rasm.

Dipol o'qi bo'ylab manfiy zaryaddan musbat zaryadga qarab yo'nalgan va kattaligi dipol o'qiga teng bo'lgan vektor dipol yelkasi $\vec{l}$ deyiladi.

Yo'nalishi dipol yelkasining yo'nalishi bilan mos keluvchi va zaryad $|Q|$ ning yelka $\vec{l}$ ga ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi

$$\vec{P} = |Q|\vec{l} \qquad (63.5)$$

kattalik dipolning *elektr momenti* yoki *dipol momenti* deyiladi.



97- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Superpozitsiya prinsipidan foydalanishning nima zarurati bor? 2. Kuchlar uchun superpozitsiya prinsipi nima? 3. Elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsipi qanday? 4. Elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsipi qanday imkoniyatlar yaratadi? 5. Ikki zaryad elektrostatik maydonlarining biror nuqtada hosil qilgan kuchlanganligi nimaga teng? 6. Shu kuchlanganlikning moduli nima? 7. Elektr dipoli deb nimaga aytiladi? 8. Dipol o‘qi deb nimaga aytiladi? 9. Dipol yelkasi deb nimaga aytiladi? 10. Dipol momenti deb nimaga aytiladi?

64- §. Elektrostatik maydon kuchlarining ishi

M a z m u n i : zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish; elektrostatik maydonning potensial maydon ekanligi.

Zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish. Nuqtaviy Q zaryad statsionar (vaqt o‘tishi bilan o‘zgarmaydigan) elektr maydonda joylashtirilgan bo‘lsin. Maydon kuchlari zaryadni ko‘chirib ish bajaradi. $\vec{F}$ kuch ta’sirida Q zaryad $\vec{r}$ ga ko‘chsin. Unda bajarilgan ish

$$A = \left(\vec{F} \cdot \vec{r}\right) \tag{64.1}$$

ifoda yordamida aniqlanadi. (64.1) dan

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha \tag{64.2}$$

ifodani hosil qilamiz. Bu yerda α — kuch va ko‘chish vektorlari orasidagi burchak, $|r| = s$ — zaryad ko‘chgan yo‘l.

Agar maydon bir jinsli bo‘lsa, ($E = \text{const}$), unda zaryadga ta’sir etadigan maydon kuchlari $F = QE$ ham o‘zgarmas bo‘ladi. Bu holda ish

$$A = Q \cdot E \cdot s \cdot \cos\alpha \tag{64.3}$$

ko‘rinishni oladi.

Endi zaryadni $\vec{E}$ kuchlanganlikli bir jinsli elektrostatik maydonda 1- nuqtadan 2- nuqtaga ko‘chishda bajarilgan ishni hisoblaylik. Zaryad 2- nuqtaga turli trayektoriyalar orqali ko‘chishi mumkin. Soddalik uchun ularning ikkitasi: 1—2 va 1—3—2 larni ko‘ramiz (98- rasm).

Har ikkala hol uchun ham bajarilgan ishni hisoblab, natijalarni solishtiraylik. 1—2 trayektoriya uchun $s\cos\alpha = x_2 - x_1$ ekanligini hisobga olsak, (64.3) ifoda yordamida topamiz:

$$A_{12} = Q \cdot E(x_2 - x_1). \tag{64.4}$$

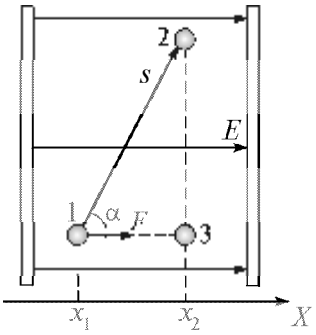
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

A_{132} ishni esa A_{13} va A_{32} ishlarning yig‘indisi sifatida qarash mumkin:

$$A_{132} = A_{13} + A_{32}$$

(64.3) ifodaga asosan:

$$A_{13} = QE\,(x_2 - x_1)$$



98- rasm.

chunki 1 — 3 yo‘nalishda ko‘chish va kuchlanganlik vektorining yo‘nalishlari mos kelib, $\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$. $A_{32} = 0$ bo‘ladi, chunki 3 — 2 yo‘nalishda ko‘chish va kuchlanganlik vektorining yo‘nalishlari o‘zaro perpendikular bo‘lib, $\alpha = \pi/2$, $\cos\alpha = 0$.

Shunday qilib,

$$A_{132} = QE(x_2 - x_1)$$

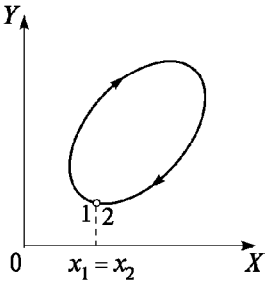
ifodani hosil qilamiz.

Elektrostatik maydonning potensial maydon ekanligi. (64.4) va (64.5) larni solishtirib, $A_{12} = A_{132} = QE(x_2 - x_1)$ ekanligidan, elektrostatik maydonda zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish ko‘chish trayektoriyasiga emas, balki boshlang‘ich va oxirgi holatlarga bog‘liq, degan hulosaga kelamiz. Bunday xususiyatga ega maydonlar esa *potensial maydon* deyiladi. Demak, elektrostatik maydon ham gravitatsion maydon kabi potensial maydon, elektrostatik kuchlar esa konservativ kuchlar bo‘ladi.

Elektrostatik maydonning potensialligidan zaryadni yopiq kontur bo‘ylab ($x_2 = x_1$) ko‘chirishda bajarilgan ish nolga tengligi kelib chiqadi (99- rasm).

Sinov savollari

1. Elektrostatik maydonda zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish nimaga teng? 2. Ishning zaryad miqdoriga bog‘liqlik formulasini keltiring. 3. Zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish ko‘chish yo‘nalishiga bog‘liqmi? 4. Zaryadni kuchlanganlik vektoriga perpendikular yo‘nalish bo‘ylab ko‘chirishda bajarilgan ish nimaga teng? 5. Elektrostatik maydon qanday maydon? 6. Zaryadni elektrostatik maydonda yopiq kontur bo‘ylab ko‘chirishda bajarilgan ish nimaga teng?



99- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

65- §. Potensial. Potensiallar farqi

M a z m u n i : potensial; potensiallar farqi; zaryadlar sistemasining potensiali; potensialning birligi.

Potensial. Tabiiyki, potensial maydondagi jism potensial energiyaga ega bo‘ladi va maydon kuchlari shu energiya hisobidan ish bajaradi. Masalan, elektrostatik maydonda zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish shu zaryad potensial energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi. Ya’ni bajarilgan ish zaryadning dastlabki va keyingi potensial energiyalarining farqiga teng bo‘ladi:

$$A_{12} = P_1 - P_2. \tag{65.1}$$

Q zaryad hosil qilgan maydonda undan r masofada bo‘lgan Q_s sinash zaryadining potensial energiyasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{QQ_s}{r}. \tag{65.2}$$

Bir xil ishorali zaryadlar uchun $QQ_s > 0$ va ularning o‘zaro ta’sir (itarish) potensial energiyasi musbat, turli ishorali zaryadlar uchun $QQ_s < 0$ va ularning o‘zaro ta’sir (tortishish) potensial energiyasi manfiy bo‘ladi.

(65.2) ifodadan

$$\frac{P}{Q_s} = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{Q}{r} \tag{65.3}$$

munosabatni aniqlasak, u Q_s zaryadning miqdoriga bog‘liq bo‘lmay, Q zaryad elektr maydonining undan r masofada turgan nuqtasining xarakteristikasidir. Bu kattalik *potensial* deyiladi:

$$\varphi = \frac{P}{Q_s}. \tag{65.4}$$

Potensial — elektrostatik maydonning energetik xarakteristikasidir. **Elektrostatik maydonning biror nuqtasining potensiali shu nuqtada turgan birlik musbat zaryadning potensial energiyasi bilan aniqlanadigan fizik kattalikdir.**

(65.3) ifodadan ko‘rinib turibdiki, Q nuqtaviy zaryad hosil qilgan maydon potensiali

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r} \tag{65.5}$$

ifoda bilan aniqlanadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Ushbu ifodadan Q zaryad tekis taqsimlangan R radiusli sharning potensialini aniqlashda ham foydalanish mumkin. Sharning ichidagi maydon potensiali o‘zgarmas va

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R}$$

bo‘ladi.

Potensiallar farqi. Yuqorida ta’kidlab o‘tilganidek, Q_s zaryadni 1- nuqtadan 2- nuqtaga ko‘chirganda elektrostatik maydon kuchlari tomonidan bajarilgan ish $A_{12} = P_1 - P_2$ kabi aniqlanadi. Agar (65.4) ifodadan foydalansak,

$$A_{12} = Q_s(\varphi_1 - \varphi_2) \qquad (65.6)$$

ni hosil qilamiz. Ya’ni bajarilgan ish ko‘chiriladigan zaryad miqdorining boshlang‘ich va oxirgi nuqtalardagi potensiallar farqiga ko‘paytmasiga teng.

Elektrostatik maydonning ikkita 1- va 2- nuqtalari orasidagi potensiallar farqi birlik musbat zaryadni 1- nuqtadan 2- nuqtaga ko‘chirishda maydon kuchlari tomonidan bajarilgan ish bilan aniqlanadi.

Endi Q_s zaryadni maydonning ixtiyoriy nuqtasidan maydon tashqarisiga, ya’ni cheksizlikka (potensiali nolga teng bo‘lgan nuqtaga) ko‘chirishda elektrostatik maydon kuchlari bajargan ishni ko‘raylik. Demak, $\varphi_2 = 0$ va $\varphi_1 = \varphi$ deb olamiz. Unda (65.6) ga asosan:

$$A_\infty = Q_s\varphi.$$

Bundan

$$\varphi = \frac{A_\infty}{Q_s}. \qquad (65.7)$$

Demak, maydonning shu nuqtasining potensiali birlik musbat zaryadni maydonning shu nuqtasidan cheksizlikka ko‘chirishda bajarilgan ish bilan aniqlanuvchi fizik kattalikdir.

Zaryadlar sistemasining potensiali. Agar maydon n ta nuqtaviy Q_1, Q_2,..., Q_n zaryadlar sistemasi tomonidan hosil qilinsa, shu maydonda turgan Q_s zaryadning potensial energiyasi P, uning har bir zaryad vujudga keltirgan P_i potensial energiyalarining yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni

$$P = \sum_{i=1}^{n} P_i = Q_s \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{4\pi\varepsilon_0 r_i}. \qquad (65.8)$$

(65.4) ga asosan:

$$\varphi = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{r_i}. \qquad (65.9)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Demak, maydonni bir qancha zaryadlar sistemasi hosil qiladigan bo‘lsa, bunday maydon potensiali har bir zaryad maydoni potensiallarining algebraik yig‘indisiga teng bo‘ladi.

Potensial birligi. SI da potensial birligi sifatida volt (V) qabul qilingan:

$$[\varphi] = \frac{[P]}{[Q]} = 1\frac{\text{J}}{\text{C}} = 1\text{V}.$$

1 Volt — maydonning 1 kulon zaryad, 1 joul potensial energiyaga ega bo‘ladigan nuqtasining potensialidir. U italiyalik fizik A. Volta sharafiga shunday nomlangan. Shuningdek, potensiallar farqi (kuchlanish) ham voltlarda o‘lchanadi.



Sinov savollari

1. Elektrostatik maydondagi zaryad qanday energiyaga ega bo‘ladi? 2. Elektrostatik maydonda zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish nimaning hisobiga bajariladi? 3. Elektrostatik maydonda zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish nimaga teng? 4. Elektrostatik maydonda joylashtirilgan sinash zaryadining potensial energiyasi nimaga teng? 5. Elektrostatik maydonning biror nuqtasining potensiali nimaga teng? 6. Maydon potensiali zaryad miqdoriga bog‘liqmi? 7. Maydon potensiali vektor kattalikmi? 8. Nuqtaviy zaryadning maydon potensiali nimaga teng? 9. Zaryadi tekis taqsimlangan sharning ichidagi potensial nimaga teng? 10. Zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish potensiallar farqiga bog‘liqmi? 11. Ikki nuqta orasidagi potensiallar farqi nimaga teng? 12. Maydon biror nuqtasining potensialini yana qanday ta’riflash mumkin? 13. Zaryadlar sistemasi hosil qilgan maydondagi sinash zaryadining potensial energiyasi nimaga teng? 14. Zaryadlar sistemasi hosil qilgan maydonning potensiali nimaga teng? 15. SI da potensial birligi nima va u qanday potensial?



66- §. Elektrostatik maydon kuchlanganligi va potensiallari farqi orasidagi bog‘lanish. Ekvipotensial sirtlar

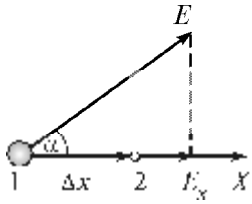
M a z m u n i : kuchlanganlik va potensiallar farqi orasidagi bog‘lanish; ekvipotensial sirtlar.

Biz elektrostatik maydonning ikki xil: kuch (kuchlanganlik $\vec{E}$) va energetik (potensial φ) xarakteristikalarini ko‘rdik. Shunday qilib, maydonning istalgan biror nuqtasi ham kuchlanganlik, ham potensial bilan xarakterlanar ekan. Demak, bu kattaliklar orasida ma’lum bog‘lanish bo‘lishi kerak. Buning uchun zaryadni x o‘qi bo‘ylab Δx

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

masofaga ko‘chirishda maydon kuchlari (E_x) bajargan ishni hisoblaylik (100- rasm). (64.4) ga asosan:

$$A = Q \cdot E_x \cdot \Delta x. \qquad (66.1)$$



100- rasm.

Ikkinchi tomondan, bu ishni potensial orqali ifodalasak:

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2) = -Q(\varphi_2 - \varphi_1) = -Q\Delta\varphi \qquad (66.2)$$

ga ega bo‘lamiz.

Ularni tenglashtirib, $E_x \cdot \Delta x = -\Delta\varphi$ yoki

$$E_x = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta x} \qquad (66.3)$$

ifodani hosil qilamiz.

Xuddi shuningdek, zaryadni *y* va *z* o‘qlari bo‘ylab ko‘chirib,

$$E_y = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta y}, \quad E_z = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta z} \qquad (66.4)$$

larni hosil qilish mumkin.

Shunday qilib, har bir nuqtadagi maydon kuchlanganligi ma’lum bo‘lsa, istalgan nuqtalar orasidagi potensiallar farqini hisoblash mumkin.

(65.3) va (65.4) ifodalardan ko‘rinib turibdiki, maydonning biror nuqtasining kuchlanganligi shu nuqtada potensial o‘zgarish tezligining manfiy ishora bilan olinganiga teng. Manfiy ishora kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ potensialning kamayish tomoniga yo‘nalganligini ko‘rsatadi. Bir jinsli maydon holida (masalan yassi kondensatorlar maydoni) kuchlanganlik quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

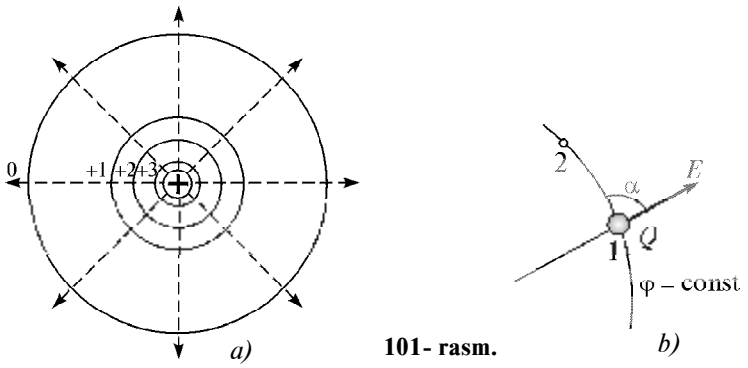
$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}, \qquad (66.5)$$

bu yerda d — kondensator qoplamlari orasidagi masofa, $\varphi_1 - \varphi_2$ potensiallar farqi.

Ekvipotensial sirtlar. Elektr maydonni grafik ravishda nafaqat kuchlanganlik chiziqlari, balki teng potensialli sirtlar orqali ham ifodalash mumkin. *Ekvipotensial sirtlar* deb bir xil potensialli nuqtalar to‘plamiga aytiladi. Bu sirtlar chizmada teng potensialli chiziqlar sifatida tasvirlanadi. 101- *a* rasmda nuqtaviy musbat zaryad maydonining teng potensialli chiziqlari ko‘rsatilgan. Bu zaryad atrofida cheksiz ko‘p bunday chiziqlarni o‘tkazish mumkin. Bu chiziqlarni oralaridagi potensiallar farqi bir xil (misol uchun $1V$) qilib chizish maqsadga muvofiq.

Shundagina teng potensialli chiziqlar mazkur maydonda potensiallar farqi qanday o‘zgarishini ko‘rsata oladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



a) **101- rasm.** *b)*

Endi Q zaryadni teng potensialli sirt bo‘ylab 1- nuqtadan 2-siga ko‘chirishda maydon kuchlarining bajargan ishini ko‘raylik, uni quyidagicha hisoblash mumkin:

$$A = Q\,(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Teng potensialli sirtlarda $\varphi_1 - \varphi_2$ ligidan $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$, va demak,

$$A = 0. \qquad (66.6)$$

Demak, teng potensialli sirt bo‘ylab zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish nolga teng bo‘lar ekan.

Ikkinchi tomondan, bajarilgan ishni $A = F \cdot x \cdot \cos\alpha = Q \cdot E \cdot x \cdot \cos\alpha = Q \cdot E_x \cdot x$ ko‘rinishda yozish mumkin (101- *b* rasm). Bu yerda $E_x = E \cdot \cos\alpha$ kuchlanganlikning ko‘chish yo‘nalishidagi proyeksiyasi, x ko‘chish kattaligi (66.6) ga asosan

$A = Q \cdot E_x \cdot x = 0$ bo‘lishi kerak. Q va x lar nolga teng bo‘lmaganidan yagona imkoniyat $E_x = E \cdot \cos\alpha = 0$ qoladi. Demak, $\cos\alpha = 0$, $\alpha = \frac{\pi}{2}\cdot$ Boshqacha aytganda, kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ va ko‘chish yo‘nalishi o‘zaro perpendikular ekan. Shunday qilib maydon kuchlanganligining vektori teng potensialli sirtning har bir nuqtasiga perpendikular va potensial kamayishi tomonga yo‘nalgan.

Sinov savollari

1. Nimaga asosan maydon kuchlanganligi va potensiallar farqi orasida bog‘lanish mavjud deb hisoblanadi? 2. Maydon kuchlanganligi va potensiallar farqi orasidagi bog‘lanishni aytib bering. 3. Kuchlanganlik vektori qaysi tomonga qarab yo‘nalgan? 4. Bir jinsli maydonda kuchlanganlik va potensiallar farqi orasidagi bog‘lanish mavjudmi? 5. Teng potensialli sirtlar deb qanday sirtlarga

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

aytiladi? 6. Teng potensialli sirtlarni chizmada ko‘rsatib bering? 7.Teng potensialli sirtlar potensiallar farqi qanday o‘zgarishini ko‘rsata oladimi? 8. Zaryadni teng potensialli sirt bo‘ylab ko‘chirishda bajarilgan ish nimaga teng? Javobingizni isbotlang.

67- §. Dielektriklar. Dielektriklarning qutblanishi

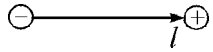
M a z m u n i: dielektriklar; dielektriklarning qutblanishi; qutblanganlik; dielektrik singdiruvchanlik.

Dielektriklar. Yuqorida qayd etilganidek, dielektriklar deb erkin elektronlari mavjud bo‘lmagan moddalarga aytilsa-da, ular hamma moddalar kabi atomlar va molekulalardan tashkil topgan. Agar molekulalar yadrolaridagi musbat zaryadlarni musbat zaryadlar «og‘irlik» markazida yotgan zaryadlar yig‘indisi $+Q$, barcha elektronlarning zaryadini esa manfiy zaryadlarning «og‘irlik» markazida bo‘lgan manfiy zaryadlar yig‘indisi $-Q$ bilan almashtirsak, unda molekulani $\vec{P} = Q \cdot \vec{l}$ elektr momentiga ega bo‘lgan elektr dipol sifatida qarash mumkin (102- rasm).

Tuzilishiga qarab, dielektriklar uch guruhga bo‘linadi. B i r i n c h i g u r u h d i e l e k t r i k l a r g a molekulalari simmetrik tuzilishga ega, ya’ni tashqi maydon bo‘lmaganda musbat va manfiy zaryadlarning og‘irlik markazlari mos keladigan dielektriklar kiradi. Tabiiyki, bunday dielektrik molekulalarining dipol momentlari nolga teng bo‘ladi va ularga qutblanmagan molekulalar deyiladi. Qutblanmagan molekulali dielektriklarga benzol, parafin, polietilen, vodorod, kislorod, azot va boshqalar kiradi.

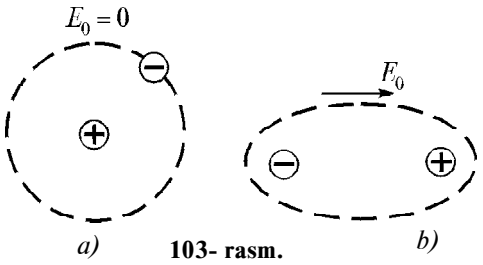
I k k i n c h i g u r u h d i e l e k t r i k l a r g a molekulalari assimmetrik tuzilishga ega, ya’ni musbat va manfiy zaryadlarning og‘irlik markazlari mos kelmaydigan dielektriklar kiradi. Bunday dielektriklarning molekulalari tashqi maydon bo‘lmaganda ham dipol momentiga ega bo‘ladi va molekulalariga qutblangan deyiladi. Tashqi maydon bo‘lmaganda qutblangan molekulalarning dipol momentlari issiqlik harakati natijasida betartib yo‘nalgan bo‘lib, ularning natijaviy momenti nolga teng bo‘ladi. Ikkinchi guruh dielektriklarga fenol, nitrobenzol, suv, ammiak, is gazi va boshqalar kiradi.

U c h i n c h i g u r u h d i e l e k t r i k l a r g a molekulalari ion tuzilishiga ega moddalar kiradi. Bunday moddalarning tuzilishi turli ishorali ionlar batartib takrorlanadigan fazoviy panjaradan iborat. Shuning uchun ham ularda molekulalarini alohida ajratish imkoni bo‘lmay,

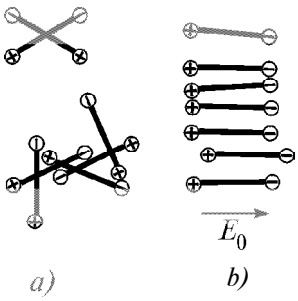


102- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



103- rasm.



104- rasm.

bir-biri tomon siljigan ion panjaralarning sistemasini qarash mumkin. Bunday dielektriklarga osh tuzi, kaliy xlorid, seziy xlorid va boshqalar kiradi.

Qutblanish. Dielektriklar tashqi elektr maydonga kiritilsa, ularda noldan farqli elektr momenti vujudga keladi. Boshqacha aytganda, dielektriklar qutblanadi. *Qutblanish* deb tashqi elektr maydoni ta'sirida dielektrikdagi dipollarning maydon bo'ylab joylashib qolishiga yoki maydon bo'ylab joylashgan dipollarning vujudga kelishiga aytiladi.

Dielektriklarning uch turiga mos ravishda qutblanish ham uch turga ajratiladi.

1. Elektron qutblanish. Qutblanmagan molekula (103- *a* rasm) elektr maydoniga kiritilsa, maydon ta'sirida elektron orbitalarining deformatsiyalanishi ro'y berib, atomlarda dipol momentlari vujudga keladi (103- *b* rasm).

2. Dipol (yo'nalish bo'yicha joylashib) qutblanish. Betartib harakatda bo'lgan qutblangan molekulalarning dipollari (104- *a* rasm) tashqi maydon bo'ylab batartib joylashib qoladi (104- *b* rasm).

3. Ionli qutblanish. Tashqi maydon ta'sirida kristall panjaradagi musbat ionlarning maydon bo'ylab, manfiy ionlarning esa qarama-qarshi tomonga siljishi ro'y beradi.

Qutblanganlik. Demak, dielektrik tashqi maydonga kiritilganda qutblanadi, ya'ni noldan farqli dipol momentiga ega bo'lib qoladi. Dielektrikning dipol momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{P}_{\text{V}} = \sum_{i=1}^{n} \vec{P}_i = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \ldots + \vec{P}_n, \qquad (67.1)$$

bu yerda $\vec{P}_i$ — bitta molekulaning dipol momenti, n — dielektrikdagi molekulalar soni.

Demak, dielektrikning dipol momenti undagi molekulalar dipol momentlarining geometrik yig'indisiga teng bo'lar ekan.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Dielektrikning ko‘p yoki kam qutblanganligini baholash uchun *qutblanganlik* deyiluvchi vektor kattalikdan foydalaniladi. Qutblanganlik deb dielektrikning birlik hajmiga to‘g‘ri keluvchi dipol momenti bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi:

$$\vec{P}_V = \frac{\vec{P}}{V} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \vec{P}_i}{V}, \qquad (67.2)$$

bu yerda V — dielektrikning hajmi.

Izotrop dielektriklar uchun qutblanganlik qo‘yilgan maydon kuchlanganligiga proporsional:

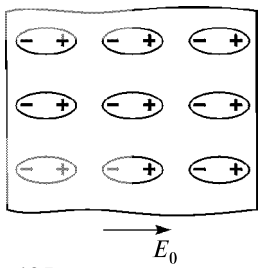
$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E}, \qquad (67.3)$$

bu yerda χ dielektrik qabul qiluvchanlik deyilib, moddaning tuzilishi va temperaturasiga bog‘liq. U birliksiz kattalik bo‘lib, qiymati doimo noldan katta:

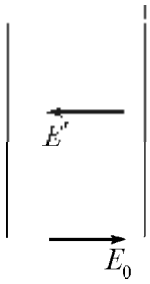
$$\chi > 0.$$

Demak, qutblanganlik $\vec{P}$ doimo dielektrik turgan tashqi elektr maydoni $\vec{E}$ bo‘ylab yo‘nalgan bo‘ladi.

Dielektrik singdiruvchanlik. Qutblanish natijasida dielektrik qirralaridaqo‘shni dipollar bilan kompensatsiyalanmagan zaryadlar paydo bo‘ladi (105- rasm). Dielektrikning bir sirtida musbat zaryadlar, ikkinchisida esa manfiy zaryadlar vujudga kelib, ular *bog‘langan zaryadlar* deyiladi. Bog‘langan zaryadlar dielektrik molekulalariga tegishli bo‘lib, uning sirtidan uzoqlashtirilishi mumkin emas. Dielektrik ichida bog‘langan zaryadlar tomonidan vujudga keltiriladigan elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}'$ dielektrikni qutblantiruvchi tashqi elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}_0$ ga qarama-qarshi yo‘nalgan bo‘ladi (106-rasm). Demak, natijaviy kuchlanganlik $\vec{E}$, muhitning elektrik



105- rasm.



106- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

xususiyatlariga bog‘liq bo‘lib, dielektrikka qo‘yilgan tashqi maydon kuchlanganligi $\vec{E}_0$ ga proporsionaldir:

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\varepsilon}. \qquad (67.4)$$

$\varepsilon = \frac{\vec{E}_0}{E}$ bu yerda dielektrik bo‘shliqdagi maydon kuchlanganligini necha marta kuchsizlantirishini ko‘rsatadi. U birliksiz bo‘lib, dielektriklarning elektr maydonida qutblanish xususiyatlarini miqdoran tavsiflovchi kattalik hisoblanadi. ε ga *dielektrik singdiruvchanlik* deyiladi. U dielektrik qabul qiluvchanlik bilan quyidagicha bog‘langan:

$$\varepsilon = 1 + \chi. \qquad (67.5)$$

Quyida ba’zi moddalarning dielektrik singdiruvchanliklari keltirilgan.

6- jadval

Modda	ε	Modda	ε
Toza suv	81	Parafin	2,2
Havo	1,0006	Slyuda	6–8
Kvars	4,5	Shisha	6–10
Radiotexnik chinni	80 гача	Ebonit	3
Transformator moyi	2,2	Kahrabo	2,8



Sinov savollari

1. Dielektriklar deb qanday moddalarga aytiladi? 2. Dielektrikning molekulasini elektr dipoli sifatida qarash mumkinmi? 3. Bunday dipolning elektr momenti nimaga teng? 4. Birinchi guruh dielektriklar qanday dielektriklar? Misollar keltiring. 5. Ikkinchi guruh dielektriklar qanday dielektriklar? Misollar keltiring. 6. Uchinchi guruh dielektriklar qanday dielektriklar? Misollar keltiring. 7. Dielektriklarning qutblanishi deb nimaga aytiladi? 8. Dielektriklar nechta turli qutblanishi mumkin? 9. Elektron qutblanish qanday ro‘y beradi? 10. Dipol qutblanish qanday ro‘y beradi? 11. Ionli qutblanish qanday ro‘y beradi? 12. Qutblanganlik tushunchasi nima maqsadda kiritiladi? 14. Qutblanganlik deb nimaga aytiladi? 15. Qutblanganlik tashqi elektr maydon kuchlanganligiga bog‘liqmi? Yo‘nalishi-chi? 16. Dielektrik qabul qiluvchanlik qanday kattalik? Uning qiymati, birligi? 17. Bog‘langan zaryadlar deb qanday zaryadlarga aytiladi? 18. Bog‘langan zaryadlarni modda sirtidan uzoqlashtirish mumkinmi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

19. Dielektrik ichidagi maydon kuchlanganligining yo‘nalishi tashqi maydon kuchlanganligi bilan mos keladimi? Ular qanday bog‘langan. 20. Dielektrik singdiruvchanlik va uning fizik ma’nosi qanday ? 21. Dielektrik singdiruvchanlik va qabul qiluvchanliklar qanday bog‘langan?

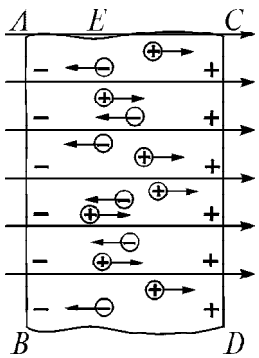
68- §. Elektr maydondagi o‘tkazgichlar

M a z m u n i : o‘tkazgichdagi erkin zaryadlar; elektrostatik maydondagi o‘tkazgich; elektrostatik himoya.

O‘tkazgichdagi erkin zaryadlar. Barcha moddalar kabi o‘tkazuvchilar ham atomlardan tashkil topgan. Atom tarkibiga esa musbat zaryadlangan protonlar va manfiy zaryadlangan elektronlar kiradi. Normal holdagi atom elektroneytraldir. Chunki atom yadrosidagi protonlar soni «elektron qobig‘ida», yadro atrofida aylanadigan elektronlar soniga teng bo‘ladi. Elektronlar atomda yadroning elektr tortish kuchi ta’sirida tutib turiladi. Lekin metallar shunday xususiyatga egaki, tashqi ta’sir natijasida elektronlar o‘z atomlarini osongina tashlab ketishlari va boshqa atom tomonidan tutib olinmaguncha erkin harakatlanishlari mumkin. O‘z atomlari bilan aloqani yo‘qotgan elektronlarga erkin elektronlar deyiladi. Ularning harakati betartib xarakterga ega bo‘lib, temperatura ko‘tarilishi bilan erkin elektronlarning harakat tezliklari ham ortadi. Metall o‘tkazgichda erkin elektronlarning konsentratsiyasi 10^{28} m^{-3} atrofida bo‘ladi. Shu bilan birga elektronga qarama-qarshi yo‘nalishda u tark etgan atom, yani musbat ion ham harakatlanadi.

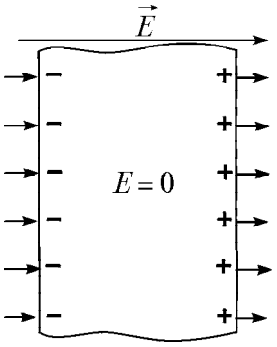
Elektrostatik maydonda o‘tkazgich. Agar o‘tkazgich tashqi elektrostatik maydonga kiritilsa, o‘tkazgichdagi erkin zaryadlarga (elektronlarga va ionlarga) elektrostatik maydon ta’sir qiladi va musbatlari maydon bo‘ylab, manfiylari esa maydonga qarshi harakatga keladi (107- rasm).

Natijada o‘tkazgichning *AB* sirtida ortiqcha erkin manfiy zaryadlar, *SD* sirtida esa ortiqcha musbat zaryadlar vujudga keladi. Bu zaryadlarga induksiyalangan zaryadlar deyiladi. Jarayon o‘tkazgich ichidagi kuchlanganlik nolga tenglashguncha, o‘tkazgich tashqarisidagi kuchlanganlik chiziqlari esa o‘tkazgich sirtiga perpendikular bo‘lguncha davom etadi (108- rasm). Bu esa o‘tkazgich ichidagi barcha nuqtalarda potensial doimiy (φ = const), ya’ni elektrostatik maydondagi o‘tkazgich sirti teng potensialli ekanligini ko‘rsatadi.



107- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



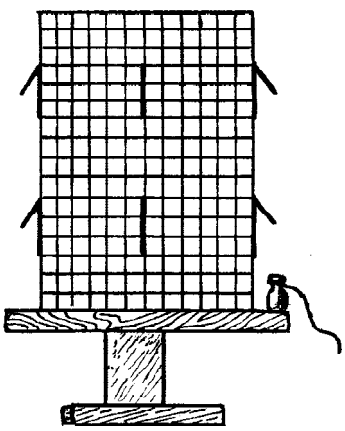
108- rasm.

Shunday qilib, elektrostatik maydonga kiritilgan neytral o‘tkazgich kuchlanganlik chiziqlarining bir qismini uzadi. Ular induksiyalangan manfiy zaryadlarda tugab, musbat zaryadlardan yana qayta boshlanadi. Induksiyalangan zaryadlar o‘tkazgichning tashqi sirtida taqsimlanadi.Tashqi elektrostatik maydon ta’sirida o‘tkazgich ichidagi zaryadlarning qayta taqsimlanish hodisasi elektrostatik induksiya deyiladi.

108- rasmdan ko‘rinib turibdiki, induksiyalangan zaryadlar maydon ta’sirida o‘tkazgichdagi zaryadlarning siljishi natijasida vujudga keladi va ular siljigan zaryadlarning sirt zichligi (σ) deyiladi. O‘tkazgich yaqinida elektr siljishi $\vec{D}$ siljigan zaryadlarning sirt zichligi σ ga teng. Shuning uchun ham $\vec{D}$ vektor elektr siljish vektori deyiladi.

Elektrostatik himoya. Agar o‘tkazgichga biror Q zaryad berilsa, barcha zaryadlar o‘tkazgich sirti bo‘ylab σ zichlik bilan taqsimlanadi, ya’ni o‘tkazgichning ichida hech joyda ortiqcha zaryadlar bo‘lmaydi. (Zaryadning sirtiy zichligi $\sigma = \frac{Q}{S}$ munosabat bilan aniqlanib, o‘tkazgichning birlik sirtiga to‘g‘ri keluvchi zaryadlarni ko‘rsatadi va 1 C/m^2 larda o‘lchanadi.) Zaryad kovak o‘tkazgich holida ham, xuddi yaxlit o‘tkazgich kabi sirt tekisligi bo‘ylab taqsimlanadi.

Bu xulosa quyidagicha tajriba o‘tkazgan M. Faradey tomonidan aniq namoyish etilgan (109- rasm). Agar sim to‘rdan qafas shaklidagi (Faradey qafasi) yopiq kovak o‘tkazgich tayyorlab, uni izolatsiyalangan tayanchga o‘rnatib, ichki va tashqi sirtlariga elektroskop vazifasini bajara oladigan qog‘oz bargchalari osib qo‘yilsa va qafas elektrofor mashina yordamida zaryadlansa, faqat tashqaridagi qog‘oz bargchalarigina ko‘tarilishi kuzatiladi. Bu qafas ichida elektr maydoni yo‘qligini ko‘rsatadi. Shunday qilib, o‘tkazuvchi sirt o‘zi o‘rab turgan soha fazosini elektr maydon ta’siridan ishonchli himoya qiladi.



109- rasm.

Bunday sirtlardan elektrostatik himoya sifatida foydalaniladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Erkin elektronlar deb qanday elektronlarga aytiladi? 2. Metallarda erkin elektronlar qayerdan paydo bo‘ladi? 3. Metall o‘tkazgichlarda erkin elektronlarning konsentratsiyasi qancha? 4. Elektron tark etgan musbat ion o‘zini qanday tutadi? 5. Agar o‘tkazgich tashqi elektrostatik maydonga kiritilsa qanday hodisa ro‘y beradi? 6. Induksiyalangan zaryadlar deb qanday zaryadlarga aytiladi? 7. Induksiyalanish jarayoni qachongacha davom etadi? 8. Qachon o‘tkazgich ichidagi potensial doimiy bo‘ladi? 9. O‘tkazgich ichida kuchlanganlik chiziqlari qanday o‘zgaradi? 10. Elektrostatik induksiya deb qanday hodisaga aytiladi? 11. Induksiyalangan zaryadlar qayerdan paydo bo‘ladi? 12. Elektr siljishi va siljigan zaryadlarning sirt zichligi orasida qanday munosabat mavjud? 13. Zaryadning sirtiy zichligi deb qanday kattalikka aytiladi? 14. Zaryad o‘tkazgichda qanday taqsimlanadi? 15. Faradey qafasini bilasizmi? 16. O‘tkazuvchi sirtlarning qanday xususiyatlari ulardan elektrostatik himoya vositasi sifatida foydalanishga imkon beradi?

69- §. Elektr sig‘imi. Kondensatorlar. Kondensatorlarni ulash

M a z m u n i : yakkalangan o‘tkazgichning elektr sig‘imi; sharsimon yakkalangan o‘tkazgichning sig‘imi; elektr sig‘imining birligi; kondensatorlar; kondensatorlarning elektr sig‘imlari; kondensatorlarni ulash.

Yakkalangan o‘tkazgichning elektr sig‘imi. Boshqa o‘tkazgichlar, jismlar va zaryadlardan uzoqlashtirilgan o‘tkazgich, ya’ni yakkalangan o‘tkazgichni ko‘rayotgan bo‘laylik. Bunday o‘tkazgichning elektr sig‘imi nimalarga bog‘liq bo‘ladi? Tabiiyki elektr sig‘imi undagi zaryad miqdoriga to‘g‘ri proporsional, ya’ni undagi zaryad miqdori qancha ko‘p bo‘lsa, bu o‘tkazgichning elektr sig‘dira olish xususiyati, elektr sig‘imi shuncha katta ekanligini ko‘rsatadi. **Quyidagi**

$$C = \frac{Q}{\varphi} \qquad (69.1)$$

ifoda bilan aniqlanadigan kattalik yakkalangan o‘tkazgichning *elektr sig‘imi* deyiladi.

Yakkalangan o‘tkazgichning elektr sig‘imi uning potensialini bir birlikka o‘zgartiradigan zaryad miqdori bilan aniqlanadi.

Shunday qilib, o‘tkazgichning yoki o‘tkazgichlar sistemasining elektr sig‘imi, shu o‘tkazgich va o‘tkazgichlar sistemasi o‘zida elektr zaryadini yig‘a olish xususiyatini xarakterlovchi fizik kattalikdir.

Umumiy holda o‘tkazgichning sig‘imi u turgan muhitga va uni o‘rab turgan jismlarga bog‘liq bo‘ladi. Shu bilan birga, misol uchun

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bochkaning sig‘imi unga quyiladigan suvning miqdori va zichligiga bog‘liq bo‘lmaganidek, o‘tkazgichning elektr sig‘imi ham unga berilgan zaryad miqdori va potensialiga bog‘liq emas.

Elektr sig‘imi birligi. *SI* da elektr sig‘im birligi qilib *farad* (F) qabul qilingan. U ingliz fizigi M. Faradey sharafiga shunday nomlangan. *1* F *sig‘im shunday yakkalangan o‘tkazgichning sig‘imiki, unga 1* C *zaryad miqdori berilganda potensiali 1 V ga o‘zgaradi.* 1F juda ulkan kattalik. Hattoki Yer sharidek o‘tkazgichning sig‘imi ham $7 \cdot 10^{-4}$ F ni tashkil etadi. Shuning uchun ham amalda uning ulushlari bo‘lgan birliklar: 1 μF = 10^{-6} F, 1 nF = 10^{-9} F, 1 pF = 10^{-12} F lardan foydalaniladi.

Sharsimon yakkalangan o‘tkazgichning sig‘imi. Bizga ma’lumki, R radiusli sharsimon o‘tkazgichning sirtidagi potensiali $\varphi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$ ga teng. Agar φ ning bu qiymatini (69.1) ga qo‘ysak, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$C = 4\pi\varepsilon_0 R, \tag{69.2}$$

bu yerda ε_0 — elektr doimiysi.

Agar shar ε dielektrik singdiruvchanlikli bir jinsli muhitda turgan bo‘lsa, uning sig‘imi quyidagicha aniqlanadi:

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R. \tag{69.3}$$

Agar (69.3) ifodadan ε_0 ni topsak,

$$\varepsilon_0 = \frac{C}{4\pi\varepsilon R}$$

va bu ifoda yordamida ε_0 ning SI dagi birligini aniqlasak,

$$[\varepsilon_0] = \frac{[C]}{[R]} = 1\,\frac{\text{F}}{\text{m}}$$

ni hosil qilamiz. Demak, ε_0 uchun biz oldin foydalangan bu birlik sig‘imning ifodasi yordamida hosil qilingan ekan.

Kondensatorlar. Amalda elektr zaryadlarini yig‘ish va zarur bo‘lganda ulardan foydalanish juda muhimdir. Shu maqsadda *kondensator* deb ataluvchi qurilmalardan foydalaniladi. Ularning o‘lchamlarini iloji boricha kichraytirish, elektr sig‘imlarini esa kattalashtirish muhim ahamiyatga egadir. **Kondensatorlar dielektrik bilan ajratilgan ikkita o‘tkazgichdan (qoplamadan) iborat qurilmadir.** Shu bilan birga kondensatorning sig‘imiga tashqi jismlar ta’sir etmasligi, yig‘adigan zaryadlari esa qoplamalar orasidagi tor tirqishda to‘planmog‘i kerak. Bunday shartlarni esa: 1) ikkita yassi plastinkadan; 2) ikkita ichma-ich silindrdan; 3) ikkita ichma-ich sferadan iborat sistemalargina bajarishi mumkin. Shuning uchun ham, shakliga qarab kondensatorlar

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

yassi, silindrik va sferik kondensatorlarga ajratiladi. Maydon kondensator ichida mujassamlashgani sababli, kuchlanganlik chiziqlari bir qoplamadan boshlanib ikkinchisida tugaydi. Shuning uchun ham qoplamalardagi erkin zaryadlarning miqdorlari teng, ishoralari esa qarama-qarshi bo‘ladi.

Kondensatorning sig‘imi unda yig‘ilgan zaryad miqdori Q ning qoplamalar orasidagi potensiallar farqi $\varphi_1 - \varphi_2$ ga nisbati bilan aniqlanadi:

$$C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2}. \qquad (69.4)$$

Kondensatorlar teshish kuchlanishi bilan xarakterlanadi. Qoplamalar orasidagi potensiallar farqi bu kuchlanishdan ortsa, elektr zaryadi dielektrik qatlami orqali o‘tadi.

Kondensatorlarning elektr sig‘imlari. 1. Yassi kondensatorning sig‘imi (110- *a* rasm):

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \qquad (69.5)$$

bu yerda S — kondensator qoplamasining yuzi, d — qoplamalar orasidagi masofa, ε — qoplamalar orasidagi dielektrikning singdiruvchanligi.

2. Silindrik kondensatorning sig‘imi (110- *b* rasm):

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 \varepsilon L}{\ln\left(R/r\right)}, \qquad (69.6)$$

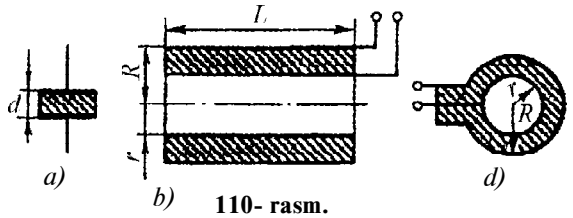
bu yerda R va r — ichma-ich silindrlarning radiuslari, L — silindrning balandligi

3) Sferik kondensatorning sig‘imi (110- *d* rasm):

$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon r R}{R - r}, \qquad (69.7)$$

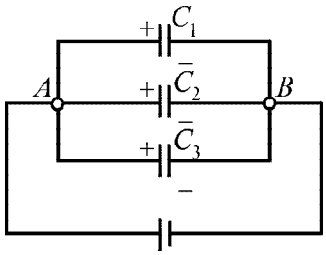
bu yerda r va R — sferalarning radiuslari.

(69.6) — (69.7) formulalardan ko‘rinib turibdiki, ularning sig‘imi qoplamalar orasidagi dielektrikning dielektrik kirituvchanligiga to‘g‘ri proporsionaldir.

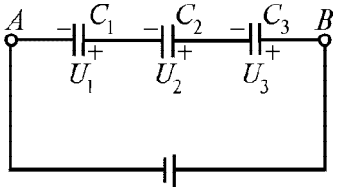


110- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



111- rasm.



112- rasm.

Kondensatorlarni parallel ulash. Sig‘imni orttirish yoki uning kerakli qiymatini hosil qilish uchun kondensatorlar bir-birlariga ulanib batareya hosil qilinadi. Ularni ikki xil : parallel va ketma-ket usullarda ulash mumkin. Soddalik uchun uchta kondensator ulangan holni ko‘ramiz. Lekin xulosalar istalgan miqdordagi kondensatorlar uchun ham o‘rinli bo‘ladi.

Parallel ulanganda kondensatorlarning bir xil ismli qoplamalari birga ulanadi (111- rasm). Bunda batareyaning umumiy zaryadi $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ ga teng bo‘ladi. Lekin $Q_1 = U_{AB} \cdot C_1$; $Q_2 = U_{AB} \cdot C_2$; $Q_3 = U_{AB} C_3$ bo‘lganligidan: $Q_{um} = U_{AB}(C_1 + C_2 + C_3)$. Bunday batareyaning sig‘imi:

$$C_{um} = \frac{Q_{um}}{U_{AB}} = C_1 + C_2 + C_3.$$

Demak, kondensatorlar parallel ulanganda batareyaning sig‘imi unga kirgan kondensatorlar sig‘imlarining yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$C_{um} = \sum_{i=1}^{n} C_i \ . \qquad (69.8)$$

Bu yerda n — batareyadagi kondensatorlar soni. Agar kondensatorlarning sig‘imlari bir xil bo‘lsa, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$C_{um} = n \cdot C. \qquad (69.9)$$

Kondensatorlarni ketma-ket ulash. Ketma-ket ulanganda kondensatorlarning turli ismli qoplamlari bir-biriga ulanadi (112- rasm). Bunda batareyaning zaryadi $Q_{um} = Q_1 = Q_2 = Q_3$ ga teng bo‘ladi.

A va B nuqtalar orasidagi kuchlanish:

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3 = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} = Q_{um}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right).$$

Agar $C_{um} = \frac{Q_{um}}{U_{AB}}$ ekanligini nazarda tutsak,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$\frac{1}{C_{\text{um}}} = \frac{U_{AB}}{Q_{\text{um}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

ni hosil qilamiz. Umumiy holda:

$$\frac{1}{C_{\text{um}}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i} \qquad (69.10)$$

Agar kondensatorlarning sig‘imlari bir xil bo‘lsa:

$$C_{\text{um}} = \frac{C}{n}. \qquad (69.11)$$



Sinov savollari

1. Yakkalangan o‘tkazgich deb qanday o‘tkazgichga aytiladi? 2. Yakkalangan o‘tkazgichning elektr sig‘imi deb qanday kattalikka aytiladi? 3. Elektr sig‘imi nimani xarakterlaydi? 4. O‘tkazgichning elektr sig‘imi unga berilgan zaryad miqdoriga va potensialiga bog‘liqmi? 5. O‘tkazgichning sig‘imi u turgan muhitga bog‘liqmi? 6. Sharsimon o‘tkazgichning elektr sig‘imi nimaga teng? 7. SI da elektr sig‘imining birligi nima? 8. Sig‘imning yana qanday birliklarini bilasiz? 9. Sig‘imning boshqa birliklaridan foydalanishga nima zarurat bor? 10. Kondensatorning vazifasi nima? 11. Kondensator o‘z vazifasidan kelib chiqib qanday bo‘lishi kerak? 12. Kondensatorlar qanday turlarga bo‘linadi? 13. Kondensator qoplamalaridagi zaryadlar miqdori tengmi? Ishorasi-chi? 14. Kondensatorning sig‘imi qanday aniqlanadi? 15. Kondensatorning „teshish kuchlanishi“ deb qanday kuchlanishga aytiladi? 16. Yassi kondensatorning elektr sig‘imi nima? 17. Silindrik kondensatorning elektr sig‘imi nima? 18. Sferik kondensatorning elektr sig‘imi nima? 19. Kondensatorlarning sig‘imlari dielektrikning tabiatiga bog‘liqmi? 20. Kondensatorlar batareyasi nima uchun kerak? 21. Kondensatorlarning parallel ulanishi deb qanday ulanishga aytiladi? 22. Bunda umumiy sig‘im qanday topiladi? 23. Bunda kondensatorlar qoplamalaridagi potensiallar qanday bo‘ladi? 24. Bunda batareyaning umumiy zaryadi qanday bo‘ladi? 25. Kondensatorlarning ketma-ket ulanishi deb qanday ulanishga aytiladi? 26. Bunda umumiy sig‘im qanday topiladi? 27. Bunda batareyaning zaryadi qanday bo‘ladi? 28. Bunda kuchlanish qanday bo‘ladi?



70- §. Zaryadlangan kondensator energiyasi

M a z m u n i : zaryadlangan-yakkalangan o‘tkazgich energiyasi; zaryadlangan kondensator energiyasi.

Zaryadlangan-yakkalangan o‘tkazgich energiyasi. Oldin zaryadlangan-yakkalangan o‘tkazgich energiyasini ko‘raylik. Q zaryadni

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

cheksizlikdan o‘tkazgichga olib kelish kerak. Buning uchun esa maydon kuchlariga qarshi A ish bajarish kerak. Bunda o‘tkazgichning potensiali 0 dan φ gacha ortadi. Demak, potensialning o‘rtacha qiymati $\frac{\varphi}{2}$ bo‘ladi.

Demak, Q zaryadni cheksizlikdan ko‘chirib kelishda bajarilgan ish yoki bunda zaryadlangan-yakkalangan o‘tkazgich olgan potensial energiya quyidagicha aniqlanadi:

$$W = A = \frac{Q\varphi}{2} = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}, \qquad (70.1)$$

bu yerda $Q = C\varphi$ ligi e’tiborga olingan, C — o‘tkazgichning sig‘imi.

Zaryadlangan kondensator energiyasi. Zaryadlangan o‘tkazgich kabi zaryadlangan kondensator ham (70.1) ko‘rinishdagi energiyaga ega:

$$W = \frac{C(\Delta\varphi)^2}{2} = \frac{Q \cdot \Delta\varphi}{2} = \frac{Q^2}{2C}, \qquad (70.2)$$

bu yerda Q — kondensator zaryadi, C — uning sig‘imi, $\Delta\varphi$ — qoplamalari orasidagi potensiallar farqi.

Sinov savollari

1. Zaryadni cheksizlikdan maydonga ko‘chirib kelishda ish bajariladimi? 2. Bunda ish nimaga qarshi bajariladi? 3. Zaryadni cheksizlikdan ko‘chirib kelishda o‘tkazgichning potensiali qanday o‘zgaradi? 4. Zaryadni cheksizlikdan ko‘chirib kelishda bajarilgan ish nimaga teng? 5. Zaryadni cheksizlikdan ko‘chirib kelganda yakkalangan o‘tkazgich olgan potensial energiya nimaga teng bo‘ladi? 6. Zaryadlangan kondensatorning energiyasi nimaga teng?

71- §. Elektrostatik maydon energiyasi

M a z m u n i : elektrostatik maydon energiyasi; energiyaning hajmiy zichligi.

Elektrostatik maydon energiyasi. Zaryadlangan kondensatorning energiyasi uning qoplamalari orasidagi elektrostatik maydon energiyasida mujassamlashgandir. Shuning uchun ham elektrostatik maydon energiyasini yassi kondensatorning $\left(C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d}, \Delta\varphi = Ed\right)$ energiyasi kabi topamiz:

$$W = \frac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d} \cdot \frac{E^2 d^2}{2} = \frac{\varepsilon_0\varepsilon E^2}{2} \cdot S \cdot d = \frac{\varepsilon_0\varepsilon E^2}{2} \cdot V, \qquad (71.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bu yerda $V = S \cdot d$ — kondensatorning hajmi. (71.1) formuladan ko‘rinib turibdiki, kondensatorning energiyasi elektrostatik maydonni xarakterlovchi kattalik — kuchlanganlik E orqali ifodalanadi.

Energiyaning hajmiy zichligi. Energiyaning hajmiy zichligini aniqlash uchun elektrostatik maydon energiyasini hajmga bo‘lamiz:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon}, \qquad (71.2)$$

bu yerda D — elektr siljish vektori.



Sinov savollari

1. Kondensatorning energiyasi qayerda mujassamlashgan? 2. Kondensator energiyasi elektrostatik maydon energiyasiga tengmi? 3. Elektrostatik maydon energiyasi nimaga teng? 4. Energiyaning hajmiy zichligi qanday aniqlanadi? 5. Elektrostatik maydon energiyasining hajmiy zichligi?



Masala yechish namunalari

1- masala. Har birining massasi 10^{-3} kg dan bo‘lgan ikkita sharcha berilgan. Zaryadlarining o‘zaro itarish kuchi, ularning o‘zaro tortishish kuchlariga teng bo‘lishi uchun sharchalarga qanchadan zaryad berilishi kerak. Sharchalar moddiy nuqtalar sifatida qaralsin.

Berilgan:
$m = m_1 = m_2 = 10^{-3}$kg;
$F_k = F$.
$Q = Q_1 = Q_2 = ?$

Yechish. Ikkita bir ismli zaryadlangan nuqtaviy zaryadlar orasidagi o‘zaro Kulon ta’sir kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$F_k = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2} = k\frac{Q^2}{r_2}.$$

Moddiy nuqtalar orasidagi o‘zaro tortishish kuchi:

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

Masalaning shartiga binoan $F_k = F$ ligidan $k\frac{Q^2}{r^2} = G\frac{m^2}{r^2}$ ga ega bo‘lamiz.

Ushbu tenglikdan Q ni topib olamiz: $Q = m\sqrt{\frac{G}{k}}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Massaning qiymati va $k = 9 \cdot 10^9$ F/m, G= $6{,}67 \cdot 10^{-11}$ $\frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$ ekanligini e'tiborga olib, topamiz:

$$Q = 10^{-3}\sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11}}{9 \cdot 10^9}}\text{C} = 86{,}7 \cdot 10^{-15}\text{C}.$$

Javob: $Q = 86{,}7 \cdot 10^{-15}$ C.

2 - masala. Yassi kondensator qoplamalari orasida shisha plastinka bor. Kondensator $U_1 = 100$ V potensiallar farqigacha zaryadlandi. Agar shisha kondensatordan chiqarib olinsa, kondensatordagi potensiallar farqi nimaga teng bo'lib qoladi?

Berilgan:
$U_1 = 100$ V;
$\varepsilon = 7$.
U_2=?

Yechish. Kondensator sig'imining $C = \frac{Q}{U}$ ifodasidan potensiallar farqini topib olamiz:

$$U = \frac{Q}{C}.$$

Yassi kondensatorning dastlabki (qoplamalar orasida dielektrik — shisha bo'lgandagi) sig'imi $C_1 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ va dielektrik chiqarib olingandan keyingi sig'imi ($\varepsilon = 1$) $C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ ligidan:

$$U_1 = \frac{Qd}{\varepsilon\varepsilon_0 S}, \quad U_2 = \frac{Qd}{\varepsilon_0 S}.$$

U_1 ni U_2 orqali ifodalaymiz:

$$U_1 = \frac{U_2}{\varepsilon} \text{ yoki } U_2 = \varepsilon \cdot U_1.$$

Berilganlar yordamida topamiz:

$$U_2 = 7 \cdot 100 \text{ V} = 700 \text{ V}.$$

Javob. $U_2 = 700$ V.

3 - masala. Diametri 20 sm bo'lgan 100 pC zaryad berilgan metall sharning elektrostatik maydon energiyasi nimaga teng?

Berilgan:
$d = 20$ sm $= 0{,}2$ m;
$Q = 100$ pC $= 10^{-7}$C.
———————
W = ?

Yechish. Zaryadlangan metall sharning elektrostatik maydon energiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$W = \frac{Q^2}{2C},$$

bu yerda C kattalik — $R = \frac{d}{2}$ radiusli sharning elektr sig'imi. $C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon R = 2\pi\varepsilon_0\varepsilon d$ ekanligidan:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$W = \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon d}.$$

Berilganlardan va $\varepsilon = 1$, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ F/m ligidan:

$$W = \frac{(10^{-7})^2}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot 0{,}2}\,\text{J} =$$
$$= 4{,}50 \cdot 10^{-4}\text{J} = 450\ \mu\text{J}.$$

Javob: $W = 450\ \mu$J.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Ikkita elektronning gravitatsion ta'sir kuchi ularning elektrostatik ta'sir kuchidan necha marta kichik. ($2{,}4 \cdot 10^{-45}$.)
2. 2 μC va −3 μC bo'lgan ikkita nuqtaviy zaryadlar bir-biridan 5 sm masofada joylashgan. Musbat zaryaddan 3 sm va manfiy zaryaddan 4 sm uzoqlikdagi nuqtada maydon kuchlanganligi nimaga teng?

($E = 9{,}9 \cdot 10^6\ \frac{\text{N}}{\text{C}}$.)

3. Ikkita: $q_1 = 2q$ va $q_2 = -q$ nuqtaviy zaryadlar bir-birlaridan d masofada joylashgan. Shu zaryadlardan o'tuvchi, to'g'ri chiziqda yotuvchi va maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lgan nuqtaning o'rni topilsin. (2,41d).
4. Diametri 2 sm bo'lgan metall shar 150 V potensialgacha manfiy zaryadlangan. Shar sirtida nechta elektron bor? ($1{,}04 \cdot 10^9$ ta.)
5. 10 V potensialgacha zaryadlangan to'rtta bir xil simob tomchisi qo'shilib bitta katta tomchi hosil qildi. Hosil bo'lgan katta tomchining potensiali topilsin. ($\varphi \approx 25$ V.)
6. Qoplamalarining yuzi 100 sm^2, orasidagi masofa esa 0,1mm bo'lgan slyudali yassi kondensatorning elektr sig'imi aniqlansin. ($C = 6{,}2$ nF.)
7. Kondensator qoplamlari orasidagi tortishish kuchi $F = 50$ mN. Har bir qoplamaning yuzi 200 sm^2 dan. Kondensator maydoni energiyasining zichligi topilsin. $\left(\omega = 2{,}5\ \frac{\text{J}}{\text{m}^3}.\right)$
8. Elektr sig'imi 10 pF bo'lgan kondensatorga 1pC zaryad berilgan. Kondensatorning energiyasi aniqlansin. ($W = 0{,}05$ μJ.)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Test savollari

1. Kulon qonuni formulasini aniqlang.

A. $F=k\frac{|Q_1||Q_2|}{r^2}$. B. $F=qE$. C. $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$.

D. $F=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q_1Q_2}{r^2}$. E. To‘g‘ri javob A va D.

2. Keltirilgan tenglamalardan qaysi biri nuqtaviy zaryad elektr maydonining kuchlanganligini ifodalaydi?

A. $E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$. B. $E=\frac{\varphi_1-\varphi_2}{d}$.

C. $E=\frac{F}{q}$. D. $E=\frac{d}{2\varepsilon d}$.

E. $E=E_1+E_2+E_3...$

3. Elektrostatik maydonning biror nuqtasining ... shu nuqtada turgan birlik musbat zaryadning potensial energiyasi bilan aniqlanadigan fizik kattalikdir.

A. Maydon kuchlanganligi. B. Potensial energiyasi.
C. Kinetik energiyasi. D. O‘zaro ta’sirlashuvi.
E. Potensiali.

4. Elektr maydonga 1 nuqtadan 2 nuqtaga birlik musbat zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish necha J bo‘ladi? Nuqtalar orasidagi potensiallar farqi 10 V.

A. 0. B. 5. C. 8,7. D. 10. E. 17.

5. Keltirilgan tenglamalardan qaysi biri parallel ulangan kondensatorning umumiy sig‘imini ifodalaydi?

A. $C=C_1+C_2+C_3+...+C_n$. B. $\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+...+\frac{1}{C_m}$.

C. $C=\frac{\varepsilon_0\cdot\varepsilon\cdot S}{\alpha}$. D. $C=\frac{Q}{\varphi_1-\varphi_2}$

E. To‘g‘ri javob yo‘q.

Asosiy xulosalar

Elektr zaryadining saqlanish qonuni: istalgan yopiq sistemada, sistema ichida qanday jarayonlar ro‘y berishidan qat’iy nazar, elektr

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

zaryadlarining algebraik yig‘indisi o‘zgarmaydi: $\sum_{i=1}^{n} O_i = \text{const}$. Elektr zaryadining SI dagi birligi 1 C.

Kulon qonuni. Bo‘shliqdagi ikkita harakatsiz nuqtaviy zaryad orasidagi o‘zaro ta'sir kuchi ular zaryadlarining ko‘paytmasiga to‘g‘ri, oralaridagi masofaning kvadratiga esa teskari proprsional: $F = k\frac{|Q_1||Q_2|}{r^2}$.

Elektr doimiysi $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{12}\ \frac{F}{m}$.

Harakatsiz zaryad atrofidagi maydonga *elektrostatik maydon* deyiladi.

Elektrostatik maydonning berilgan nuqtasining kuchlanganligi deb, unda joylashtirilgan birlik musbat zaryadga ta’sir etuvchi kuch bilan aniqlanadigan kattalikka aytiladi: $\vec{E} = \vec{F} / Q$. Uning SI dagi birligi $1\frac{N}{C} = 1\frac{V}{m}$.

Elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsi pi

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + .. + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i .$$

Elektrostatik maydon potensial maydon.

Elektrostatik maydonning biror nuqtasining potensiali shu nuqtada turgan birlik musbat zaryadning potensial energiyasi bilan aniqlanadigan fizik kattalikdir.

Potensialning SI dagi birligi 1 V.

Qutiblanish deb, tashqi elektr maydon ta’sirida dielektrikdagi di pollarning maydon bo‘ylab joylashib qolishiga yoki maydon bo‘ylab joylashgan di pollarning vujudga kelishiga aytiladi.

Yakkalangan o‘tkazgichning elektr sig‘imi $C=Q/\varphi$ ifoda bilan aniqlanadi. Elektr sig‘imining SI dagi birligi 1 F.

Kondensatorlar deb, elektr zaryadlarini yig‘ish va zarur bo‘lganda ulardan foydalanish imkonini beruvchi qurilmalarga aytiladi.

Kondensatorlar: parallel ulanganda umumiy sig‘im $C_{\text{um}} = n \cdot C$; ketma-ket ulanganda umumiy sig‘im $C_{\text{um}} = \frac{C}{n}$.

Zaryadlangan kondensator energiyasi $W = \frac{Q^2}{2C}$.

Elektrostatik maydon energiyasi $W = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} \cdot V_0$. Energiya zichligi $\omega = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

XIII BOB. O‘ZGARMAS TOK QONUNLARI

Biz oldingi bobda harakatsiz elektr zaryadi va unga bog‘liq fizik hodisalarni o‘rgandik. Endi ularning harakati bilan bog‘liq jarayonlarni ko‘rishga o‘tamiz. Elektr zaryadlari yoki zaryadlangan makroskopik jismlarning harakati bilan bog‘liq hodisa va jarayonlarni o‘rganishda elektr toki tushunchasi muhim ahamiyatga egadir.

72- §. Tok kuchi va tok zichligi

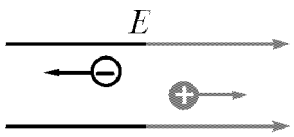
M a z m u n i : elektr toki; tok kuchi; tok zichligi; tok zichligining zaryadlar tezligiga bog‘liqligi; elektronlarning harakat tezligi; elektr tokining tarqalish tezligi; elektr zaryadining birligi.

Elektr toki. *Elektr toki deb elektr zaryadlarining batartib harakatiga aytiladi.* Tashqi elektr maydon ta’sirida o‘tkazgichlardagi musbat zaryadlar maydon bo‘ylab, manfiy zaryadlar esa maydonga qarshi harakatga keladi, ya’ni o‘tkazgichda elektr toki vujudga keladi. Bu tok o‘tkazuvchanlik toki deyiladi (113- rasm).

Shartli ravishda elektr tokining yo‘nalishi musbat zaryadlarning harakat yo‘nalishi bilan mos, manfiy zaryadlarning harakatiga esa qarama-qarshi deb qabul qilingan. Masalan, metallardagi elektr tokining yo‘nalishi elektronlarning harakat yo‘nalishiga qarama-qarshi deb olinadi.

O‘tkazgichda elektr tokining mavjudligi uning quyidagi: qizish, kimyoviy tarkibini o‘zgartirish va magnit maydon hosil qilish xususiyatlariga ko‘ra aniqlanadi.

Elektr toki vujudga kelishi va mavjud bo‘lishi uchun: 1) batartib harakat qilishi mumkin bo‘lgan erkin zaryadlangan zarralar; 2) energiyasini bu zarralarning batartib harakatiga sarflaydigan elektr maydoni bo‘lishi zarur.



113- rasm.

Tok kuchi. Tok kuchi (I) elektr tokining miqdoriy o‘lchovi bo‘lib, o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzidan vaqt birligida o‘tuvchi elektr zaryadi bilan aniqlanadigan skalar fizik kattalikdir:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}, \qquad (72.1)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bu yerda ΔQ o‘tkazgich ko‘ndalang kesimidan Δt vaqtda oqib o‘tgan zaryad miqdori.

Vaqt o‘tishi bilan kuchi va yo‘nalishi o‘zgarmaydigan tok *o‘zgarmas tok* deyiladi. O‘zgarmas tok uchun

$$I = \frac{Q}{t}. \qquad (72.2)$$

Tok kuchining SI dagi birligi amper (A) — asosiy birlikdir. U fransuz fizigi A.Amper (1775 — 1836) sharafiga shunday nomlangan.

Tok zichligi. Tok zichligi vektor kattalik bo‘lib, uning moduli tok kuchi I ning o‘tkazgich ko‘ndalang kesim yuzi S ga nisbatiga teng:

$$j = \frac{I}{S}. \qquad (72.3)$$

$\vec{j}$ vektor tok yo‘nalishi bo‘ylab yo‘nalgan.

Tok zichligining SI dagi birligi $\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$:

$$[j] = \frac{[I]}{[S]} = 1\frac{\text{A}}{\text{m}^2}.$$

Tok zichligining zaryadlar zichligiga bog‘liqligi. Endi tok zichligining o‘tkazgichdagi zaryadlarning harakat tezligiga bog‘liqligini ko‘raylik. Buning uchun silindrsimon o‘tkazgichni ajratib olamiz (114-rasm).

Agar silindrdagi zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi n, zaryadi e bo‘lsa, unda o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzidan

$$Q = n \cdot e \cdot S \cdot \langle v \rangle \cdot t \qquad (72.4)$$

miqdordagi zaryad o‘tadi.

Demak, tok kuchi

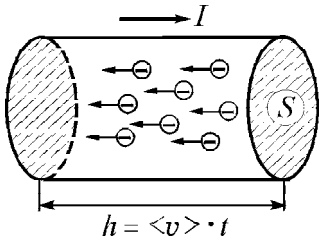
$$I = \frac{Q}{t} = n \cdot e \cdot \langle v \rangle \cdot S,$$

tok zichligi esa

$$j = \frac{I}{S} = n \cdot e \cdot \langle v \rangle \qquad (72.5)$$

bo‘ladi.

Shunday qilib, o‘tkazgichdagi tok zichligi undagi erkin zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasiga va ularning harakat tezligiga bog‘liq ekan.



114- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Shuni ta'kidlash lozimki, metallardagi elektronlarning konsentratsiyasi amalda o'zgarmas bo'ladi. U temperaturaga ham bog'liq emas.

Elektronlarning harakat tezligi. (72.5) ifodadan foydalanib o'tkazgichdagi elektronlarning yo'naltirilgan harakatining o'rtacha tezligini topish mumkin:

$$\langle v \rangle = \frac{j}{n \cdot e}. \qquad (72.6)$$

Hisoblashni mis o'tkazgich ($n = 8{,}5 \cdot 10^{28}\ \mathrm{m}^{-3}$) va mumkin bo'lgan eng katta tok zichligi $j = 10^7\ \mathrm{A/m^2}$ uchun amalga oshiramiz. Kattaliklarning qiymatlarini (72.6) ga qo'ysak ($e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$).

$$\langle v \rangle = \frac{10^7\ \mathrm{A/m^2}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C} \cdot 8{,}5 \cdot 10^{28}\ \mathrm{m^{-3}}} \approx 8 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m/s}.$$

Elektronlarning xona temperaturasidagi issiqlik harakati o'rtacha tezligi taxminan 10^5m/s ni tashkil qilib, u elektronlarning o'tkazgichdagi yo'naltirilgan harakat tezligidan qariyb 10^8 marta katta ekan. Unda elektr tokining tarqalish tezligi nimaga teng, degan savol tug'iladi.

Elektr tokining tarqalish tezligi. Elektronlarning o'tkazgichdagi yo'naltirilgan harakat tezligi va elektr tokining tarqalish tezligi mutlaqo bir xil narsa emas. Elektr tokining tarqalish tezligi elektr maydonining tarqalish tezligidir. Shu maydon ta'sirida o'tkazgichdagi barcha erkin elektronlar qariyb bir paytda o'zlarining yo'naltirilgan harakatlarini boshlaydilar. Chunki elektr maydonning tarqalish tezligi yorug'lik tezligi $s = 3 \cdot 10^8$ m/s ga tengdir. Masalan, tok manbayidan l masofada bo'lgan iste'molchiga elektr tokining yetib borish vaqti

$$t = \frac{l}{c}$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

Elektr zaryadining birligi. Elektr zaryadining birligini topish uchun (72.2) ifodadan foydalanamiz:

$$Q = I \cdot t.$$

SI da zaryad miqdorining birligi — kulon (C), u fransuz fizigi Sh. Kulon sharafiga shunday nomlangan.

$$[Q] = [I] \cdot [t] = 1\mathrm{A} \cdot 1\mathrm{s} = 1\mathrm{A} \cdot \mathrm{s} = 1\ \mathrm{C}.$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Elektr toki deb nimaga aytiladi? 2. Tashqi elektr maydon ta'sirida o'tkazgichlarda qanday jarayonlar ro'y beradi? 3. O'tkazuvchanlik toki deb qanday tokka aytiladi? 4. Elektr tokining yo'nalishi qanday bo'ladi? 5. Ko'chish toki deb qanday tokka aytiladi? 6. Elektr toki vujudga kelishi va mavjud bo'lishi uchun qanday shartlar bajarilishi kerak? 7. Tok kuchi deb qanday kattalikka aytiladi? 8. O'zgarmas tok deb qanday tokka aytiladi? 9. O'zgarmas tokning kuchi qanday topiladi? 10. SI da tok kuchining birligi nima? 11. Tok zichligi deb qanday kattalikka aytiladi va uning birligi nima? 12. Tok zichligining ifodasi va u qanday kattaliklarga bog'liq? 13. Tok zichligining zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasiga va tezligiga bog'liqligini tahlil qiling. 14. Elektronlarning yo'naltirilgan harakatini o'rtacha tezligi nimaga teng? 15. Elektronlarning xona temperaturasidagi issiqlik harakati o'rtacha tezligi nimaga teng? 16. Elektr tokining tarqalish tezligi va elektronlarning o'tkazgichdagi yo'naltirilgan harakat tezligi bir xilmi? 17. Elektr tokining tarqalishi qanday tezlik bilan mos keladi? 18. Elektr tokining tarqalish tezligi nimaga teng? 19. Tok manbayidan *l* masofada bo'lgan iste'molchiga elektr tokining yetib borish vaqti qanday topiladi? 20. Elektr zaryadining SI dagi birligi.

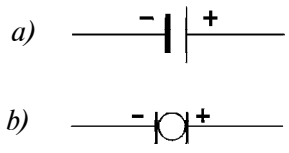
73- §. Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish

M a z m u n i : tashqi kuchlar; tashqi kuchlarning ishi; elektr yurituvchi kuch; kuchlanish.

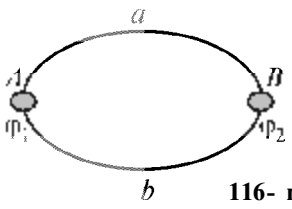
Tashqi kuchlar. Oldingi paragrafda qayd qilib o'tganimizdek, elektr toki vujudga kelishi uchun zarur bo'lgan shartlardan biri erkin zaryadlangan zarralarning batartib harakatini ta'minlovchi kuchlarning mavjudligidir. Buning uchun erkin zaryadlarga tashqi kuchlar ta'sir etishi kerak. Tashqi kuchlarning vujudga kelishini va ta'sirini ta'minlovchi qurilma *tok manbayi* deyiladi. Bunday qurilmalarda turli ismli zaryadlarning bo'linishi ro'y beradi. Zaryadlar tashqi kuchlar ta'sirida, tok manbayi ichida, elektr maydoni kuchlari ta'siriga qarama-qarshi yo'nalishda harakat qiladi. Buning natijasida tok manbayi qutblarida doimiy potensiallar farqi saqlanib turadi.

O'zgarmas tok manbalarining sxematik tasviri 115- rasmda ko'rsatilgan. O'zgarmas tok manbayining musbat qutbi uzun, manfiy qutbi esa kalta chiziq bilan ko'rsatiladi (115- *a* rasm). Generator qutblariga esa «+» va « − » belgilar qo'yiladi (115- *b* rasm).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



115- rasm.

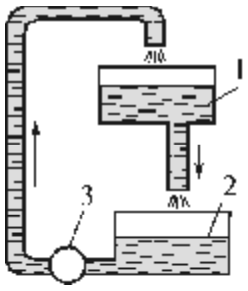


116- rasm.

Tashqi kuchlarning ishi. Zanjirda elektr toki vujudga kelishi va mavjud bo‘lishini tasavvur qilish uchun quyidagicha tajribani o‘tkazaylik. Turli potensialli ($\varphi_1 > \varphi_2$) *A* va *B* jismlar o‘tkazgich orqali tutashtirilib, ulardan tok oqmoqda (116- rasm). Jismlarning potensiallari tenglashishi bilan o‘tkazgich orqali oqayotgan tok to‘xtaydi. Zanjirda doimiy tokni saqlab turish uchun $\varphi_1 - \varphi_2 = \text{const}$ potensiallar farqini o‘zgartirmay saqlash zarur. Buni esa zaryadlarni *B* jismdan *A* jismga qaytarish bilangina amalga oshirish mumkin. Boshqacha aytganda, tok oqadigan kontur yopiq bo‘ladi(*AaBbA*). Lekin *Bb A* qismda zaryadlar elektr kuchlariga qarshi ko‘chishlari kerak. Bu ko‘chirishni esa elektr tabiatiga ega bo‘lmagan tashqi kuchlargina amalga oshirishlari mumkin. Ular butun zanjir bo‘ylab yoki uning biror qismida ta’sir qilishi mumkin.

Umuman olganda, tashqi kuchlarning tabiati turlicha bo‘ladi. Misol uchun ular galvanik elementlarda kimyoviy reaksiyalar natijasida vujudga keladi, generatorda esa rotor aylanishining mexanik energiyasi hisobida va hokazo. Elektr zanjiridagi tok manbayining rolini gidravlik sistemaga suv haydovchi nasosga o‘xshatish mumkin (117- rasm). *1*-bakdan *2*-siga doimo suv oqib turishi uchun, pastdagi suvni yuqoridagisiga haydovchi nasos *3* zarur. Aks holda *1*-bakdagi suv tugagandan so‘ng sistema ishida uzilish ro‘y beradi.

Elektr yurituvchi kuch. Tashqi kuchlar zaryadlarni ko‘chirish uchun ma’lum ish bajaradi.



117- rasm.

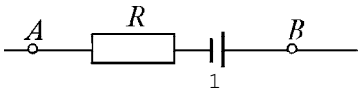
Birlik musbat elektr zaryadni butun zanjir bo‘ylab ko‘chirishda tashqi kuchlar bajaradigan ish tok manbayining *elektr yurituvchi kuchi* (EYK) deyiladi.

Elektr yurituvchi kuchning SI dagi birligi — volt (V).

O‘zgarmas tok oqadigan o‘tkazgichning ichida bir paytning o‘zida ham kulon (E_{kul}), ham tashqi (E_T) maydon kuchlari mavjud bo‘ladi. Maydonning natijaviy kuchlanganligi esa superpozitsiya prinsipiga muvofiq aniqlanadi, ya’ni

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$\vec{E} = \vec{E}_{\text{kul}} + \vec{E}_{\text{T}}. \qquad (73.1)$$



118- rasm.

O‘tkazgichdan elektr toki oqib Q zaryadning ko‘chishida ham kulon kuchlari (A_{kul}) ham tashqi kuchlar (A_{T}) ish bajaradi. To‘la ish esa bu ishlarning yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$A = A_{\text{kul}} + A_{\text{T}}.$$

Bu tenglikning har ikkala tomonini Q ga bo‘lib va uni 118- rasmdagi zanjirga qo‘llab, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\frac{A_{AB}}{Q} = \frac{A_{\text{kul}}}{Q} + \frac{A_T}{Q}. \qquad (73.2)$$

$\frac{A_{\text{kul}}}{Q} = (\varphi_A - \varphi_B)$ — A va B nuqtalar orasidagi potensiallar farqini

$\frac{A_T}{Q} = 1_{BA}$ esa AB qismga ta’sir etuvchi elektr yurituvchi kuchni ko‘rsatadi.

Unda (73.2) ifodani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\frac{A_{AB}}{Q} = (\varphi_A - \varphi_B) + 1_{BA} \qquad (73.3)$$

Kuchlanish. *Zanjirning AB qismidagi kuchlanish* (kuchlanish tushishi) deb, birlik musbat zaryadni shu qism bo‘ylab ko‘chirishda ham kulon kuchlari, ham tashqi kuchlar bajargan to‘la ishga teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi:

Demak, $$\frac{A_{AB}}{Q} = U_{BA}. \qquad (73.4)$$

(73.3) ni qayta yozamiz:

$$U_{BA} = (\varphi_A - \varphi_B) + 1_{BA}. \qquad (73.5)$$

(73.5) ifodadan ko‘rinib turibdiki, agar EYK bo‘lmasa, $1_{BA} = 0$, unda zanjirning AB qismidagi kuchlanish potensiallar farqiga teng bo‘ladi:

$$U_{BA} = \varphi_A - \varphi_B.$$

Uzilgan manba klemmalaridagi potensiallar farqi asosida EYK ni o‘lchash mumkin.

$U_{BA} = 0$ da $1_{BA} = \varphi_B - \varphi_A$ bo‘ladi.

Sinov savollari

1. Erkin zaryadlarning batartib harakatlarini vujudga keltirish uchun qanday kuchlar ta’sir etishi kerak? 2. Tok manbayi deb nimaga aytiladi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. Tok manbayida qanday jarayon ro‘y beradi? 4. O‘zgarmas tok manbalari sxematik ravishda qanday tasvirlanadi? 5. Turli potensialli jismlar tutashtirilganda ulardan qachongacha tok oqadi? 6. Zanjirda doimiy tokni saqlab turish uchun potensiallar farqi qanday bo‘lishi kerak? 7. Qanday kuchlar potensiallar farqini doimiy saqlashi mumkin? 8. Tashqi kuchlar qanday tabiatga ega bo‘lishlari mumkin? 9. Tok manbayining rolini gidravlik sistemadagi nasosga o‘xshatish mumkinmi? 10. Elektr yurituvchi kuch (EYK) deb nimaga aytiladi? 11. O‘zgarmas tok oqadigan o‘tkazgich ichida qanday kuchlar mavjud bo‘ladi? 12. O‘tkazgichda zaryad ko‘chishida qanday kuchlar ish bajaradi? 13. Zaryadni ko‘chirishda bajarilgan to‘la ish nimaga teng? 14. Kulon kuchlari bajargan ishning zaryad miqdoriga nisbati nimani ko‘rsatadi? 15. Tashqi kuchlar bajargan ishning zaryad miqdoriga nisbati-chi? 16. Kuchlanish deb nimaga aytiladi va u qanday aniqlanadi? 17. Agar EYK bo‘lmasa, kuchlanish nimaga teng bo‘ladi? 18. Agar kuchlanish nolga teng bo‘lsa, EYK qanday aniqlanadi?

74- §. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni

M a z m u n i: zanjirning bir qismi uchun Om qonuni; elektr qarshiligi va uning birligi; elektr o‘tkazuvchanlik va uning birligi.

Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni. Elektr zanjirining EYK bo‘lmagan qismi, ya’ni zanjirning bir qismi bilan ish ko‘rayotgan bo‘laylik (119- rasm). Bizni zanjirdan oqadigan tok kuchi A va B nuqtalar orasidagi potensiallar farqiga, ya’ni

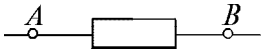
$$U = \varphi_A - \varphi_B. \qquad (74.1)$$

kuchlanishga qanday bog‘liqligi qiziqtirsin. Nemis fizigi G.Om (1787 — 1854) tajribalar asosida bir jinsli o‘tkazgichdan oqayotgan tok kuchi undagi kuchlanishga to‘g‘ri proporsionalligini aniqladi.

$$I = \frac{U}{R}. \qquad (74.2)$$

Bu yerda R — o‘tkazgichning qarshiligi.

(74.2) ifoda zanjirning bir qismi uchun Om qonunini ifodalaydi: *O‘tkazgichdagi tok kuchi uning uchlaridagi kuchlanishga to‘g‘ri proporsional va o‘tkazgichning qarshiligiga teskari proporsional.*



119- rasm.

Elektr qarshiligi va uning birligi. (72.2) ifodadan elektr qarshiligini aniqlash mumkin. U qarshilikning birligini aniqlashga imkon beradi.

$$R = \frac{U}{I}. \qquad (74.3)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Elektr qarshiligining SI dagi birligi — Om (Ω).

$$[R] = \frac{[U]}{[I]} = 1\frac{V}{A} = 1\Omega.$$

1 Ω — uchlariga 1 V kuchlanish qo‘yilganda 1 A tok oqadigan o‘tkazgichning qarshiligidir.

Elektr o‘tkazuvchanlik va uning birligi. Elektr qarshiligiga teskari kattalik elektr o‘tkazuvchanlik deyiladi:

$$G = \frac{1}{R}. \qquad (74.4)$$

Elektr o‘tkazuvchanlikning SI dagi birligi — simens (S) dir:

$$[G] = \frac{1}{[R]} = \frac{1}{\Omega} = 1\,\text{S}$$

1 S — 1 Ω qarshilikli o‘tkazgich qismining o‘tkazuvchanligidir.



Sinov savollari

1. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni. 2. Zanjirning bir qismi deyilganda uning qanday qismi tushuniladi? 3. Elektr qarshiligi qanday aniqlanadi? 4. Elektr qarshiligining SI dagi birligi va u qanday qarshilik? 5. Elektr o‘tkazuvchanligi deb qanday kattalikka aytiladi? 6. Elektr o‘tkazuvchanlikning SI dagi birligi va u qanday o‘tkazuvchanlik?



75- §. O‘tkazgichlarning qarshiligi. O‘tkazgich qarshiligining temperaturaga bog‘liqligi

M a z m u n i : o‘tkazgichning qarshiligi; o‘tkazgichning solishtirma qarshiligi; solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik; o‘tkazgich qarshiligining temperaturaga bog‘liqligi va undan texnikada foydalanish; o‘ta o‘tkazuvchanlik.

O‘tkazgichning qarshiligi. O‘tkazgichning qarshiligi uning o‘lchamlari, shakli va qanday materialdan yasalganiga bog‘liq. Elektr o‘tkazuvchanlikning klassik nazariyasiga muvofiq, elektr qarshiligining mavjudligiga sabab harakatlanayotgan erkin elektronlarning kristall panjara tugunlaridagi musbat ionlar bilan to‘qnashishidir. Agar o‘tkazgich qancha uzun bo‘lsa, to‘qnashishlar ham shuncha ko‘p va demak, elektr qarshiligi katta, agar o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzi qancha katta bo‘lsa, to‘qnashishlar ehtimoli ham shuncha kam va demak, elektr qarshiligi ham kichik bo‘ladi. Xulosa qilib

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

quyidagini aytish mumkin. Bir jinsli chiziqli o‘tkazgichning qarshiligi R uning uzunligi l ga to‘g‘ri, ko‘ndalang kesim yuzi S ga esa teskari proporsionaldir:

$$R=\rho\frac{l}{S}, \qquad (75.1)$$

bu yerda ρ — o‘tkazgich materialini xarakterlovchi koeffitsiyent bo‘lib, unga solishtirma elektr qarshiligi deyiladi.

O‘tkazgichning solishtirma qarshiligi. Solishtirma qarshilik ρ ning fizik ma’nosini aniqlash uchun (75.1) ifodadan ρ ni topib olamiz:

$$\rho=R\frac{S}{l}. \qquad (72.2)$$

Solishtirish uchun kattaliklarning o‘lchamlarini bir birlikdan qilib olamiz: $S = 1\text{m}^2$, $l = 1\text{m}$.

Demak, materialning solishtirma qarshiligi shu materialdan yasalgan ko‘ndalang kesim yuzi 1m^2, uzunligi 1m bo‘lgan o‘tkazgichning elektr qarshiligidir.

Solishtirma qarshilikning SI dagi birligi — $\Omega \cdot \text{m}$

$$[\rho]=\frac{[R]\cdot[S]}{[l]}=\frac{1\cdot\Omega\cdot 1\text{m}^2}{1\text{m}}=1\ \Omega\cdot\text{m}.$$

7- jadval

Ba’zi o‘tkazgichlarning solishtirma qarshiliklari

Material	$\rho,\ 10^{-8}\ \Omega_v\text{m}$
Kumush	1,6
Mis	1,7
Aluminiy	2,9
Temir	9,8

Solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik. Solishtirma elektr qarshilikka teskari kattalik solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik deyiladi:

$$\sigma=\frac{1}{\rho}. \qquad (75.3)$$

Uning SI dagi birligi — $\frac{\text{S}}{\text{m}}$:

$$[\sigma]=\frac{1}{[\rho]}=\frac{1}{1\Omega\cdot\text{m}}=1\frac{\text{S}}{\text{m}}.$$

O‘tkazgich qarshiligining temperaturaga bog‘liqligi. O‘tkazgichning solishtirma qarshiligi nafaqat materialning tabiatiga, balki uning

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

temperaturasiga ham bog‘liqdir. Tajribalarning ko‘rsatishicha, solishtirma qarshilik va demak, qarshilik ham temperaturaga chiziqli bog‘liq, ya’ni

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$
$$R = R_0(1 + \alpha t), \qquad (75.4)$$

bu yerda ρ_0 va R_0 — o‘tkazgichning 0 °C dagi, ρ va R lar esa t dagi solishtirma qarshiligi va qarshiligi, α — qarshilikning temperatura koeffitsiyenti deyiladi. (75.4) dan α ni topamiz:

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 t}, \qquad (75.5)$$

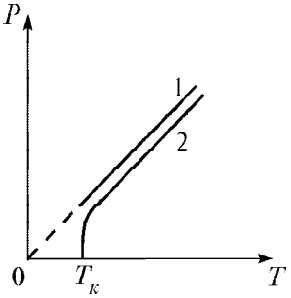
demak, α — o‘tkazgichning temperaturasi bir gradusga o‘zgarganda uning solishtirma qarshiligining nisbiy o‘zgarishini ko‘rsatadi. Uncha past bo‘lmagan temperaturalarda toza metallar uchun $\alpha = \frac{1}{273}\,\text{K}^{-1}$. Shu hol uchun qarshilikning absolut temperaturaga bog‘liqligini quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin $T = t + 273{,}15$.

$$\rho = \alpha\rho_0 T,$$
$$R = \alpha R_0 T. \qquad (75.6)$$

(75.6) ifodadan ko‘rinib turibdiki, qizdirilganda metallarning qarshiligi ortadi, sovitilganda esa kamayadi.

Bunga sabab temperatura ortishi bilan ham erkin elektronlarning, ham kristall panjara tugunlaridagi musbat ionlarning issiqlik harakat tezliklarining ortishidir. Bu esa o‘z navbatida ularning ko‘proq to‘qnashuviga, elektronlar energiyasining ko‘proq yo‘qotilishiga, ya’ni elektr qarshiligining ortishiga olib keladi.

O‘ta o‘tkazuvchanlik. (75.6) asosida elektr qarshiligining temperaturaga bog‘liqlik grafigini chizaylik. 120- rasmdagi 1- chiziq. Lekin tajribalarning ko‘rsatishicha, bir qancha metallar (Al, Pb, Zn va h.k.) va ularning qotishmalarining kritik deyiluvchi juda past temperaturalarda T_k(0,14 — 20K) qarshiliklari sakrab nolgacha kamayishi (120- rasm, 2- chiziq) va ular o‘ta o‘tkazuvchan bo‘lib qolishi kuzatilgan. Bu hodisa birinchi bo‘lib 1911- yilda simob bug‘lari uchun G. Kamerling-Onnes tomonidan kuzatilgan. O‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasi kvant nazariyasi asosida tushuntiriladi.



120- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

O‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasidan amalda foydalanish kritik temperaturaning pastligi natijasida qiyinchiliklar tug‘dirmoqda. Lekin hozirgi paytda kritik temperatura 100 K atrofida bo‘lgan o‘ta o‘tkazuvchan keramik moddalar mavjud. O‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasini amalda qo‘llash juda ulkan mablag‘ni iqtisod qilishini e’tiborga olib, bu sohada jadal izlanishlar olib borilmoqda.

Qarshilikning temperaturaga bog‘liqligidan texnikada foydalanish. Qarshilik termometrlarining ish prinsi pi metallar elektr qarshiligining temperaturaga bog‘liqligiga asoslangan. Bunday termometrlar temperaturani 0,003 K gacha aniqlikda o‘lchashga imkon beradi. Ayniqsa, suyuqlik termometrlarini qo‘llash qiyin bo‘lgan joylarda ularning xizmati beqiyosdir.



Sinov savollari

1. Bir jinsli o‘tkazgichning qarshiligi qanday aniqlanadi? 2. Qarshilikning o‘tkazgich uzunligiga va ko‘ndalang kesim yuziga bog‘liqligini qanday izohlaysiz? 3. Materialning tabiatini qanday kattalik xarakterlaydi? 4. Materialning solishtirma qarshiligi nimaga teng? 5. Solishtirma qarshilikning SI dagi birligi nima? 6. Solishtirma elektr o‘tkazuvchanlik deb qanday kattalikka aytiladi va uning SI dagi birligi nima? 7. O‘tkazgichning qarshiligi temperaturaga qanday bog‘liq? 8. Qarshilikning temperatura koeffitsiyenti qanday fizik ma’noga ega va uning qiymati nimaga teng? 9. Qarshilikning absolut temperaturaga bog‘liqligi? 10. Temperatura ortishi bilan qarshilikning ortishi, temperatura pasayishi bilan qarshilikning kamayishi qanday tushuntiriladi? 11. O‘ta o‘tkazuvchanlik deb nimaga aytiladi? 12. O‘ta o‘tkazuvchanlikni birinchi bo‘lib kim va qachon kuzatgan? 13. O‘ta o‘tkazuvchanlikning amaliy ahamiyati nimada? 14. O‘ta o‘tkazuvchanlikning hozir keng qo‘llanila olmayotganligining sababi nimada? 15. Qarshilikning temperaturaga bog‘liqligi qayerlarda qo‘llaniladi?



76- §. To‘la zanjir uchun Om qonuni

M a z m u n i: to‘la zanjir uchun Om qonunining ifodasi va u haqda mulohazalar.

R qarshilikli tashqi qism va *r* ichki qarshilikli tok manbayidan iborat yopiq zanjirni qaraylik (121- rasm). Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq tok manbayining EYK zanjirning tashqi va ichki qismlaridagi kuchlanish tushishlarining yig‘indisiga teng. Chunki yopiq

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

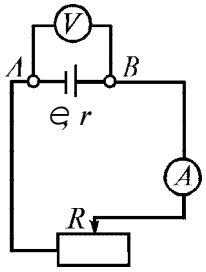
zanjir bo‘ylab ko‘chadigan zaryadning o‘sha potensiali dastlabki holatdagi nuqtaga qaytib keladi, ya’ni: $\varphi_A = \varphi_B$.

Demak,

$$1 = IR + Ir, \qquad (76.1)$$

bu yerda IR va Ir — mos ravishda zanjirning tashqi va ichki qismlaridagi kuchlanish tushishlari. Undan hosil qilingan

$$I = \frac{1}{R + r} \qquad (76.2)$$



121- rasm.

ifoda to‘la zanjir uchun Om qonunini ifodalaydi:

Tok kuchi zanjirdagi EYK ga to‘g‘ri proporsional, zanjirning qarshiligi va tok manbayining ichki qarshiligi yig‘indisiga esa teskari proporsionaldir.

Tanlangan yo‘nalishda EYK musbat zaryadlarning harakat yo‘nalishiga yordam bersa, musbat ($1 > 0$), tanlangan yo‘nalishda musbat zaryadning harakat yo‘nalishiga to‘sqinlik qilsa, manfiy ($1 < 0$) hisoblanadi.

(76.2) ifodadan foydalanishda tok manba ichida manfiy qutbdan musbat qutbga, tashqi zanjirda esa musbatdan manfiyga yo‘nalgan bo‘lishi kerak.

Sinov savollari

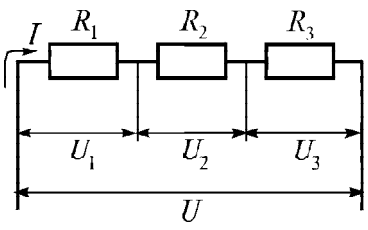
1.To‘la zanjir deganda qanday zanjir nazarda tutiladi? 2. Energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq bunday zanjirdagi EYK nimaga teng? 3. To‘la zanjir uchun Om qonuni? 4. EYK qachon musbat va qachon manfiy bo‘ladi? 5. EYK tok manba ichida qanday, tashqi zanjirda qanday yo‘nalgan bo‘ladi?

77- §. O‘tkazgichlarni ulash

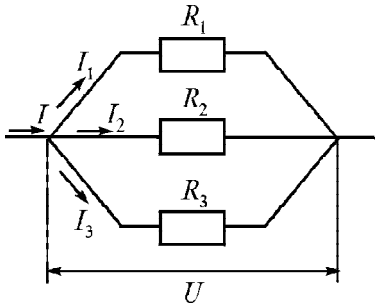
M a z m u n i : o‘tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash.

O‘tkazgichlarni ketma-ket ulash. O‘tkazgichlar zanjirga ketma-ket yoki parallel ulanishi mumkin. O‘tkazgichlar ketma-ket ulanganda birinchi o‘tkazgichning tugashi ikkinchisining boshlanishiga, ikkinchisining tugashi esa uchinchisining boshlanishiga va hokazo, ulanib (122- rasm) barcha qismlardagi tok kuchi bir xil (I = const), zanjirning umumiy qarshiligi esa alohida-alohida qarshiliklarning yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



122- rasm.



123- rasm.

$$I = I_1 = I_2 = I_3,$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Umumiy kuchlanish tushishi har bir o‘tkazgichdagi kuchlanishlar tushishlarining yig‘indisiga teng, ya’ni

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

O‘tkazgichlarni parallel ulash. O‘tkazgichlar parallel ulanganda esa barcha o‘tkazgichlarning boshlanishlari bir nuqtaga, tugashlari ham bir nuqtaga ulanadi (123- rasm), tok kuchi tarmoqlardan oqadigan tok kuchlarining yig‘indisiga teng:

$$I = I_1 + I_2 + I_3,$$

kuchlanish tushishi esa bir xil: $U = U_1 = U_2 = U_3 = \text{const}$.

Umumiy qarshilik tarmoqlarning qarshiliklari yordamida quyidagicha topiladi:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

Sinov savollari

1. O‘tkazgichlarni ketma-ket ulash deb qanday ulashga aytiladi, chizib ko‘rsating? 2. O‘tkazgichlar ketma-ket ulanganda zanjirdagi tok kuchi, kuchlanish va qarshilik qanday bo‘ladi? 3. O‘tkazgichlarni parallel ulash deb qanday ulashga aytiladi, chizib ko‘rsating? 4. O‘tkazgichlarni parallel ulaganda zanjirdagi tok kuchi, kuchlanish va qarshilik qanday bo‘ladi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

78- §. Elektr energiya manbalarini ulash

M a z m u n i : elektr energiya manbalarini ketma-ket va parallel ulash.

Zanjirni zarur bo‘lgan elektr energiya bilan ta’minlash uchun tok manbalari o‘zaro ulanadi. Manbalarning yagona batareyaga ulanishi ketma-ket yoki parallel bo‘lishi mumkin.

Elektr energiya manbalarini ketma-ket ulash. Ketma-ket ulanganda qo‘shni manbalarning turli ismli qutblari bir-birlariga ulanadi (124- rasm). Musbat va manfiy qutblar bir-birlariga ulanganligi uchun bir xil potensialga ega. Shuning uchun ham birinchi manbaning manfiy qutbi va ikkinchi manbaning musbat qutbi orasidagi potensiallar farqi shu manbalar EYK ning yig‘indisiga teng.

Agar batareyada n ta bir xil manba bo‘lsa, yopiq zanjirning chekka qutblaridagi potensiallar farqi bitta manbadagiga nisbatan n marta katta bo‘ladi. Shunday qilib ketma-ket ulanganda batareyaning EYK batareyani tashkil etuvchi alohida manbalar EYK ning yig‘indisiga teng bo‘ladi.

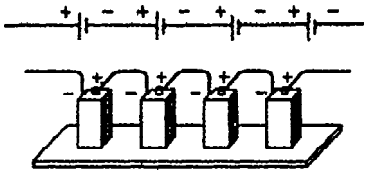
Batareyaning umumiy qarshiligi alohida manbalarning ichki qarshiliklarining yig‘indisiga teng:

$$r_B = r_1 + r_2 + \ldots + r_n = nr.$$

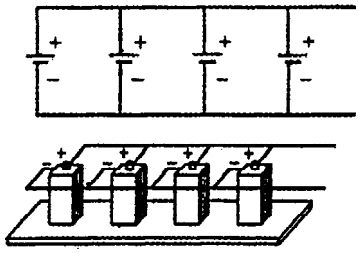
Unda Om qonuniga muvofiq bunday zanjirdagi tok kuchi:

$$I = \frac{n\mathcal{E}}{R + nr}.$$

Elektr energiya manbalarini parallel ulash. Agar elektr energiya manbalarining barcha musbat va barcha manfiy qutblari o‘zaro birga ulansa, bunday ulanishga parallel ulanish deyiladi (125- rasm). Odatda, bir xil EYK li manbalar parallel ulanadi. Elektr energiyaning bir xil manbalari parallel ulanganda batareyaning EYK bitta manbaning EYK ga teng bo‘ladi.



124- rasm.



125- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Parallel ulanganda batareyaning qarshiligi bitta batareyaning qarshiligidan kam bo‘ladi. Agar batareya ichki qarshiligi r bo‘lgan n ta bir xil manbalardan tashkil topgan bo‘lsa, batareyaning qarshiligi

$$r_b = \frac{r}{n}$$

bo‘ladi. Unda Om qonuniga muvofiq:

$$I = \frac{1}{R + r / n}.$$



Sinov savollari

1. Tok manbalarini batareyaga ulash nima uchun kerak? 2. Tok manbalarini ketma-ket ulash deb qanday ulashga aytiladi? 3. Ketma-ket ulanganda batareyaning EYK nimaga teng bo‘ladi? 4.Batareyaning umumiy qarshiligi nimaga teng bo‘ladi? 5. Ketma-ket ulanganda batareyadagi tok kuchi qanday aniqlanadi? 6. Tok manbalarini parallel ulash deb qanday ulashga aytiladi? 7. Odatda, qanday manbalar parallel ulanadi? 8. Parallel ulanganda batareyaning EYK nimaga teng? 9. Parallel ulanganda batareyaning qarshiligi nimaga teng bo‘ladi? 10. Parallel ulanganda batareyadagi tok kuchi qanday aniqlanadi?



79- §. Tokning ishi va quvvati. Joul—Lens qonuni

M a z m u n i : tokning ishi va quvvati; tok ishining va quvvatining birliklari; Joul—Lens qonuni; tokning issiqlik ta’siri.

Tokning ishi. Uchlariga U kuchlanish qo‘yilgan bir jinsli o‘tkazgich bilan ish ko‘raylik. t vaqt davomida o‘tkazgichdan $q = It$ zaryad miqdori oqib o‘tadi. Elektr toki maydon ta’siridagi q zaryadning ko‘chishidan iborat jarayon ekanligini e’tiborga olsak, (65.6) ga asosan quyidagini yozishimiz mumkin:

$$A = q \cdot U = IUt. \qquad (79.1)$$

Tokning ishi zaryadlarni elektr maydonda ko‘chirishda bajarilgan ish bilan aniqlanadi.

Zanjirning bir qismi uchun Om qonunidan foydalanib, tokning ishi uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$A = I \cdot U \cdot t = I^2 \cdot Rt = \frac{U^2}{R} t. \qquad (79.2)$$

Tokning quvvati. Quvvat vaqt birligida bajariladigan ish bilan aniqlanishini nazarda tutsak, ushbuga ega bo‘lamiz:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}. \qquad (79.3)$$

Tok ishining va quvvatining birligi. Agar tok kuchi — amperlarda, kuchlanish — voltlarda, qarshilik — omlarda ifodalansa, tokning ishi — joullarda, quvvati esa vattlarda ifodalanadi.

Amalda tok ishining sistemadan tashqari birliklaridan ham foydalaniladi.

1W · soat = 1 W · 3600 s = 3600 J = 3,6 · 10^3 J — 1W quvvatli tokning 1 soatdagi ishi;

1 kW · soat = 1000 W · 3600 s = 3600000 J = 3,6 · 10^6 J — 1kW quvvatli tokning 1 soatdagi ishi.

Joul — Lens qonuni. Agar tok harakatsiz metall o‘tkazgichdan o‘tayotgan bo‘lsa, tokning barcha ishi uni qizdirishga ketadi. Unda energiyaning saqlanish qonuniga muvofiq:

$$Q = A.$$

(79.2) ga asosan yozamiz:

$$Q = I \cdot U \cdot t = I^2 t \cdot R = \frac{U^2}{R} t. \qquad (79.4)$$

Bu ifoda Joul — Lens qonunini ifodalaydi. Uni tajribalar asosida mustaqil ravishda J. Joul va E.Lenslar aniqlashgan. O‘tkazgichdan tok o‘tganda issiqlik ajralishiga sabab erkin elektronlarning harakat davomida kristall panjara tugunlaridagi ionlarga urilib o‘z energiyalarini berishlaridir. Buning natijasida ionlarning tebranma harakati ortadi, ya’ni o‘tkazgich qiziydi. Shuning uchun ham ajralib chiqadigan issiqlik miqdori qarshilikka to‘g‘ri proporsionaldir.

Tokning issiqlik ta’siri. Tokning issiqlik ta’siri kundalik hayotimizda va texnikada juda keng qo‘llaniladi.

Dastlabki cho‘g‘lanma lampochka 1872- yil rus injeneri A. Lodigin tomonidan kashf etilgan. U shisha ballon ichida mis simlar orasida berkitilgan ko‘mir tayoqchadan iborat bo‘lgan. Tok o‘tganda ko‘mir tayoqcha cho‘g‘dek qizib yorug‘lik bergan. Hozirgi paytda cho‘g‘lanish tolasi sifatida suyuqlanish temperaturasi 3370 °C bo‘lgan volfram tolasidan foydalaniladi.

Keng qo‘llaniladigan elektr plita, elektr choynak, elektr dazmol, elektr isitkichlar ham isitish asboblariga kiradi. Ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan qurilmalardan yana biri bu elektr pechidir. Uning temperaturasi 3000 °C gacha boradi. Elektr tokining issiqlik ta’siri keng qo‘llaniladigan sohalardan yana biri texnikada va xalq xo‘jaligida muhim ahamiyatga ega bo‘lgan payvandlash ishlaridir.

Tokning issiqlik ta’siri asosida ishlaydigan ko‘plab o‘lchov asboblari, jumladan galvanometrlar mavjud.

Tokning issiqlik ta’sirining foydali tomonlaridan tashqari zararli tomonlari ham mavjuddir. Jumladan, tok uzatish simlaridan ajralib

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

chiqayotgan ulkan miqdordagi issiqlik befoyda sarflanadi. Shuning uchun ham bu maqsadda solishtirma qarshiligi kichikroq metallardan foydalanishga harakat qilinadi.



Sinov savollari

1. Tokning ishi qanday aniqlanadi? 2. Tokning quvvati qanday aniqlanadi? 3. Tok ishi va quvvatining SI dagi birliklari. 4. Tok ishining sistemadan tashqari birliklari. 5. Qachon tokning barcha ishi qizdirishga sarflanadi? 6. Joul — Lens qonuni. 7. O‘tkazgichdan tok o‘tganda issiqlik ajralishiga sabab nima? 8. Ajralib chiqadigan issiqlik miqdorining qarshilikka to‘g‘ri proporsionalligini qanday tushuntirasiz? 9. Tokning solishtirma issiqlik quvvati qanday aniqlanadi? 10. Tokning issiqlik ta’siridan foydalanishga beshta misol keltiring. 11. Tok issiqlik ta’sirining zararli tomonlariga misollar keltiring.



Masala yechish namunalari

1 - m a s a l a : 6 V kuchlanish ostida turgan, uzunligi 10 m bo‘lgan temir o‘tkazgichdagi tok zichligi aniqlansin.

Berilgan:

$U = 6$ V;
$l = 10$ m;
$\rho_t = 9{,}8 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$ m.

$j = ?$

Yechish. Tok zichligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$j = \frac{I}{S}.$$

Agar zanjirning bir qismi uchun Om qonuni $I = \frac{U}{R}$ dan foydalansak, tok zichligining ifodasi $j = \frac{U}{R \cdot S}$ ko‘rinishni oladi. Bu yerda $R = \rho \frac{l}{S}$ o‘tkazgichning qarshiligi.

Unda:

$$j = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot l \cdot S} = \frac{U}{\rho \cdot l}.$$

Berilganlardan foydalanib topamiz:

$$j = \frac{6}{9{,}8 \cdot 10^{-8} \cdot 10}\ \frac{\text{A}}{\text{m}^2} = 6{,}12 \cdot 10^6\ \frac{\text{A}}{\text{m}^2} = 6{,}12\ \frac{\text{mA}}{\text{m}^2}.$$

J a v o b : $j = 6{,}12$ mA/m^2.

2 - m a s a l a . Elektr qaynatgichning chulg‘ami ikki qismdan iborat. Faqat birinchi qism ulanganda suv 15 minutda, faqat ikkinchi qism

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ulanganda esa 30 minutda qaynaydi. Agar ikkala qism: 1) ketma-ket; 2) parallel ulansa, shu suv qancha vaqtda qaynaydi?

Berilgan:

$t_1 = 15$ min $= 900$ s;
$t_2 = 30$ min $= 1800$ s;

1) $t_{kk} = ?$
2) $t_p = ?$

Yechish. Barcha hollarda qaynaydigan suv bir xil bo‘lganidan $Q = Q_1 = Q_2 = Q_{kk} = Q_p$ va tok kuchi ham bir xil: $I = I_1 = I_2 = I_{kk} = I_p$ (126- rasm). Barcha hollar uchun Joul—Lens qonunini yozamiz:

Birinchi qism uchun:

$$Q_1 = I^2 R_1 t_1, \qquad (1)$$

ikkinchi qism uchun:

$$Q_2 = I^2 R_2 t_2, \qquad (2)$$

ketma-ket ulangan

$$Q_{kk} = I^2 R_{kk} t_{kk} = I^2 (R_1 + R_2) t_{kk} \qquad (3)$$

va parallel ulangan hol uchun

$$Q_p = I^2 R_p t_p = I^2 \left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \right) t_p \qquad (4)$$

(1) va (2) ifodalarni tenglashtirib,

$$I^2 R_1 t_1 = I^2 R_2 t_2 \text{ yoki } R_1 = \frac{R_2 t_2}{t_1} \qquad (5)$$

ni hosil qilamiz. Shuningdek, (2) va (3) ni tenglashtirib,

$$I_2 (R_1 + R_2) t_{kk} = I^2 R_2 t_2 \text{ yoki } t_{kk} = \frac{R_2 t_2}{R_1 + R_2}. \qquad (6)$$

(2) va (4) ni tenglashtirib,

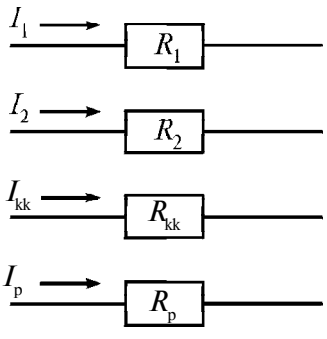
$$I^2 \left(\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \right) t_p = I^2 R_2 t_2 \quad \text{yoki}$$

$$t_p = \frac{t_2 (R_1 + R_2)}{R_1} \qquad (7)$$

larni hosil qilamiz. Endi R_1 ni (5) dagi ifodasini (6) va (7) larga qo‘yib topamiz:

$$t_{kk} = \frac{t_1 \cdot t_2}{t_1 + t_2} \text{ va } t_p = t_1 + t_2.$$

Berilganlar yordamida topamiz:



126- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$t_{kk} = \frac{900 \cdot 1800}{900 + 1800}\text{s} = 600\text{s} = 10\text{min},$$

$$t_P = 900\text{ s} + 1800\text{ s} = 2700\text{ s} = 45\text{ min}.$$

J a v o b : $t_{kk} = 10$ min; $t_P = 45$ min.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Ko‘ndalang kesim yuzi 1,6 mm^2 bo‘lgan o‘tkazgichdan 2 s davomida $2 \cdot 10^{19}$ tagacha elektron o‘tsa, tok zichligi nimaga teng bo‘ladi? ($j = 1\text{A/mm}^2$.)
2. Shuntlangan ampermetr 10 A gacha tokni o‘lchaydi. Agar ampermetrning qarshiligi 0,02 Ω, shuntning qarshiligi 50 Ω bo‘lsa, ampermetr shuntsiz qanday eng katta tokni o‘lchaydi? ($I = 2$A)
3. Batareyaning EYK 12 V. Tok kuchi 4 A bo‘lganda, uning FIK $\eta = 0{,}6$ bo‘lsa, batareyaning ichki qarshiligi aniqlansin. ($r = 1{,}2$ Ω.)
4. Tashqi qarshilik 80 Ω bo‘lganda zanjirdagi tok kuchi 0,8 A, tashqi qarshilik 15 Ω bo‘lganda tok kuchi 0,5 A ga teng bo‘ldi. EYK manbayining qisqa tutashuvdagi tok kuchi aniqlansin. ($t_{qt} = 0{,}46$ A)

Test savollari

1. Tashqi elektr maydon ta’sirida o‘tkazgichlardagi zaryadlar qanday harakatga keladi?

A. Musbat zaryadlar maydon bo‘ylab, manfiy zaryadlar maydonga qarshi. B. Manfiy zaryadlar maydon bo‘ylab, musbat zaryadlar maydonga qarshi. C. Harakatlanmaydi. D. Hamma zaryadlar maydon bo‘ylab harakatlanadi. E. To‘g‘ri javob yo‘q.

2. Tok zichligi qaysi formula bilan topiladi?

A $\rho = \frac{I}{V}$. B. $j = \frac{J}{S}$. C. $j = \frac{U}{S}$.

D. $\rho = \frac{I}{V} \cdot a$. E. To‘g‘ri javob yo‘q.

3. Birlik musbat elektr zaryadni butun zanjir bo‘ylab ko‘chirishda tashqi kuchlar bajaradigan ish qanday nomlanadi?

A. Tashqi kuchlarning bajargan ishi. B. Elektr yurituvchi kuch. C. Elektr tokining ta’sir kuchi. D. Tashqi kuchlarning birlik miqdori. E. To‘g‘ri javob yo‘q.

4. Quyidagi o‘tkazgich materiallardan qaysi birining qarshiligi eng katta?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

A. Kumush. B. Aluminiy. C. Mis. D. Temir. E. Hamma materiallar qarshiligi bir xil.

5. Dastlabki cho‘g‘lanma lampochka kim tomonidan kafsh qilingan?
A. Edison tomonidan. B. Lodigin tomonidan. C. Joul tomonidan. D. Faradey tomonidan. E. Bir talay rus olimlari tomonidan.

Asosiy xulosalar

Elektr toki deb, elektr zaryadining batartib harakatiga aytiladi.

Tok kuchi o‘tkazgichning ko‘ndalang kesimdan vaqt birligida o‘tuvchi elektr zaryadi bilan aniqlanadi: $I = \Delta Q/\Delta t$. SI dagi birligi 1A.

Tok zichligi vektor kattalik bo‘lib, tok kuchining o‘tkazgich ko‘ndalang kesim yuziga nisbatiga teng: $j = \frac{J}{S}$. SI dagi birligi $1\frac{A}{m^2}$.

Elektr tokining tarqalish tezligi elektr maydonning tarqalish tezligi, ya’ni yorug‘likning tarqalish tezligi $3 \cdot 10^8$ m/s ga teng.

Birlik musbat elektr zaryadini butun zanjir bo‘ylab ko‘chirishda tashqi kuchlar bajaradigan ish tok manbayining elektr yurituvchi kuchi (EYK) deyiladi.

Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni: $I = U/R$.

O‘tkazgichning qarshiligi: $R = \rho\frac{\ell}{S}$. Uning SI dagi birligi 1 Ω.

O‘tkazgich qarshiligining temperaturaga bog‘liqligi: $R = R_0(1 + \alpha t)$.

Temperatura pasayganda o‘tkazgich qarshiligining sakrab nolgacha kamayishiga *o‘ta o‘tkazuvchanlik hodisasi* deyiladi.

To‘la zanjir uchun Om qonuni: $I = \frac{1}{R+r}$.

Tokning ishi: $A = IUt = I^2 \cdot Rt = \frac{U^2}{R}t$.

Tokning quvvati: $P = \frac{A}{t} = I \cdot U = I^2 R = \frac{U^2}{R}$.

Joul—Lens qonuni: $Q = I \cdot U \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \frac{U^2}{R}t$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

XIV BOB. TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI

Biz oldingi bobda elektr toki haqidagi tushuncha va uning asosiy qonunlari bilan tanishdik. Mulohazalarimizda asosan birinchi tur o‘tkazgichlar — metallar haqida fikr yuritdik. Ushbu bobda esa bu mulohazalarimizni yanada chuqurlashtiramiz va shu bilan birga ikkinchi tur o‘tkazgichlar — eritmalar va gazlarda tok qonunlari bilan tanishamiz. Ikkinchi tur o‘tkazgichlardagi tok qonunlarining texnikadagi ahamiyati ularni chuqur o‘rganishni taqozo etadi. Keyingi paytlarda jadal rivojlanib, kundalik hayotimizning ajralmas qismini tashkil etayotgan radiotexnika qurilmalari, elektron hisoblash mashinalarining asosini tashkil etuvchi yarim o‘tkazgichlardagi elektr tokining tabiatini o‘rganish ayniqsa muhim ahamiyatga ega.

80- §. Metallarda elektr toki

M a z m u n i : metallarda zaryad tashuvchilar; erkin elektronlar.

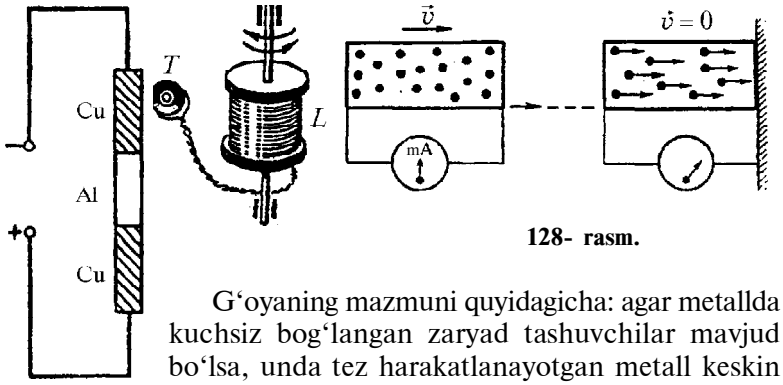
Metallarda zaryad tashuvchilar. Metallarda zaryad tashuvchi zarralarning tabiati haqida turli mulohazalar mavjud bo‘lgan. Bunday zarralar kristall panjara ionlariga kuchsiz bog‘langan elektronlar, degan mulohazani nemis fizigi P.Drude (1863 — 1906) olg‘a surgan va metallarda elektr o‘tkazuvchanlikning klassik nazariyasini yaratgan. Uning bu g‘oyasi gollandiyalik fizik X.Lorens tomonidan rivojlantirilgan va bir qancha tajribalarda o‘z isbotini topgan. Nemis fizigi K.Rikke (1845 — 1915) 1901- yilda quyidagicha tajriba o‘tkazgan . U uchta bir xil radiusli juda yaxshi silliqlangan Cu, Al, Cu silindrchalarni ustma-ust qo‘yib ulardan katta miqdordagi zaryadni ($\approx 3{,}5 \cdot 10^6$ C) o‘tkazgan (127- rasm).

Agar bordi-yu, zaryad tashuvchi zarralar ionlar bo‘lganida edi, silindrlarda qo‘shni metallning namunalari bo‘lishi kerak edi. Juda nozik tekshiruvlar ham moddalarning, hattoki zarracha ko‘chishini qayd etmagan.

Demak, zaryad tashuvchilar har ikkala metallga ham xos zarralar bo‘lishi kerak. Bunday zarralar esa 1887- yilda ingliz fizigi J.Tomson (1856 — 1940) tomonidan kashf etilgan elektron bo‘lishi mumkin.

Metallarda zaryad tashuvchi zarralar elektron ekanligini tasdiqlovchi yana bir qancha tajribalar rus fiziklari S.Mandelshtam (1879 — 1944) va N.Papaleksi (1886 — 1947) taklif qilgan g‘oyaga asosan o‘tkazilgan.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



127- rasm.

128- rasm.

G‘oyaning mazmuni quyidagicha: agar metallda kuchsiz bog‘langan zaryad tashuvchilar mavjud bo‘lsa, unda tez harakatlanayotgan metall keskin to‘xtatilganda bu zarralar o‘z inersiyalari bilan, keskin tormozlangan avtobusdagi yo‘lovchilar kabi oldinga ko‘chishi va natijada elektr toki paydo bo‘lishi kerak (128- rasm). O‘tkazilgan ko‘plab tajribalar bu fikrni to‘la tasdiqladi va metallarda zaryad tashuvchi zarralar elektronlar ekanligini isbotladi.

Erkin elektronlar. Xo‘sh, metallarga erkin elektronlar qayerdan keladi? Ularning paydo bo‘lishi quyidagicha tushuntiriladi: metallning kristall panjarasi hosil bo‘lishida atom yadrosi bilan kuchsiz bog‘langan elektronlar atomdan uzilib chiqadi va erkin elektronga aylanib butun hajm bo‘ylab harakatlanishi mumkin bo‘lib qoladi. Demak, panjara tugunlarida metall ionlari joylashib, ular orasida go‘yoki ideal gazga o‘xshash elektron gaz hosil qiluvchi, erkin elektronlar betartib harakatda bo‘ladi. Elektronlar o‘z harakatlari davomida panjaradagi ionlar bilan to‘qnashib turadi va natijada ular o‘rtasida termodinamik muvozanat vujudga keladi. Hisoblashlarning ko‘rsatishicha, T=300 K da elektronning o‘rtacha issiqlik harakatining tezligi $\langle u \rangle = 1{,}1 \cdot 10^5$ m/s ni tashkil qiladi. Elektronlarning elektr maydon ta’siridagi yo‘naltirilgan harakat o‘rtacha tezligi esa $\langle v \rangle = 8 \cdot 10^{-4}$ m/s atrofida bo‘ladi (72- § ga qarang). Ya’ni yuqorida qayd etilganidek, elektronlarning yo‘naltirilgan harakat tezligi ularning o‘rtacha issiqlik harakat tezligidan qariyb 10^8 marta kichik. Shuning uchun ham bu tezlik elektr tokining tarqalish tezligi bo‘lolmaydi. Elektr toki juda uzoq masofalarga bir lahzadayoq uzatilishiga sabab, elektr zanjiri ulanishidayoq zanjir bo‘ylab elektr maydonning yorug‘lik tezligiga teng tezlik ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s) bilan tarqalishidir. Natijada butun zanjir bo‘ylab o‘zgarmas elektr maydon vujudga keladi va elektronlarni batartib harakatga keltiradi. Shuning uchun ham zanjir ulanishidayoq unda elektr toki vujudga keladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Ikkinchi tur o‘tkazgichlar deb qanday o‘tkazgichlarga aytiladi? 2. Ikkinchi tur o‘tkazgichlarda elektr o‘tkazuvchanlikni o‘rganishning ahamiyati. 3. Drude nazariyasi. 4. Rikke tajribasi va uning natijasi. 5. Rikke tajribasidan chiqarilgan xulosa. 6. Mandelshtam va Papaleksi taklifi asosida o‘tkazilgan tajriba va uning natijasi. 7. Metallarda erkin elektron qayerdan keladi? 8. Nima uchun elektronning yo‘naltirilgan harakat tezligi elektr tokining tezligi bo‘lolmaydi?

81- §. Chiqish ishi

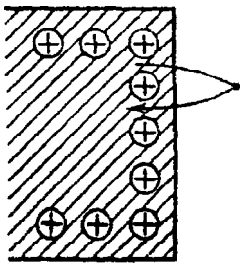
M a z m u n i : chiqish ishi; chiqish ishi mavjudligining sabablari; potensial to‘siq; energiyaning elektron-volt birligi.

Chiqish ishi. Oldingi mavzuda bayon etilganidek, metallardagi erkin elektronlar odatdagi temperaturalarda ham ma’lum issiqlik harakat tezligi $<u> = 1{,}1 \cdot 10^5$ m/s ga va kinetik energiya $E_k = \frac{m<u>^2}{2} \approx 5{,}5 \cdot 10^{-21}$ J ga ega bo‘ladi. Lekin ular metallni tark etolmaydi. Demak, ularni metallda tutib turadigan qandaydir kuch bo‘lishi kerak. Elektron metallni tark etishi uchun bu kuchning qarshiligini yengishi, ya’ni unga qarshi ish bajarishi zarur. **Elektronni metalldan ajratib, vakuumga chiqarish uchun bajarish kerak bo‘lgan ish *chiqish ishi* deyiladi.**

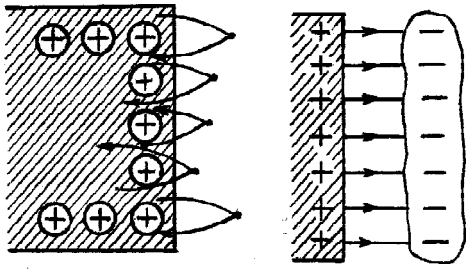
Chiqish ishi mavjudligining sabablari. Chiqish ishi mavjudligining asosiy sabablari quyidagilardir:

1) agar elektron biror sabab ga ko‘ra metallni tark etsa, uning o‘rnida ortiqcha musbat zaryad vujudga keladi va u Kulon qonuniga muvofiq elektronni o‘ziga tortadi (129- rasm);

2) ba’zi elektronlar metallni tark etib, undan atom kattaliklaridek masofaga uzoqlashadi va metall sirtida «elektronlar bulutini» hosil



129- rasm.



130- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

qiladi. Bu bulut panjaradagi musbat ionlarning tashqi qatlami bilan birga qo‘sh qavatli elektr qatlamini hosil qiladi. U go‘yoki zaryadlangan yassi kondensatorga o‘xshab, maydoni qoplamalari orasida mujassamlashgan bo‘ladi va tashqi fazoda elektr maydoni hosil qilmaydi. Elektron bu qo‘sh qavatli qatlamdan o‘tishi uchun ma’lum ish bajarishi kerak (130- rasm).

Potensial to‘siq. Demak, elektron metalldan chiqishida metall sirti va elektron buluti orasida vujudga keladigan $\Delta\varphi$ potensial to‘siqdan o‘tishi kerak. Bu to‘siq elektronlarning metalldan uchib chiqish jarayoniga to‘sqinlik qiladi. Chunki elektron metalldan uzilib chiqishida shu to‘siqni yengish uchun ma’lum ish bajarishi zarur. Chiqish ishi quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$A = e \cdot \Delta\varphi. \tag{81.1}$$

Agar elektronning kinetik energiyasi

$$E_k = \frac{mv^2}{2} > A \tag{81.2}$$

shartni bajarsa, elektron metallni tark etadi, aks holda tark etolmaydi.

$\Delta\varphi = u_i = \frac{A}{e}$ potensial *ionlashtiruvchi potensial* deyiladi.

Energiyaning elektron-volt birligi. Odatda chiqish ishi elektron-voltlarda (eV) hisoblanadi. **1 eV — elektronning 1 V potensial farqini o‘tishda oladigan energiyasi:**

$$1\ \text{eV} = 1\text{V} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}\,\text{C} = 1,6 \cdot 10^{-19}\,\frac{\text{J}}{\text{C}} \cdot \text{C} = 1,6 \cdot 10^{-19}\,\text{J}.$$

Xona temperaturasida metallarni tark etish uchun yetarli energiyaga ega bo‘ladigan elektronlarning soni juda kam bo‘lib, ular ham metallarning tabiatiga bog‘liq. Xona temperaturasida ($T \approx 300$ K) elektronning energiyasi:

$$kT = 1,38 \cdot 10^{-23}\,\frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 300\ \text{K} = 4,15 \cdot 10^{-21}\,\text{J} = 0,026\ \text{eV}.$$

Ba’zi metallar uchun elektronlarning chiqish ishlari quyidagi jadvalda keltirilgan

Metall	A, eV	Metall	A, eV
Aluminiy	3,7	Platina	6,3
Volfram	4,5	Rux	4,0
Litiy	2,3	Seziy	1,8
Mis	4,3		

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Elektronning metalldagi issiqlik harakat kinetik energiyasi qancha? 2. Elektron nima uchun metallni tark etolmaydi? 3. Chiqish ishi deb qanday ishga aytiladi? 4. Chiqish ishi mavjudligining birinchi sababi nima? 5. Chiqish ishi mavjudligining ikkinchi sababi nima? 6. Potensial to‘siq qanday hosil bo‘ladi? 7. Potensial to‘siqning balandligi nimaga teng? 8. Elektronning metalldan chiqish ishi qanday aniqlanadi? 9. Qanday shart bajarilganda elektron metallni tark etishi mumkin? 10. 1 eV deb qanday energiyaga aytiladi? 11. 1 eV necha joulga teng? 12. Xona temperaturasida elektronning energiyasi necha eV bo‘ladi?

82- §. Emissiya hodisalari va ularning qo‘llanilishi

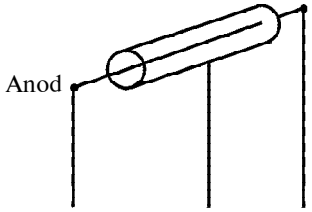
M a z m u n i : elektron emissiyasi; termoelektron emissiyasi; vakuumli diod; diodning volt-amper xarakteristikasi; vakuumli triod; elektron-nurli trubka.

Elektron emissiyasi. Agar metallardagi elektronlarga chiqish ishini bajara oladigan energiya berilsa, elektronlarning bir qismi metallni tark etishi mumkin. Elektronlarni bunday chiqarish hodisasi *elektron emissiyasi* deyiladi. Elektronlarga energiya berish usuliga qarab termoelektron, fotoelektron, avtoelektron emissiya hodisalari mavjud.

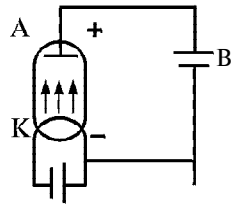
Termoelektron emissiya. Termoelektron emissiya — bu qizitilgan metallning elektronlar chiqarishidir. Metallardagi erkin elektronlarning konsentratsiyasi juda katta bo‘lib, hattoki o‘rtacha temperaturalarda ham chiqish ishini bajarib, metallni tark etadigan elektronlar mavjud bo‘ladi. Temperatura ko‘tarilishi bilan esa kinetik energiyasi chiqish ishidan kattaroq bo‘lgan elektronlarning soni ortadi va termoelektron emissiya hodisasi sezilarli bo‘lib qoladi. Termoelektron emissiya hodisasining qonunlarini ikki elektrodli lampa — vakuumli diod yordamida o‘rganish mumkin.

Vakuumli diod. Vakuumli diod — katod *K* va anod *A* elektrodlardan iborat, havosi so‘rib olingan ballondir. Katod elektr toki yordamida qizitiladigan bo‘lib qiyin eriydigan metalldan (misol uchun volframdan) yasalgan metall simdan iborat bo‘ladi. Anod esa katodni o‘rab turadigan metall silindr shaklida bo‘ladi (131- *a* rasm). Agar diod rasmdagidek zanjirga ulanib, katod qizdirilsa va anod manbaning musbat, katod manfiy qutblariga ulansa, zanjirda tok vujudga keladi. Agar batareya *B* ning qutblarini o‘zgartirsak, katodni qanchalik qizitishimizdan qat’iy nazar zanjirda tok bo‘lmaydi. Demak, katod manfiy zaryadlangan zarralar — elektronlarni chiqaradi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

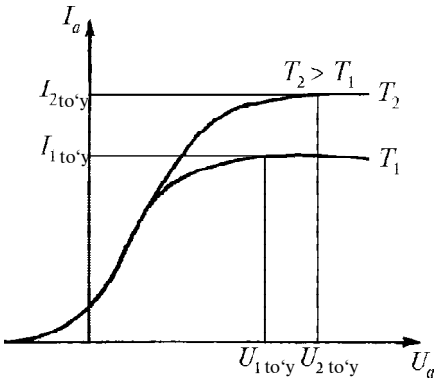


a)



b)

131- rasm.



132- rasm.

Diodning volt-amper xarakteristikasi. Endi katodning temperaturasini o‘zgarmas qilib saqlab, anod toki I_a va kuchlanishi U_a larning bog‘liqlik grafigini, ya’ni diodning volt-amper xarakteristikasini tuzamiz (132- rasm).

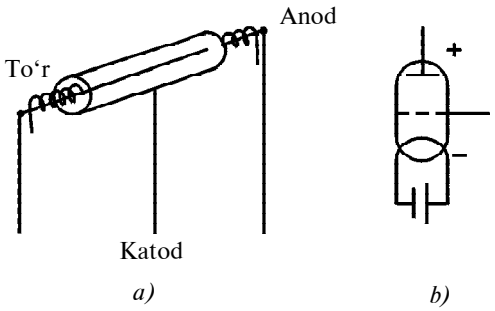
Ma’lum bo‘lishicha, u chiziqli emas ekan va demak, vakuumli diod uchun Om qonuni bajarilmaydi. Dastlab kuchlanish ortishi bilan tok sekin ortadi. Bu paytda manfiy zaryadli elektron bulut katoddan uchib chiqqan elektronlarning harakatiga to‘sqinlik qiladi va itarish kuchi ta’sirida elektronlarning bir qismi katodga qaytsa, bir qismi anodga yetadi.

Anod kuchlanishi ortishi bilan elektron bulutining zichligi kamayadi va tok kuchi ortadi. Kuchlanishning ma’lum $U_a = U_{to'y}$ qiymatida katoddan uchib chiqadigan elektronlarning barchasi anodga yetib boradi va tok kuchi o‘zining maksimal qiymatiga erishib, kuchlanishning yanada ortishi tok kuchini o‘zgartira olmaydi. Tok kuchining bu qiymatiga to‘yinish toki $I_{to'y}$ deyiladi. Agar katodning temperaturasi o‘zgarsa, to‘yinish tokining qiymati ham o‘zgaradi.

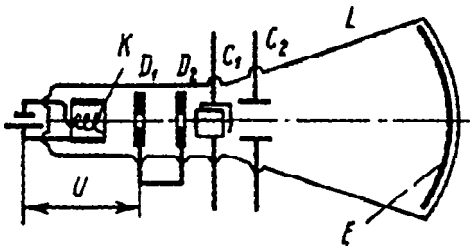
Agar batareyaning qutblari almashtirib ulansa, zanjirda tok bo‘lmaydi. Demak, diodlar bir tomonlama tok o‘tkazish xususiyatiga ega. Shuning uchun ham ular to‘g‘rilagich sifatida ishlatiladi.

Vakuumli triod. Lampadagi tokni boshqarish uchun unga bitta, ikkita yoki bir nechta *to‘r* deb ataluvchi qo‘shimcha elektrodlar kiritiladi (133- rasm). Odatda, to‘r-sim spiral ko‘rinishida bo‘lib anod va katod o‘rtasida o‘rnatiladi (133- *a* rasm). To‘r katod yaqinida shunday

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



133- rasm.



134- rasm.

joylashtiriladiki, undagi potensialning kichkina o‘zgarishi ham anod tokining o‘zgarishiga olib keladi.

Agar to‘rning potensiali katodga nisbatan nolga teng bo‘lsa, triod xuddi dioddek ishlaydi. To‘rning potensiali musbat bo‘lganda elektron bulutning zichligi kichik va demak, tok katta bo‘ladi. To‘rning manfiy potensialida esa katoddagi elektron bulutning zichligi ortadi, tok esa kamayadi. To‘r potensialining manfiyligi ortishi bilan tok kamaya boradi va manfiy potensialning ma’lum qiymatida nolga teng bo‘ladi. To‘rning anod toki nolga teng bo‘ladigan manfiy qiymati *yopish kuchlanishi* deyiladi. Yopish kuchlanishi anod kuchlanishiga bog‘liq. U_a qancha katta bo‘lsa, yopish kuchlanishi ham shuncha katta bo‘ladi. Demak, to‘r kuchlanishini o‘zgartirish bilan zanjirdagi anod tokini boshqarish mumkin, shuning uchun ham to‘rni *boshqaruvchi* deyiladi.

Elektron lampalar turli radiotexnik qurilmalarda, jumladan, kuchaytirgichlarda, generatorlarda keng qo‘llaniladi.

Elektron-nurli trubka. Elektron- nurli trubkaning tuzilishi 134-rasmda ko‘rsatilgan. U vakuumli shisha ballon *L* dan iborat bo‘lib, ichida elektronlarni chiqaruvchi qizigan katod *K* dan iborat «elektron to‘r» va D_1, D_2 diafragmali anodlar joylashtirilgan. Katod va anod o‘rtasidagi *U* potensiallar farqi elektronlarni katta tezlikkacha tezlashtirish va ingichka dasta hosil qilish imkonini beradi. Elektron dasta fluoressensiyalangan *E* ekranga tushganda yorug‘, nurlanuvchi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

nuqta vujudga keladi. Elektron nurlar dastasi bir-biriga perpendikular joylashgan ikkita C_1 va C_2 plastinalar juftligi yordamida boshqariladi. C_1 plastinalar maydoni nurni gorizontal, C_2 plastinalar maydoni esa vertikal yo‘nalishda boshqaradi. C_1 va C_2 plastinalarga beriladigan kuchlanishga qarab, ekrandagi nurli dog‘ o‘z joyida turishi, to‘g‘ri chiziq yoki sinusoida hosil qilib harakatlanishi mumkin. Elektron-nurli trubka ossillograf deyiluvchi qurilmaning va televizorning asosini tashkil qiladi.



Sinov savollari

1. Elektron emissiyasi deb qanday hodisaga aytiladi? 2. Termoelektron emissiyasi deb-chi? 3. Temperaturaning ortishi termoelektron hodisaga qanday ta’sir qiladi? 4. Vakuumli diod qanday tuzilgan? 5. Anod va katod manbaning qanday qutblariga ulanadi va nima uchun? 6. Katod nima uchun qizdiriladi? 7. Elektronlar qaysi elektroddan chiqadi? 8. Diodning volt-amper xarakteristikasi nima? 9. Volt-amper xarakteristikasining chiziqli emasligini tushuntiring. 10. To‘yinish toki deb qanday tokka aytiladi? 11. Agar manbaning qutblari almashtirib ulansa, diodli zanjirda tok bo‘ladimi? 12. Diodlar qayerda ishlatiladi? 13. Vakuumli triod deb qanday qurilmaga aytiladi? 14. Triodda to‘rning vazifasi nimadan iborat? 15. Yopish kuchlanishi deb qanday kuchlanishga aytiladi? 16. Triodlar qayerda ishlatiladi? 17. Elektron-nurli trubka qanday tuzilgan? 18. Elektron-nurli trubka qayerda ishlatiladi? 19. Elektron nurlar dastasi qanday hosil qilinadi? 20. Elektron nurlar dastasi qanday boshqariladi?

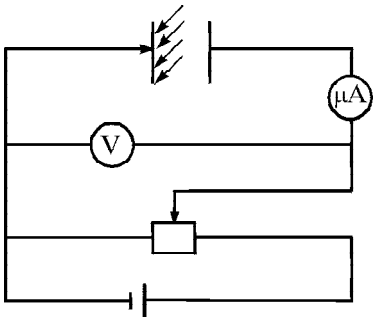


83- §. Gazlarda elektr toki. Mustaqil va nomustaqil razryadlar

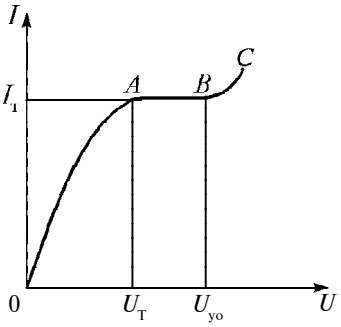
M a z m u n i : gaz razryadlari; rekombinatsiya; nomustaqil razryad; mustaqil razryad; toj razryad; uchqun razryad; yolqin razryad; elektr yoyi.

Gaz razryadlari. Uncha yuqori bo‘lmagan temperaturalarda gaz elektr tokini o‘tkazmaydi. U o‘tkazuvchan bo‘lishi uchun molekulalarining biror qismi bo‘linib, ionlar va erkin elektronlarga ajralishi kerak. Buning uchun esa gazga biror ionlashtiruvchi ta’sir ko‘rsatilishi zarur. Ionizator ta’sirida atom yoki molekulalarning elektron qobig‘idan bir yoki bir nechta elektronlarning uzilib chiqishi ro‘y beradi. Bu esa gazda erkin elektronlar va musbat ionlar vujudga kelishiga olib keladi. Elektronlar ham o‘z navbatida neytral atomlar yoki molekulalar bilan birikib, manfiy zaryadlangan ionlarni vujudga

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



135- rasm.



136- rasm.

keltiradi. Demak, ionlashgan gazda erkin elektronlar, musbat va manfiy ionlar mavjud bo‘ladi. Gazdan elektr tokining o‘tishi *gaz razryadi* deyiladi.

Rekombinatsiya. Gazda ionlashish jarayoni bilan birga, *rekombinatsiya* — ionlarning neytral atomlar yoki molekulalarga aylanish jarayoni ham ro‘y beradi. Agar tashqi ionizatorning ta’siri to‘xtasa, gazning o‘tkazuvchanligi yomonlasha boradi. Ionizatorning quvvati o‘zgarmaydigan bo‘lsa, ionlashish va rekombinatsiya jarayonlari o‘rtasida dinamik muvozanat vaziyati vujudga keladi. Bunda ionlashish natijasida vujudga keladigan zaryadlangan zarralar juftining o‘rtacha soni rekombinatsiya natijasida yo‘qoladiganlarining o‘rtacha soniga teng bo‘ladi.

Nomustaqil razryad. Gazda tokning tashqi ionlashtiruvchi ta’sirida vujudga kelishi *nomustaqil gaz razryadi* deyiladi. Bu jarayonni batafsilroq o‘rganaylik. Aytaylik, kondensator qoplamalari orasidagi bo‘shliqqa ultrabinafsha nurlar ta’sir etayotgan bo‘lsin (135- rasm). Kondensator qoplamalari orasida ionlashuv jarayoni ro‘y berib, qarama-qarshi zaryadlangan zarralar vujudga keladi. Agar kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish nolga teng bo‘lsa (136- rasm, 0 nuqta) tok ham nolga teng bo‘ladi, chunki hosil bo‘lgan zaryad tashuvchilar betartib harakatda bo‘ladi. Kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanish orttirilgan sari ko‘proq ionlar va elektronlar yo‘naltirilgan harakatga keladi. Ular kondensator qoplamalariga yetishishadi va tok kuchi ortib boradi. Kuchlanish U_T qiymatiga erishganda hosil bo‘lgan zaryadlarning barchasi qoplamalarga yetib boradi va tok shu ionlashish darajasi uchun o‘zining eng katta I_T qiymatiga erishadi. Kuchlanishning U_{yo} qiymatgacha ortishi tok kuchini o‘zgartira olmaydi. Agar ionlashtiruvchining ta’siri to‘xtatilsa, ionlarni vujudga keltiruvchi boshqa manba bo‘lmaganligi uchun razryad ham to‘xtaydi. Shuning uchun ham bunday razryad *nomustaqil razryad* deyiladi.

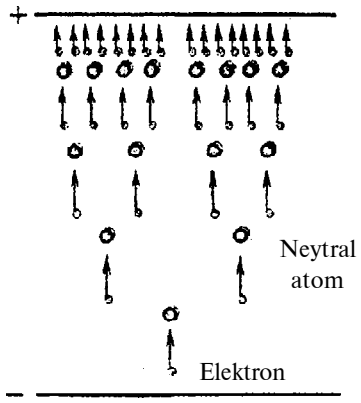
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Mustaqil razryad. Kuchlanishning yanada oshirilishida (U_{yo} va yuqori) tok kuchi keskin ortadi. Tashqi ionizator olinganida ham razryad davom etadi. Demak, endi gazning elektr o‘tkazuvchanligini ta’minlash uchun zarur bo‘lgan ionlarni razryadning o‘zi vujudga keltiradi. Tashqi ionizatorning ta’siri tugagandan keyin ham davom etadigan razryad *mustaqil gaz razryadi* deyiladi.

Mustaqil gaz razryadi vujudga keladigan U_{yo} kuchlanish *gaz razryadini yoqish kuchlanishi* yoki *teshish kuchlanishi* deyiladi.

Mustaqil gaz razryadi elektr maydoni tomonidan tezlashtirilgan elektronlarning urilish ionlashtirishi natijasida vujudga keladi. Elektronlar $\vec{E}$ maydon ta’sirida tezlanuvchan harakat qiladi va elektr maydon kuchlarining ishi hisobiga kinetik energiyasi ortadi. Agar elektronning energiyasi atomning ionlashish energiyasiga teng yoki undan katta bo‘lsa, ularning to‘qnashuvi natijasida atom ionlashishi mumkin. Natijada yana bir musbat ion va elektron vujudga keladi. Elektr maydon kuchlanganligi katta bo‘lganligi sababli, o‘z energiyasini yo‘qotgan oldingi elektron ham va yangi hosil bo‘lgan elektron ham ionlashtirish uchun zarur bo‘lgan energiyani to‘playdi. Keyingi to‘qnashuvda esa endi to‘rtta elektron va ikkita ion vujudga keladi. Uchinchi to‘qnashuvdan so‘ng elektronlar soni sakkizta, to‘rtinchisidan keyin — o‘n oltita va hokazo davom etadi. Natijada elektronlar va ionlar oqimi hosil bo‘ladi (137- rasmda elektronlar oqimi ko‘rsatilgan).

Mustaqil razryad hosil bo‘lishi uchun elektronlar va ionlar oqimining hosil bo‘lishi zarur bo‘lsa-da, lekin yetarli emas. Tashqi ionlashtiruvchi o‘chirilgandan keyin ham anodga ketuvchi elektronlarning o‘rniga yangilarini hosil qilish kerak bo‘ladi. Bu elektronlar maydon ta’sirida katod tomonga harakat qiladigan musbat ionlar va fotonlar tomonidan katoddan urib chiqariladi. Katod sirtidan elektronlarni urib chiqarish hodisasi *ikkilamchi elektron emissiya* deyiladi. Urib chiqariladigan elektronlarning soni ionning energiyasi va katod materialiga bog‘liq bo‘ladi. Bir paytning o‘zida ham elektronlar va ionlar oqimining vujudga kelishi, ham ikkinchi elektron emissiya hodisasining ro‘y berishigina mustaqil razryadning vujudga kelishiga olib keladi. Shu



137- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

holdagina gaz oralig‘ining teshilishi va mustaqil gaz razryadining yoqilishi ro‘y beradi.

Tojli razryad. Agar atmosfera bosimida birining uchi uchli, ikkinchisiniki yassi bo‘lgan elektrodlar yordamida bir jinslimas elektr maydon hosil qilinsa, har birining oldida elektr maydonning kuchlanganligi turlicha bo‘ladi. Uchli joyda zaryad zichligi juda katta va shuning uchun ham kuchlanish ortganda bu yerdagi kuchlanish yassi elektroddagiga nisbatan oldinroq E_u qiymatga erishadi. Uchli elektrod oldidagi kuchlanganlik 30 kV/sm ga yetganda gazning teshilishi ro‘y berib, elektrod atrofida tojga o‘xshash chaqnash hosil bo‘ladi. Shuning uchun ham u *tojli razryad* deyiladi.

Tabiatda tojli razryad atmosfera elektr maydoni ta’sirida daraxtlarning, kema machtalarining uchlarida va boshqa uchli narsalarning oldida hosil bo‘lishi mumkin. Shuningdek, uni yuqori kuchlanishli elektr energiya uzatuvchi simlar oldida ham kuzatish mumkin. Texnikada tojli razryad sanoatda ishlatiladigan gazlarni qattiq va suyuq aralashmalardan tozalash uchun foydalaniladigan elektr filtrlarda foydalaniladi.

Uchqunli razryad. Kuchlanish ortishi bilan tojning o‘rniga yanada kuchliroq elektron oqimlari hosil bo‘ladi, nurlanayotgan shoxchalar paydo bo‘lib, tojli razryad shokilali razryadga o‘tadi. Agar kuchlanish yanada orttirilsa, shokilaning shoxchalari o‘sib yanada uzunlashadi va ulardan birortasi ikkinchi elektrodga yetganida oraliqdagi gaz teshilib uchqun hosil bo‘ladi. Uchqun razryad uzilish xarakteriga ega, chunki gazning teshilishidan keyin elektrodlardagi kuchlanish keskin kamayadi, ya’ni elektrodlar o‘rtasidagi oraliqda qisqa tutashuv ro‘y beradi. Uchqunli razryad yo‘qoladi, kuchlanish yanada ortadi va teshilish jarayoni takrorlanadi.

Biz tabiatda kuzatadigan chaqmoq tabiiy uchqunli razryadning ulkan elektr uchqunidir. Ma’lumki, Yerning sirtida elektr maydon bo‘lib, momaqaldiroqdan oldin u juda kuchayadi. Bunga sabab bulutlardagi elektr zaryadlaridir. Odatda, bulutning pastki, Yerga qaragan qismida manfiy, yuqori qismida esa musbat zaryadlar bo‘ladi. Chaqmoq yoki bulutlar orasida, yoki bulut va Yer orasida hosil bo‘ladi. Chaqmoqning ba’zi razryadlari mikrosekundlar davomida ro‘y berib, tok kuchi 500 000 A ga yetadi. Chaqmoq bo‘lishidan oldingi kuchlanish 10^8 — 10^9 V gacha bo‘lishi mumkin. Chaqmoqda havoning kuchli qizishi ro‘y berib, kuchli tovush to‘lqini — momaqaldiroq vujudga keladi.

Turli binolarni chaqmoqdan himoya qilish uchun chaqmoq qaytargichlar qo‘yiladi. Ular uchli metall langarlardan iborat bo‘lib,

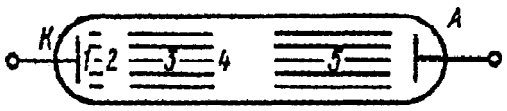
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

himoya qilinadigan binodan balandroq o‘rnatiladi va yerga ulanadi. Uning ish prinsipi zaryadni tayoq uchidan yerga o‘tib ketishiga asoslangan.

Elektr yoyi. Agar zanjirda kuchli tok manbayi mavjud bo‘lsa, uchqunni elektr yoyiga aylantirish mumkin. Elektr yoyi birinchi bo‘lib rus fizigi V.Petrov tomonidan 1802- yilda hosil qilingan. U ikkita ko‘mir parchasini olib, galvanik elementlarning kuchli batareyasiga birlashtirgan va oldin ularni bir-birlariga tegdirib, so‘ngra ajrata boshlagan. Ideal bog‘lanish bo‘lmaganligi uchun ko‘mir bo‘laklarining bir-birlariga tegib turgan joylarida katta qarshilik vujudga kelgan. Tok o‘tganda ko‘mir ulangan sim uchlarining qizishi kuzatilsa-da, issiqlik o‘tkazuvchanligi katta bo‘lmaganligi uchun ko‘mir bo‘lakchalari qizimagan. Ko‘mir bo‘lakchalari ajratilganda, qizigan katoddan termoelektron emissiya natijasida gaz oralig‘ining issiqlik ionlashuvi ro‘y bergan. Yoyning eng qizigan joyi elektronlarning uzilishi natijasida musbat elektrodda hosil bo‘lgan chuqurcha — yoyning og‘zidir. Normal atmosfera bosimida yoy og‘zidagi temperatura 4000 °C gacha ko‘tarilishi mumkin. Yoy razryadi vujudga kelishi uchun gaz ionlashuvining asosiy sababchisi termoelektron emissiya, ya’ni elektronlarning kuchli qizigan jismlardan chiqishidir. Yoy razryadi metallarni payvandlash va kesishda, kuchli yorug‘lik manbayi sifatida projektor, proyeksion va kinoapparatlarda foydalaniladi.

Yolqinli razryad. Agar shisha naydan havo so‘rib olinib, unda o‘rnatilgan elektrodlarga bir necha yuz volt o‘zgarmas kuchlanish berilsa, gaz razryadi vujudga keladi. Bu razryad *yolqin razryad* deyiladi (138- rasm).

Gaz siyraklashganda qo‘shni atomlar orasidagi masofa ortib boradi va natijada elektronning erkin yugurish yo‘lining uzunligi ham ortadi. Natijada garchi elektrodlar orasidagi kuchlanish kichik bo‘lsada, elektronlar to‘qnashib ionlashtirish uchun yetarli energiya to‘plashi mumkin. Agar kuchlanishni o‘zgartirmay saqlab, naydagi bosimni asta-sekin o‘zgartirib borsak, oldin shokilali razryad, keyin esa elektrodlarni tutashtiruvchi ingichka, yorug‘, egri-bugri kanal paydo bo‘ladi. Bosim 1 — 15 Pa atrofida bo‘lganda esa razryad 138- rasmdagidek ko‘rinishni oladi. Katod yonida ingichka yorug‘ qatlam *1* (katod pardasi), undan keyin katod qorong‘i fazasi *2*, undan so‘ng yorug‘



138- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

qatlam *3* (yolqinli nurlanish) va faradey qorong‘i fazasi deyiluvchi ikkinchi qorong‘i faza *4* joylashgan. Undan keyin esa yorug‘ soha *5* joylashgan bo‘lib, unga *musbat ustun* deyiladi.

Yolqinli razryadda gazning bunday nurlanishiga sabab razryad nayidagi potensialning taqsimlanishidir. Musbat ustunning nurlanishi g‘alayonlangan atomlar nurlanishining natijasi bo‘lganligi sababli o‘ziga xos rangga ega bo‘ladi. Bundan reklamalarda foydalanishadi. Agar nay neon bilan to‘ldirilsa — sariq-qizil, argon bilan to‘ldirilsa — ko‘k-yashil rangli nurlanish ro‘y beradi.

Yolqinli razryadning ma’lum shartlarida katod materialining so-chilib ketishi ro‘y beradi. Bu hol sirtlarni metallashtirish, oyna va yarim shaffof plastinalarni hosil qilishda foydalaniladi.

Sinov savollari

1. Nima uchun uncha yuqori bo‘lmagan temperaturalarda gazdan elektr toki o‘tmaydi? 2. Gazdan elektr toki o‘tishi uchun qanday shart bajarilishi kerak? 3. Gaz razryadi deb nimaga aytiladi? 4. Gazda ionlar qayerdan paydo bo‘ladi? 5. Rekombinatsiya deb qanday jarayonga aytiladi? 6. Dinamik muvozanat deb qanday vaziyatga aytiladi? 7. Nomustaqil razryad deb qanday razryadga aytiladi? 8. Tok o‘zining I_t qiymatiga qachon erishadi? 9. Mustaqil razryad deb qanday razryadga aytiladi? 10. Yoqish kuchlanishi deb qanday kuchlanishga aytiladi? 11. Mustaqil razryadda elektronlar va ionlar oqimi qanday hosil bo‘ladi? 12. Mustaqil razryad hosil bo‘lishi uchun elektronlar va ionlar oqimining bo‘lishi yetarlimi? 13. Ikkilamchi elektron emissiya deb qanday hodisaga aytiladi? 14. Tojli razryad deb qanday razryadga aytiladi? 15. Tojli razryadni qayerda kuzatish mumkin? 16. Tojli razryad qayerlarda ishlatiladi? 17. Uchqunli razryad qanday hosil bo‘ladi? 18. Chaqmoq qanday razryad? U qanday va qayerda hosil bo‘ladi? 19. Chaqmoqda tok kuchi va kuchlanishning qiymatlari qancha bo‘ladi? 20. Chaqmoqdan himoya qilish vositalari nima uchun kerak va qanday ishlaydi? 21. Elektr yoyi qanday hosil qilinadi? 22. Elektr yoyining vujudga kelishiga sabab nima? 23. Elektr yoyi qayerlarda ishlatiladi? 24. Yolqinli razryad qanday hosil qilinadi? 25. Yolqinli razryad nurlanishini tushuntirib bering. 26. Yolqinli razryadning turlicha nurlanishiga sabab nima? 27. Yolqinli razryadning texnikada qo‘llanilishi.

84- §. Plazma haqida tushuncha

M a z m u n i : plazma; plazmaning xossalari; plazmaning qo‘llanilishi; plazma va koinot.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Plazma. Bu tushuncha nisbatan yangi bo‘lib, oldingi asrning yigirmanchi yillarida o‘rganila boshlandi. *Plazma deb — elektronlarining konsentratsiyasi musbat ionlarining konsentratsiyasiga taxminan teng bo‘lgan, kuchli ionlashgan gazga aytiladi.* Temperatura ko‘tarila borgan sari plazmadagi elektronlar va ionlar soni ortib boradi va neytral atomlar shuncha kam qoladi. Bunday plazma *elektron-ionli plazma* deyiladi. Plazmadagi elektronlar konsentratsiyasi ionlar konsentratsiyasiga teng bo‘lganligi uchun ham uni elektroneytral, undagi hajmiy zaryad zichligini esa nolga teng deb hisoblash mumkin.

Plazmaning xossalari. Plazma — neytral gaz xossalaridan farq qiladigan bir qator maxsus xossalarga egadir. Bu xossalar uni moddaning to‘rtinchi agregat holati deb qarashga asos bo‘ladi. Neytral gaz molekulalari orasidagi ta’sirdan farqli ravishda, plazmadagi zarralarning o‘zaro ta’siri kulon tortishish va itarish kuchlari bilan xarakterlanadi.

Plazma zarralari, ayniqsa elektronlar elektr maydon ta’sirida yengil ko‘chadi. Elektr va magnit maydonlar plazmaga juda kuchli ta’sir qilib, hajmiy zaryadlar va toklarni vujudga keltiradi.

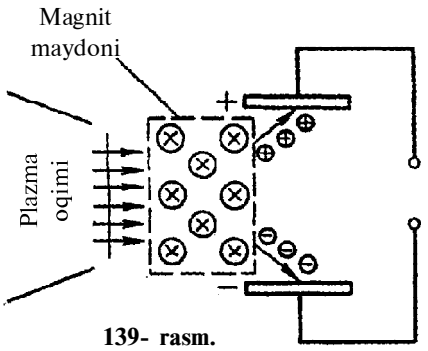
Elektr o‘tkazuvchanlik xususiyatiga ko‘ra plazma metallarga o‘xshab ketadi, ya’ni yaxshi elektr o‘tkazuvchidir. Metallardan farqli ravishda esa temperatura ortishi bilan plazmaning elektr o‘tkazuvchanligi yaxshilashadi. Plazma yaxshi issiqlik o‘tkazuvchanlikka ham ega. Buning natijasida plazma issiqlik miqdorini oson yo‘qotadi: elektronlar va ionlar idish devorlariga issiqlikni tez uzatadi. Natijada plazmaning temperaturasi pasayadi va rekombinatsiya jarayoni boshlanadi. Demak, plazmani muntazam saqlab turish uchun yoki unga tashqaridan doimo issiqlik miqdori berib turish kerak, yoki qurilma devorlaridan ajratish kerak.

Agar plazma magnit maydonga joylashtirilsa, elektronlar va ionlar plasma uchlariga o‘xshash trayektoriyalar bo‘ylab harakat qila boshlaydi. Bunda ham elektron bir yo‘nalishda, ion bo‘lsa, unga teskari yo‘nalishda harakatlanadi.

Agar kuch chiziqlari plazmani har tomondan o‘rab turadigan magnit maydon hosil qilinsa, ya’ni u magnit to‘ri vazifasini o‘tay olsa, plazmani issiqlik uzatishdan saqlash masalasi yechilgan bo‘lardi. Aslida bu juda murakkab muammo bo‘lib, uning yechilishi termoyadro sintezini boshqarish muammosi bilan bog‘liqdir.

Plazmaning qo‘llanilishi. Plazma keng ko‘lamda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan sohalardan biri insoniyatni ulkan miqdordagi energiya bilan ta’minlashi mumkin bo‘lgan termoyadro sintezini boshqarishdir. 1969-yilda I.Kurchatov nomidagi atom energiyasi institutida «Tokamak» nomli qurilma yaratildi. Unda plazmadan foydalanilib, termoyadro reaksiyasining dastlabki belgilari olindi. Lekin hali bu sohada ko‘plab izlanishlar olib borilishi taqozo qilinadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



139- rasm.

Plazmadan foydalanishning yana bir istiqbolli sohasi magnitogidrodinamik o‘zgartirgich yasash (qisqacha MGD o‘zgartirgich). Uning vazifasi gazning issiqlik energiyasini bevosita elektr energiyaga aylantirishdir. MGD o‘zgartirgichning ish prinsipi 139- rasmda ko‘rsatilgan. Yuqori temperaturali plazma oqimi kuchli magnit maydonga yo‘naltiriladi (rasm tekisligiga perpendikular yo‘naltirilgan). Magnit maydon esa plazmani ikkita tashkil etuvchi: musbat va manfiy zarralar oqimiga ajratadi. Ular esa turli plastinkalarga o‘tib potensiallar farqini hosil qiladi. Plazmadan lazer hosil qilishda, metallarni kesishda va payvandlashda, qoplamalar hosil qilishda foydalaniladi.

Plazma va koinot. Barcha yulduzlar, jumladan Quyosh ham, yulduzlar atmosferasi, galaktikadagi tumanliklar va yulduzlararo muhitlar moddaning to‘rtinchi holati — plazmadan iboratdir. Yer ham plazma qobiq — ionosfera bilan o‘ralgan. Magnit bo‘ronlari va qutb yog‘dusi ham Yer atrofidagi plazmaga bog‘liq. Radioto‘lqinlarning ionosfera plazmasidan qaytishi Yerda uzoq masofaga radioaloqa o‘rnatishga imkon beradi.

Plazma fizikasini o‘rganish kosmosda ro‘y beradigan jarayonlarni o‘rganish uchun ham muhim ahamiyatga ega. Chunki quyosh sistemasining hamma joyida «plazma shamollari» mavjud bo‘lib, ba’zida ular shu qadar kuchli bo‘ladiki, kosmonavtlar uchun ma’lum xavf tug‘diradi.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, plazma fizikasi fanining yutuqlari texnikada juda keng qo‘llanilishi mumkin.



Sinov savollari

1. Plazma deb nimaga aytiladi? 2. Plazmani nimaga asosan elektroneytral deb hisoblash mumkin? 3. Plazmadagi hajmiy zaryad zichligi nimaga teng? 4. Plazma qanday xossalari bilan neytral gazdan farq qiladi? 5. Elektr va magnit maydonlari plazmaga ta’sir ko‘rsatadimi? 6. Plazma elektr tokini

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

o‘tkazadimi? 7. Temperaturaning ortishi plazmaning elektr o‘tkazuvchanligiga qanday ta’sir ko‘rsatadi va uni tushuntiring. 8. Plazma issiqlik o‘tkazadimi? 9. Plazmani doimiy saqlab turish uchun nima qilish kerak? 10. Nima uchun plazmada o‘z-o‘zidan rekombinatsiya jarayoni boshlanadi? 11. Plazmaning termoyadro sintezini boshqarishda qo‘llanilishi. 12. Magnitogidrodinamik o‘zgartirgich nima maqsadda ishlatiladi? 13. Magnitogidrodinamik o‘zgartirgichning ish prinsipi. 14. Plazma yana qayerlarda ishlatiladi? 15. Koinotda plazma holati mavjudmi? 16. Magnit bo‘ronlari va qutb yog‘dusining plazmaga aloqasi bormi? 17. Ionosferada plazma mavjudmi? 18. Yerda uzoq masofalarga radioaloqa o‘rnatilishida plazma qanday ahamiyatga ega?



85- §. Elektrolitlarda elektr toki. Elektrolitik dissotsiatsiya. Elektroliz

M a z m u n i : elektrolitlarda elektr toki; elektrolitik dissotsiatsiya; dissotsiatsiyalanish darajasi; elektroliz.

Elektrolitlarda elektr toki. Distillangan suv elektr tokini o‘tkazmaydi. Agar unga ozroq tuz qo‘shilsa, elektr tokini o‘tkazuvchiga aylanadi. Demak, ba’zi moddalarning suvdagi eritmasi elektr tokini o‘tkazish xususiyatiga, ya’ni zaryad tashuvchi zarralarga ega bo‘lib qolar ekan. *Erituvchida eriganda ionlarga ajraladigan moddalar elektrolitlar deyiladi. Elektrolitlarda zaryad tashuvchi zarralar ionlar bo‘ladi*. Shuning uchun ham bunday o‘tkazuvchanlikka *ionli o‘tkazuvchanlik* deyiladi. Ionlarning vujudga kelishiga sabab, elektrolit eriganda uning molekulalari erituvchi molekulalarining elektr maydoni ta’sirida musbat va manfiy zaryadlangan ionlarga ajralishidir. *Elektrolitdagi ionlarning tashqi maydon ta’siridagi batartib harakati elektrolitlarda elektr toki deyiladi*.

Elektrolitik dissotsiatsiya. *Elektrolit eriganda molekulalarining musbat va manfiy zaryadlangan ionlarga ajralishi elektrolitik dissotsiatsiya deyiladi.* Natijada eritmada musbat ionlar (kationlar) va manfiy ionlar (anionlar) hosil bo‘ladi. Odatda kationlar metallar va vodorodning ionlari, anionlar esa kislota qoldiqlari va gidroksil gruppalar bo‘ladi.

Dissotsiatsiya jarayoni quyidagicha yoziladi:

$$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-,$$
$$NaOH \rightleftarrows Na^+ + OH^-,$$
$$ZnCl_2 \rightleftarrows Zn^+ + 2Cl^-.$$

O‘ng tomonga yo‘nalgan strelka dissotsiatsiyani, chap tomonga yo‘nalgan strelka esa — rekombinatsiyani, ya’ni turli ismli zaryadlangan ionlar birlashib neytral molekulalar hosil qilishini ko‘rsatadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Dissotsiatsiyalanish darajasi. Moddalarning dissotsiatsiyalanishini xarakterlash maqsadida dissotsiatsiyalanish darajasi tushunchasi kiritiladi. Dissotsiatsiyalanish darajasi α deb ionlarga dissotsiatsiyalangan molekulalar soni n_0 ning moddadagi molekulalarning umumiy soni n ga nisbatiga aytiladi:

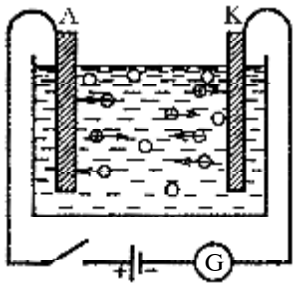
$$\alpha = \frac{n_0}{n}. \qquad (85.1)$$

α ning qiymatiga qarab, moddalar kuchli ($\alpha \approx 1$) va kuchsiz (α nolga yaqin) elektrolitlarga bo‘linadi. Kuchli elektrolitlarga tuzlar, ba’zi organik kislotalar va ularning asoslari kirsa, kuchsizlarga minerallar kiradi.

Dissotsiatsiyalanish darajasi, shuningdek, erituvchining tabiatiga, temperaturasiga, bosimga va boshqa faktorlarga ham bog‘liq bo‘ladi. Ayniqsa, u erituvchining dielektrik singdiruvchanligiga bog‘liq. Dielektrik singdiruvchanlik qancha katta bo‘lsa, molekula tashkil qilgan ionlarning o‘zaro ta’sir kuchlari shuncha kichik bo‘ladi va Kulon qonuniga muvofiq, ichki molekular aloqalarni uzish shuncha oson bo‘ladi. Dissotsiatsiyalanish darajasi, shuningdek, eritmaning konsentratsiyasi va temperaturasiga bog‘liq. Temperatura ortishi bilan molekulalarning kinetik energiyasi ortadi, bu esa molekulalarning o‘zaro to‘qnashib ionlashish ehtimolini orttiradi.

Elektroliz. Tashqi elektr maydon bo‘lmaganda eritmani tashkil qiluvchi qarama-qarshi ishorali ionlar va molekulalar betartib harakat holatida bo‘ladi. Agar eritmaga elektr maydon ta’sir etsa, ionlarning harakati tartibga tushadi. Elektrolitda elektr tokini sim orqali tok manbayiga ulangan elektrodlarni tushirish bilan hosil qilish mumkin (140- rasm).

Elektr maydoni ta’sirida kationlar manfiy elektrod katodga (K) qarab, anionlar esa musbat elektrod anodga (A) qarab harakatlana boshlaydi. Shuni ta’kidlash lozimki, ionlarning tezligi juda kichik (masalan, $E = 10^2$ V/m bo‘lganda vodorod ionlarining tezligi $\upsilon \approx 3{,}3 \cdot 10^{-5}$m/s) bo‘ladi. Natijada elektrolitlarda zaryadlangan zarralarning batartib harakati, ya’ni elektr toki vujudga keladi. Tok kuchi elektrolitning ma’lum kesimidan o‘tuvchi zaryadning (har ikkala ishoralisi ham) vaqtga nisbatiga teng. Elektr tokining zichligi esa Om qonuniga muvofiq aniqlanadi:



140- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$J = \frac{E}{\rho}. \qquad (85.2)$$

Bu yerda ρ — elektrolitning solishtirma qarshiligi. Metallardagidan farqli ravishda elektrolitning solishtirma qarshiligi temperatura ko‘tarilganda kamayadi, solishtirma o‘tkazuvchanligi ortadi.

Elektrolitdan tok o‘tganda elektroliz hodisasi ro‘y beradi.

Elektrolitdan tok o‘tganda tarkibiga kiruvchi moddalarning elektrodlarda ajralib chiqishiga elektroliz hodisasi deyiladi.

Elektrolitlarda tok o‘tishi moddaning ko‘chishi bilan bog‘liq bo‘lganligi sababli ular ikkinchi tur o‘tkazgichlar deyiladi.



Sinov savollari

1. Elektrolitlar deb nimalarga aytiladi? 2. Elektrolitlarda zaryad tashuvchi zarralar nima? 3. Elektrolitlarda ionlar qanday vujudga keladi? 4. Elektrolitlarda elektr toki deb nimaga aytiladi? 5. Elektrolitik dissotsiatsiya deb nimaga aytiladi? 6. Kationlar va anionlar nimalar? Ular nega shunday nomlangan? 7. Dissotsiatsiya jarayoni qanday yoziladi? 8. Yozuvdagi strelkalar nimani ko‘rsatadi? 9. Dissotsiatsiyalanish darajasi tushunchasi nima uchun kiritilgan? 10. Dissotsiatsiyalanish darajasi deb nimaga aytiladi? 11. Dissotsiatsiyalanish darajasining qiymatiga qarab elektrolitlar qanday turlarga bo‘linadi? Misollar keltiring. 12. Dissotsiatsiyalanish darajasi nimalarga bog‘liq? 13. Tashqi elektr maydoni ionlarga qanday ta’sir ko‘rsatadi? 14. Ionlarning elektrolitdagi tezliklari qancha? 15. Elektrolitdagi tok kuchi qanday aniqlanadi? 16. Elektr tokining zichligi? 17. Elektrolitning solishtirma qarshiligi temperaturaga bog‘liqmi? 18. Elektrolit solishtirma qarshiligining temperatura ortishi bilan kamayishini qanday tushuntirasiz? 19. Elektroliz deb qanday jarayonga aytiladi? 20. Elektrod deb nimaga aytiladi?



86- §. Elektroliz uchun Faradey qonunlari

M a z m u n i : Faradeyning birinchi qonuni; birinchi qonunining fizik ma’nosi; Faradeyning ikkinchi qonuni; elektrokimyoviy ekvivalent.

Faradeyning birinchi qonuni. 1833- yil M.Faradey elektroliz qonunlarini yaratdi. *Faradeyning birinchi qonuni: elektrodda ajralib chiqadigan moddaning massasi m elektrolitdan o‘tgan zaryad miqdori Q ga proporsional:*

$$m = kQ \qquad (86.1)$$

yoki

$$m = kIt, \qquad (86.2)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bu yerda $I = \frac{Q}{t}$ — elektrolitdan t vaqtda oqib o‘tgan o‘zgarmas tok kuchi.

Birinchi qonunning fizik ma’nosi. Birinchi qonunning fizik ma’nosini tushunish uchun elektroliz va ionli o‘tkazish mexanizmini batafsilroq o‘rganamiz. Elektrolitdan qancha ko‘p zaryad miqdori o‘tsa, shuncha ionlar elektrodlarga yetib keladi. Musbat ionlar katodga yetib kelib o‘ziga yetmagan elektronlarni oladi va neytral atomga aylanib katodga yopishib qoladi. Manfiy ionlar esa anodga tegishi bilan ortiqcha elektronlarini berib, u ham anodga yopishib qoladi. Elektrodlarga yopishadigan har bir ion o‘zi bilan qanchadir elektr zaryadini olib keladi. Demak, barcha ionlar tashiydigan to‘la zaryad elektrodlarga yopishib qoladigan ionlar soniga, ya’ni ajraladigan modda massasiga proporsionaldir.

Elektrokimyoviy ekvivalent. (86.1) ifodadagi proporsionallik koeffitsiyenti k moddaning *elektrokimyoviy ekvivalenti* deyiladi. U elektrolizda elektrodda ajralib chiqqan modda massasining elektrolit orqali o‘tgan zaryad miqdoriga nisbatiga tengdir.

9- jadval

Ba’zi moddalarning elektrokimyoviy ekvivalenti

Modda	k, 10^{-6} kg/C
Kumush	1,118
Vodorod	0,01045
Mis	0,3294
Rux	0,0388

Faradeyning ikkinchi qonuni. Moddaning elektrokimyoviy ekvivalenti uning atom (molekular) massasi A ning valentlik n ga nisbatiga to‘g‘ri proporsional:

$$k = \frac{1}{F}\frac{A}{n}. \qquad (86.3)$$

Atom (molekular) massaning valentlikka nisbatiga *kimyoviy ekvivalent* deyiladi.

(86.3) ifodadagi F Faradey doimiysi deyiladi. Uning fizik ma’nosini aniqlash uchun (86.3) ni (86.1) ifodaga qo‘yamiz:

$$m = \frac{1}{F}\frac{A}{n}Q. \qquad (86.4)$$

(86.4) Faradeyning elektroliz uchun umumlashgan qonuni deyiladi.

Faradey doimiysi elektrolizda elektrodda ajralib chiqadigan massa moddaning kimyoviy ekvivalentiga teng bo‘lishi uchun elektrolitdan o‘tishi kerak bo‘lgan zaryad miqdorini ko‘rsatadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Faradey sonining qiymati tajribada aniqlangan va $F = 9{,}648 \cdot 10^4$ C/mol.

Sinov savollari

1. Faradeyning birinchi qonuni. 2. Birinchi qonunning fizik ma'nosi. 3. Musbat ionlar qaysi elektrodga qarab harakatlanadi va nima uchun? 4. Manfiy ionlar-chi? 5. Elektrodlarda qanday jarayon ro'y beradi? 6. Elektrokimyoviy ekvivalent nimani ko'rsatadi? 7. Nima uchun turli moddalarning elektrokimyoviy ekvivalentlari turlicha? 8. Faradeyning ikkinchi qonuni. 9. Faradeyning elektroliz uchun umumlashgan qonuni. 10. Faradey doimiysi qanday fizik ma'noga ega? 11. Faradey doimiysi nimaga teng?

87- §. Elektrolizning texnikada qo'llanilishi

M a z m u n i : sof moddalarni ajratish; galvanotexnika.

Sof moddalarni ajratish. Elektroliz hodisasi texnikada va sanoatda keng qo'llaniladi. Bu usul bilan toza moddalar: temir, marganes, xrom, mis, rux, xlor, ftor va boshqa moddalar ajratib olinadi. Masalan, toza misni mis sulfat eritmasidan (mis kuporosidan) ajratib olishdan oldin dissotsiatsiya ro'y beradi:

$$CuSO_4 \rightleftarrows Cu^{++} + SO_4^{--}$$

So'ngra esa mis kationlari elektr maydoni ta'sirida katodga tomon harakat qiladi va unda neytrallashib mis atomini hosil qiladi:

$$Cu^{++} + 2e \rightarrow Cu$$

Galvanotexnika. Metalldan yasalgan detallar va asboblarni zanglamaydigan qoplama bilan qoplash usuli galvanotexnika ham sanoatda keng qo'llaniladi. Tez oksidlanadigan metallardan yasalgan narsalarning sirti qiyin oksidlanadigan: nikel, kumush, rux va boshqalar bilan qoplanadi. Nikellangan buyumlar: samovar, choynak, pichoq, qoshiq, sanchqilar shu usul bilan hosil qilinadi.

Narsalarning sirtini oksidlanmaydigan metallar bilan qoplash galvanostegiya deyiladi. Bu usul eng arzon, qulay va tez bajariladigan usuldir.

Masalan, nikel bilan qoplash kerak bo'lgan buyumni yaxshilab tozalab, so'ngra elektrolitik vannaga tushiriladi. Vannaga nikelning ikkilamchi tuzining ammiakdagi eritmasi solinadi. Anod sifatida nikel parchasi olinsa, buyum katod vazifasini o'taydi. Ma'lum vaqt tok o'tkazilib, nikel qatlamining kerakli qalinligi hosil qilinadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Buyumlarni kumush yoki oltin bilan qoplashda kumush va oltin tuzlarining eritmalaridan foydalaniladi.

Biror shaklni hosil qilish uchun buyum sirtiga metallni elektrolitik cho'ktirish usuli galvanoplastika deyiladi. Galvanoplastika 1836- yilda rus fizigi B.Yakobi tomonidan kashf etilgan bo'lib, tezda sanoatda keng qo'llanila boshladi.

U turli barelyeflar (naqsh), haykalchalar nusxasini tayyorlashda, kredit kartochkalari va boshqa qog'ozlarni chiqarish uchun klishe tayyorlashda foydalaniladi.



Sinov savollari

1. Elektroliz hodisasining qo'llanilishi. 2. Toza misni qanday ajratib olish mumkin? 3. Galvanotexnika deb nimaga aytiladi? 4. Galvanotexnikaning qo'llanilishiga misollar keltiring. 5. Galvanostegiya deb nimaga aytiladi? 6. Galvanostegiya usulining mohiyati. 7. Galvanostegiyada buyum nima uchun katod sifatida olinadi? 8. Buyumlarni kumush yoki oltin bilan qoplash qanday amalga oshiriladi? 9. Galvanoplastika deb nimaga aytiladi va uni kim kashf etgan? 10. Galvanoplastikaning qo'llanilishi.



88- §. Kimyoviy energiyani elektr energiyaga aylantirish

M a z m u n i : galvanik elementlar; galvanik elementning tuzilishi; elektrodlarning qutblanishi va uni yo'qotish; akkumulatorlar; akkumulatorning f.i.k. va hajmi.

Galvanik elementlar. Agar eritmaga metall elektrod tushirilsa, unda elektrodning manfiy ionlari metall sirtiga kelib kristall panjaradagi musbat ionlarni sug'urib oladi. Shu bilan birga teskari jarayon, metall ionlarining elektrodda yopishishi ham ro'y beradi. Agar elektrolitning kationlari elektrod metalining ioni bo'lsa juda ham yaxshi bo'ladi. Misol uchun $CuSO_4$ eritmasiga mis elektrod bo'lgan hol.

Metall ionlarining eritmaga o'tishi natijasida, metall – manfiy, eritma esa musbat zaryadlanib qoladi, ya'ni eritmadan metallga yo'nalgan elektr maydoni vujudga keladi va u metallning yana erishiga to'sqinlik qiladi. Bordi-yu, dastlab, teskari jarayon eritma ionlarining elektrodda yopishib qolishi jadalroq ro'y bersa, unda elektrod musbat zaryadlanib qoladi.

Har ikkala holda ham, metall va eritma orasida paydo bo'lgan potensiallar farqi elektrodning yemirilish va kristallanish tezligini tenglashtirib turadi. Bu potensiallar farqi mazkur metallning mazkur eritmadagi elektrolitik potensiali deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Agar eritmaga turli metallardan yasalgan ikkita elektrod botirilsa, ularning elektrolitik potensiallari farqiga teng bo‘lgan potensiallar farqi vujudga keladi. Shunday qilib, metall va elektrolitlarning kimyoviy ta’sir energiyasi elektr maydon energiyasiga aylanadi.

Kimyoviy reaksiya energiyasini bevosita elektr energiyaga aylantirib beradigan qurilma galvanik element deyiladi.

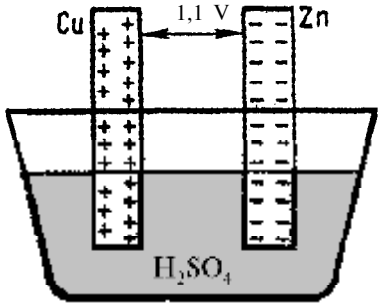
Galvanik elementning tuzilishi. Galvanik elementning tuzilishiga yopiq zanjirda elektr tokini vujudga keltiradigan metall va elektrolit o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir asos qilib olingan. Bu hodisa XVIII asr oxirida italiyalik olim L.Galvani (1737 — 1798) tomonidan ochilganligi sababli, yangi tok manbalari uning sharafiga *galvanik elementlar* deb atalgan. Galvanik elementlar biror elektrolitga tushirilgan ikkita turli materiallardan yasalgan elektrodlardan iborat bo‘ladi.

Italiyalik fizik A.Volta (1745 — 1827) mis va rux plastinkalarni sulfat kislota eritmasiga tushirib birinchi galvanik elementni yasagan. Volta elementining EYK 1,1V bo‘lgan. Volta elementi ishlaganda uning musbat qutblarida vodorod ajraladi, manfiyida esa ruxning erishi ro‘y beradi (141- rasm).

Amalda, elektrodlari va elektroliti bilan Volta elementidan farq qiladigan boshqa elementlardan ko‘proq foydalaniladi. Masalan, 1,09 V EYK Daniel elementida musbat elektrod mis kuporosiga botirilgan mis, manfiy elektrod esa rux kuporosi yoki sulfat kislotaga botirilgan rux.

Galvanik elementlarning ko‘pchiligida uzoq foydalanilganda EYK kamayadi va tok berolmay qoladi. Bunga sabab elektrodlarning qutblanishidir.

Elektrodlarning qutblanishi va uni yo‘qotish. Volta elementining ish prinsipida katta kamchilik mavjud. Mis elektrodda ajralayotgan vodorodlar ma’lum vaqtdan so‘ng elektrodni o‘rab oladi va vodorodning yangi ionlari kelishiga to‘sqinlik qiladi. Natijada elektrodlarning elektrolitik potensiali, va demak, ularning farqi ham o‘zgaradi. Bu hodisaga elektrolitlarning qutblanishi deyiladi. Elektrodlarning qutblanishi elementda go‘yoki qarama-qarshi EYK vujudga keltiradi va undagi tokni kamaytiradi. Elementning qutblanishini yo‘qotish uchun ajraladigan gaz bilan birikuvchi, oksidlovchi modda kiritiladi. Bunday oksidlovchilarga qutblashni yo‘qotuvchilar, qutblarni yo‘qotuvchi



141- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

elementlarga esa qutblanmaydiganlar deyiladi va ular ancha uzoq vaqt ishlaydi. Qutblanmaydigan galvanik elementlarning juda ko‘p turlari mavjud bo‘lsa-da ularning ish prinsipi bir xil. Ularning eng ko‘p tarqalganlaridan biri Leklanshe elementi bo‘lib, EYK 1,5 V ni tashkil qiladi.

Akkumulatorlar. Galvanik elementlar unda mavjud bo‘lgan kimyoviy energiya to‘la sarflanguncha (masalan, Leklanshe elementida rux eriguncha) ishlashi mumkin. So‘ngra esa faoliyatini to‘xtatadi. Shuning uchun ham ba’zida ularning faoliyati uchun zarur bo‘lgan kimyoviy energiyani elektroliz natijasida tiklashi mumkin bo‘lgan galvanik elementlardan foydalaniladi.

Bunday elementlarga akkumulatorlar, ularda elektroliz yordamida energiyani to‘plash jarayoniga esa akkumulatorlarni zaryadlash (energiyani to‘plash) deyiladi.

Akkumulatorlarni zaryadlashda tashqi manbaning toki u beradigan tokka qarama-qarshi yo‘nalishda o‘tkaziladi.

Texnikada ikki xil: kislotali va ishqorli akkumulatorlardan foydalaniladi. Kislotali akkumulatorlar sulfat kislota eritmasiga tushirilgan qo‘rg‘oshin plastinkalardan tashkil topgan. Manfiy plastinka toza qo‘rg‘oshindan sirti yumshoq qilib, musbat plastinka esa qo‘rg‘oshin ikki oksidi bilan qoplangan bo‘ladi. Akkumulator razryadlanganda har ikkala plastinka ham astasekin oltingugurt kislotali qo‘rg‘oshin bilan qoplana boshlaydi. Akkumulator zaryadlanganda esa musbat va manfiy plastinkalar orasidagi farq tiklanadi. Kislotali akkumulatorlarning EYK 2 V atrofida bo‘ladi.

Ishqorli akkumulatorlar cho‘ntakchalari bor nikelli temir plastinkalardan tashkil topgan. Musbat plastinkaning cho‘ntagiga nikel oksidi, manfiy plastinkaning cho‘ntagiga esa temir oksidi solinadi. Elektrolit vazifasini kaliy ishqori o‘taydi. Ishqorli akkumulatorning EYK 1,4 V ni tashkil qiladi. Ishqorli akkumulatorlar kislotalilarnikiga nisbatan qulay va yengil, zararli bug‘ va gazlar chiqarmaydi, qisqa paytdagi qisqa tutashuvda buzilmaydi.

Akkumulatorning FIK va hajmi. *Akkumulatorning FIK deb zaryadlanish paytida olgan energiyasining qancha qismini razryadlanishda qaytarishini ko‘rsatadigan kattalikka aytiladi.*

Kislotali akkumulatorning FIK 80%, ishqorlisiniki 60% atrofida bo‘ladi. Har bir akkumulator o‘z sig‘imi bilan xarakterlanadi. Akkumulatorning sig‘imi zaryadlangan akkumulator razryadlanishda beradigan zaryad miqdori bilan o‘lchanadi. U kulonlarda emas, maxsus birlik — amper-soatlarda o‘lchanadi.

Amper-soat — 1 A tokning 1 soat davomida olib keladigan zaryad miqdoridir: $1\ A \cdot soat = 3600\ C$.

Akkumulator avtomobillarning, samolyotlarning, suvosti kemalarining, poyezd yoritkichlarining ajralmas qismidir.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Galvanik elementlar esa radiopriyomniklarda va televizorlarda, telefon va telegraf qurilmalarida keng ishlatiladi.

Shu bilan birga ular atmosferani uglerod oksidi, azot oksidi, uglevodorodlar va boshqa aralashmalar bilan zaharlaydi. Shuning uchun ham hozir quyosh energiyasidan foydalanuvchi elektromobillarni ishlab chiqarishga katta e'tibor qaratilmoqda.



Sinov savollari

1. Elektrolitik potensial deb qanday potensialga aytiladi? 2. Galvanik elementlar deb qanday qurilmaga aytiladi? 3. Galvanik elementlarning tuzilishi. 4. Galvanik elementni kim kashf etgan? 5. Volta elementining tuzilishi va EYK. 6. Daniel elementining tuzilishi va EYK. 7. Nima uchun galvanik elementlarning EYK kamayadi? 8. Elektrodlarning qutblanishi deb nimaga aytiladi? 9. Elektrodlarning qutblanishi qanday oqibatlarga olib keladi? 10. Elektrodlarning qutblanishini yo'qotish uchun nima qilinadi? 11. Leklanshe elementi qutblanadimi? Uning EYK nimaga teng? 12. Galvanik elementlar qancha vaqt xizmat qiladi? 13. Akkumulatorlar deb qanday elementlarga aytiladi? 14. Akkumulatorni zaryadlash deb qanday jarayonga aytiladi? 15. Akkumulatorni zaryadlashda tashqi manbaning toki qanday ulanadi? 16. Akkumulatorning qanday turlari mavjud? 17. Kislotali akkumulatorlarning tuzilishi; ish prinsipi va EYK. 18. Ishqorli akkumulatorlarning tuzilishi, ish prinsipi va EYK. 19. Ishqorli akkumulatorlarning afzallik tomonlari. 20. Akkumulatorlarning FIK qanday aniqlanadi? 21. Akkumulatorlarning FIK nimaga teng? 22. Akkumulatorning sig'imi nimani ko'rsatadi? 23. Bir amper-soat necha kulonga teng? 24. Galvanik elementlar qayerda ishlatiladi? Misollar keltiring. 25. Galvanik elementlarning zararli tomonlari.



89- §. Yarim o'tkazgichlarning tuzilishi

M a z m u n i : atomning tuzilishi; yarim o'tkazgichlarning tuzilishi.

Atomning tuzilishi. Elektr o'tkazuvchanlik qobiliyatiga qarab, qattiq jismlar o'tkazuvchilarga, yarim o'tkazuvchilarga va izolatorlarga bo'linadi. Ular bir-biridan farq qilishiga sabab atom elektron qobiqlarining turlichaligidir.

Ma'lumki, istalgan elementning atomi musbat zaryadlangan yadro va yadro atrofida harakatlanadigan elektronlardan tashkil topgan. Yadro musbat zaryadlangan proton va elektroneytral neytronlardan iborat. Yadro zaryadi Z undagi protonlar soni bilan aniqlanadi va shu elementning Mendeleyev davriy sistemasidagi tartib nomeri bilan mos

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

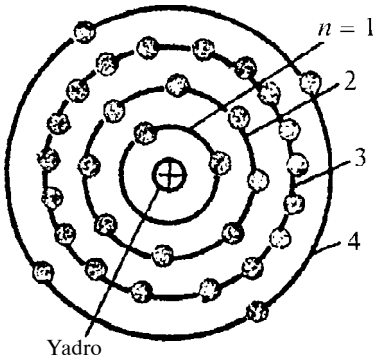
keladi. Atom yadrosi atrofida yopiq orbitalar bo‘ylab harakatlanadigan elektronlar soni ham Z ga teng va shuning uchun ham atom elektroneytral. Atomdagi elektronlar ma’lum $n=1$, $n=2$, $n=3$ orbitalar (qobiqlar) bo‘ylab joylashadi. Har bir orbitada $2n^2$ ta elektron joylashishi mumkin va ularning energiyalari ham bir xil. Har bir qobiqdagi elektronlarning energiyalari mos ravishda E_1, E_2, E_3,...deb belgilanadi.

Orbitalar orasida man qilingan energetik sath ΔE mavjud bo‘lib, uning kengligi elektron orbitalarda ega bo‘lishi mumkin bo‘lgan energiyalar farqi bilan aniqlanadi:

$$\Delta E = E_2 - E_1.$$

Yarim o‘tkazgichlarning tuzilishi. Misol uchun yarim o‘tkazgichning tipik vakili bo‘lgan germaniyni qaraylik. Uning tartib nomeri 32 va to‘rtta elektron qobig‘i mavjud: 1- qobiqda 2 ta; 2- qobiqda 8ta, 3- qobiqda 18 ta,4- qobiqda esa 4 ta elektron joylashgan (142- rasm). Uchta ichki qobiqdagi elektronlar turg‘un bo‘lib, kimyoviy reaksiyalarda ishtirok etmaydi. Oxirgi to‘rtinchi qobiqdagi elektronlar esa atom yadrosi bilan juda kuchsiz bog‘langan.

Aynan shu elektronlar elementning boshqa atomlarining nechtasi bilan kimyoviy bog‘lanishga kira olish qobiliyatini ko‘rsatib, mazkur elementning valentligini aniqlaydi. Shuning uchun ham oxirgi qobiqdagi elektronlarga tashqi yoki valentli elektronlar deyiladi. Tashqi qobig‘ida to‘rtta elektroni mavjud bo‘lgan germaniyning valentligi to‘rtga teng. Mazkur atomga boshqa atomlar yaqinlashganida valent elektronlar boshqa atomning valent elektronlari bilan oson ta’sirlashadi va kimyoviy bog‘lanish hosil qiladi.



142- rasm.

Atom qobig‘iga ma’lum energiya berilganda atomnig ionlashuvi ro‘y berishi mumkin. Aynan so‘nggi qobiqdagi elektronni ozod qilish uchun eng kam energiya taqozo qilinadi.

Germaniy, kremniy va yarim o‘tkazgichlarning boshqa bir qancha vakillari kristall moddalar hisoblanadi. Ularning atomlari ma’lum qonuniyatlarga muvofiq joylashgan bo‘ladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. O‘tkazgichlar, yarim o‘tkazgichlar va izolatorlarning bir-biridan farq qilinishiga sabab nima? 2. Atom qanday tuzilgan? 3. Atom yadrosi-chi? 4. Yadrodagi protonlar soni nimani ko‘rsatadi? 5. Atomdagi elektronlar soni-chi? 6. Atomdagi elektronlar orbitalar bo‘ylab qanday taqsimlangan? 7. Har bir qobiqdagi elektronlarning energiyalari qanday bo‘ladi? 8. Man qilingan energetik sath nimani ko‘rsatadi? 9. Yarim o‘tkazgichlar qanday tuzilgan? 10. Elementning valentligi qanday aniqlanadi?

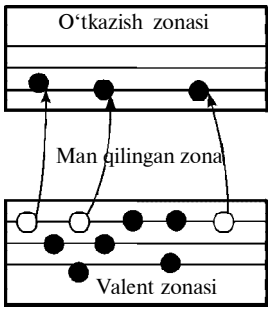
90- §. Yarim o‘tkazgichlarning o‘tkazuvchanligi va uning temperaturaga, yoritilganlikka bog‘liqligi

Mazmuni: xususiy o‘tkazuvchanlik; *n*- va *p*- tip o‘tkazuvchanliklar; aralashmali o‘tkazuvchanlik; donor aralashma; akseptor aralashma; yarim o‘tkazgichlar o‘tkazuvchanligining temperaturaga va yoritilganlikka bog‘liqligi.

Xususiy o‘tkazuvchanlik. Yuqorida qayd etilganidek, yarim o‘tkazuvchilarning elektr o‘tkazuvchanligi metallarning elektr o‘tkazuvchanligidan yomon, dielektriklarnikidan esa yaxshiroqdir. Tabiatda yarim o‘tkazgich elementlar va yarim o‘tkazgich kimyoviy birikmalar mavjuddir. Shuning uchun ham ularni xususiy va aralashmali yarim o‘tkazgichlarga ajratishadi. Kimyoviy toza yarim o‘tkazgichlarga xususiy yarim o‘tkazgichlar, o‘tkazuvchanligiga esa xususiy o‘tkazuvchanlik deyiladi.Ularga germaniy —Ge, selen —Se va ba’zi kimyoviy birikmalar kiradi.

0 K da boshqa tashqi sabablar bo‘lmaganda xususiy yarim o‘tkazgichlar o‘zlarini dielektriklardek tutishadi.

***n*-tip o‘tkazuvchanlik.** Temperatura ortishi bilan valent zonasining yuqori sathidagi elektronlar o‘tkazish zonasining quyi sathlariga sakrab o‘tadi (143- rasm). Kristallga elektr maydoni qo‘yilganda esa ular maydonga qarshi harakatga kelib elektr toki hosil qildi. Xususiy yarim o‘tkazgichlarning elektron bilan bog‘liq o‘tkazuvchanligi elektron o‘tkazuvchanlik yoki (yunoncha negateve — manfiy so‘ziga asosan) *n*- tip o‘tkazuvchanlik deyiladi.



143- rasm.

***p*-tip o‘tkazuvchanlik.** Elektronlar sakrab o‘tkazish zonasiga o‘tib ketgandan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

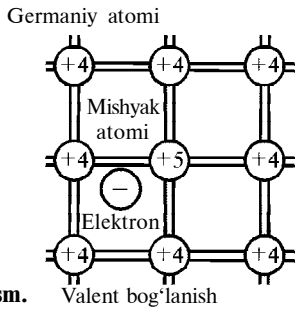
so‘ng, valent zonada bo‘sh o‘rinlari qolib, ularga teshiklar deyiladi. Tashqi elektr maydoni ta’sirida elektronning bo‘sh o‘rni — teshikni qo‘shni sathdagi boshqa elektron egallashi mumkin. Bunda teshik ham ko‘chgan elektronning o‘rniga o‘tadi. Bu jarayon davom etsa go‘yoki teshik elektronlar harakati yo‘nalishiga teskari yo‘nalishda ko‘chib yurgandek bo‘ladi. Ya’ni go‘yoki zaryadi elektron zaryadiga teng, ishorasi musbat bo‘lgan zaryadning ko‘chishi ro‘y beradi. Xususiy yarim o‘tkazgichlarning kvazizarralar — teshiklar harakati bilan bog‘liq o‘tkazuvchanligi teshikli o‘tkazuvchanlik yoki (yunoncha positive — musbat so‘ziga asosan) *p*-tip o‘tkazuvchanlik deyiladi.

Kimyoviy toza yarim o‘tkazgichlarda o‘tkazish zonasiga o‘tgan elektronlar soni valent zonasida hosil bo‘lgan teshiklar soniga teng bo‘ladi va ularning har ikkalasi ham elektr toki hosil qilishda ishtirok etadi. Shu bilan birga elektronlarning harakatchanligi teshiklarnikiga nisbatan katta bo‘lganligi uchun teshikli tok umumiy tokning yarmiga teng bo‘lolmaydi. Shunday bo‘lsa-da, yarim o‘tkazgichlarning solishtirma o‘tkazuvchanligi elektronli va teshikli o‘tkazuvchanliklarning yig‘indisidan iborat bo‘ladi. Zaryad tashuvchilar, ya’ni elektronlar va teshiklar xususiy zaryad tashuvchilar bo‘lganligi uchun ham ular vujudga keltiradigan o‘tkazuvchanlikka xususiy o‘tkazuvchanlik deyiladi.

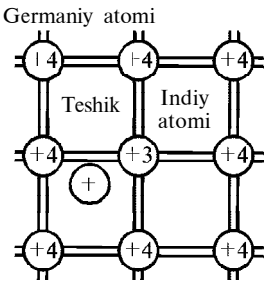
Aralashmali o‘tkazuvchanlik. Yuqorida ta’kidlanganidek, yarim o‘tkazgichlarning o‘tkazuvchanligi elektronlarning va teshiklarning konsentratsiyasi va ularning harakatchanligiga bog‘liq. Shuning uchun ham turli usullar bilan yarim o‘tkazgichlardagi zaryad tashuvchilar sonini ko‘paytirishga harakat qilinadi. Bunday usullardan biri aralashmalar kiritishdir. Yarim o‘tkazgichlarning ko‘pchiligiga aralashmalar kiritilib, ularning elektr o‘tkazuvchanligi yaxshilanadi. Aralashmalar ikki xil: donor va akseptor bo‘lishi mumkin.

Donor aralashma. Agar to‘rt valentli germaniyning kristall panjarasiga beshta valent elektronli mishyak, surma va shunga o‘xshash moddalarning atomlari aralashma sifatida kiritilsa, yarim o‘tkazgichdagi elektronlarning konsentratsiyasi keskin ortadi. Bunga sabab aralashma atom elektronlarining to‘rttasi germaniy atomi bilan kimyoviy bog‘lanish hosil qilishda qatnashib, beshinchisining bo‘sh qolishidir. Natijada uning o‘z atomi bilan bog‘lanishi juda kuchsiz bo‘lib, uni osongina tark etishi va «erkin» elektronga aylanishi mumkin (144- rasm). Shunday qilib, bu holda aralashma atomlar o‘z elektronlarini beradi, ya’ni elektronlar donori bo‘ladi va shuning uchun ham donor aralashma deyiladi. Donor aralashmada elektr o‘kazuvchanlik erkin elektronlar harakatining natijasi bo‘lganligi sababli unga elektronli yoki *n* -tip o‘tkazuvchanlik deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



144- rasm. Valent bog‘lanish



145- rasm.

Akseptor aralashma. Agar germaniyning kristall panjarasiga uchta valent elektronli indiy, galliy va shunga o‘xshash moddalarning atomlari aralashma sifatida kiritilsa, yarim o‘tkazgich o‘tkazuvchanligining xarakteri o‘zgaradi. Bunga sabab germaniyning atomi bilan juft elektron bog‘lanish hosil qilish uchun indiy atomida bitta elektron yetishmaydi. Boshqacha aytganda, bu ikki atom orasida to‘ldirilmagan valent bog‘lanish, ya’ni teshik vujudga keladi va shuning uchun ham aralashmaga akseptor aralashma deyiladi (145- rasm). Kristalldagi teshiklar soni aralashma atomlar soniga teng bo‘ladi. Akseptor aralashmada elektr o‘tkazuvchanlik teshiklar harakatining natijasi bo‘lganligi sababli unga teshikli yoki *p*-tip o‘tkazuvchanlik deyiladi.

Yarim o‘tkazgichlar o‘tkazuvchanligining temperaturaga bog‘liqligi. Bizga ma’lumki, temperatura ortishi bilan metallarning elektr o‘tkazuvchanligi yomonlashadi va bunga sabab molekulalar bilan ko‘proq to‘qnashishi natijasida elektronlar harakatchanligining yomonlashishidir.

Garchi yarim o‘tkazgichlarda ham temperatura ortishi bilan xuddi metallardagidek sabablarga ko‘ra, elektronlarning va teshiklarning harakatchanligi yomonlashsa-da, u muhim rol o‘ynolmaydi. Chunki yarim o‘tkazgichlar qizishi bilan valent elektronlarning kinetik energiyasi ortadi va ular man qilingan zonadan o‘ta olish xususiyatiga ega bo‘lib qolishadi. Natijada erkin elektronlarning soni ortib, yarim o‘tkazgichning elektr o‘tkazuvchanligi yaxshilanadi.

Shu bilan birga past temperaturalarda metallar va yarim o‘tkazgichlar orasidagi farq ortadi, chunki yarim o‘tkazgichlarning o‘tkazuvchanligi yomonlashadi. Demak, past temperaturalarda yarim o‘tkazgichlar dielektriklarga o‘xshab ketib, ular orasidagi farq kamayadi.

Yarim o‘tkazgichlar o‘tkazuvchanligining yoritilganlikka bog‘liqligi. Yarim o‘tkazgichlar yoritilganda elektr o‘tkazuvchanligi yaxshilanadi. Bunga sabab yorug‘lik ta’sirida qo‘shimcha zaryad tashuvchilarning paydo bo‘lishidir. Ular quyidagi jarayonlar natijasida vujudga kelishi mumkin:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1) yetarli darajada katta energiyaga ega bo‘lgan yorug‘lik valent zonadagi elektronni o‘tkazish zonasiga o‘tkazib qo‘yadi. Natijada erkin elektronlar va teshiklar soni ortadi, ya’ni yarim o‘tkazgichning xususiy o‘tkazuvchanligi yaxshilanadi;

2) yorug‘lik donor aralashmaga tushib, undagi elektronni o‘tkazish zonasiga o‘tkazadi va erkin elektronlar soni ortadi;

3) yorug‘lik valent zonadagi elektronni akseptor aralashmaga chiqaradi va valent zonada qo‘shimcha teshiklar paydo bo‘ladi.

Sinov savollari

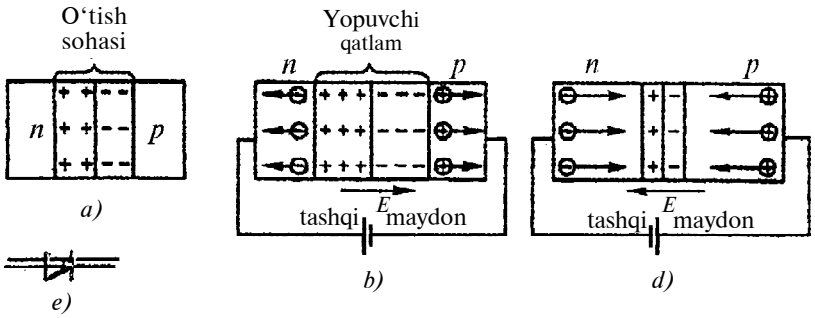
1. Xususiy yarim o‘tkazgichlar deb qanday yarim o‘tkazgichlarga aytiladi? Misollar keltiring. 2. Xususiy o‘tkazuvchanlik deb qanday o‘tkazuvchanlikka aytiladi? 3. 0 K da xususiy yarim o‘tkazgichlar o‘zlarini qanday tutadilar? 4. *n*-tip o‘tkazuvchanlik deb qanday o‘tkazuvchanlikka aytiladi? 5. *n*-tip o‘tkazuvchanlik qanday vujudga keladi? 6. *p*-tip o‘tkazuvchanlik deb qanday o‘tkazuvchanlikka aytiladi? 7. *p*-tip o‘tkazuvchanlik qanday vujudga keladi? 8. Xususiy o‘tkazuvchanlik deb qanday o‘tkazuvchanlikka aytiladi? 9. Aralashmalar yarim o‘tkazgichga nima maqsadda kiritiladi? 10. Aralashmalar necha xil bo‘lishi mumkin? 11. Donor aralashma deb qanday aralashmaga aytiladi? 12. Donor aralashma qanday o‘tkazuvchanlikni vujudga keltiradi? 13. Akseptor aralashma deb qanday aralashmaga aytiladi? 14. Akseptor aralashma qanday o‘tkazuvchanlikni vujudga keltiradi? 15. Temperatura ortishi bilan yarim o‘tkazgichning o‘tkazuvchanligi qanday o‘zgaradi? 16. Temperatura ortishi bilan yarim o‘tkazgich o‘tkazuvchanligining yaxshilanish mexanizmini tushuntirib bering. 17. Temperatura pasayishi bilan o‘tkazuvchanlikning yomonlashuvini tushuntiring. 18. Yarim o‘tkazgichlarning o‘tkazuvchanligi yorug‘lik ta’sirida o‘zgaradimi? 19. Yorug‘lik xususiy yarim o‘tkazgichlarga qanday ta’sir ko‘rsatadi? 20. Yorug‘lik aralashmali yarim o‘tkazgichlarga qanday ta’sir ko‘rsatadi?

91- §. Yarim o‘tkazgichli asboblar

Mazmuni: diod va triod; yarim o‘tkazgichli asboblarning ahamiyati.

Diod. Ikkita yarim o‘tkazgich kontaktining bir tomonlama o‘tkazish xususiyatiga ega ekanligi ularni o‘zgaruvchan tokni to‘g‘rilash uchun ishlatilishiga imkon beradi. Bitta *p*-*n*- o‘tish mavjud bo‘lgan yarim o‘tkazgichli asbob yarim o‘tkazgichli diod deyiladi. Diodning ish prinsipini tushunish uchun *p*-*n*- kontaktni o‘rganaylik (146- *a* rasm). *p*- va *n*-tip o‘tkazuvchanlikli yarim o‘tkazgichlar bir-birlariga tegdirilsa,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



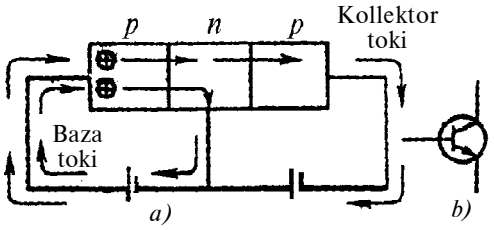
146- rasm.

elektronlari ko‘p bo‘lgan *n*- sohadan *p*- sohaga elektronlarning, teshiklar ko‘p bo‘lgan *p*-sohadan *n*-sohaga teshiklarning o‘tishi (diffuziyasi) ro‘y beradi. Natijada ular o‘rtasida kontakt potensiallar farqi vujudga keladi. Elektronlar va teshiklar yarim o‘tkazgichlar chegarasida diffuziya yana davom etishiga to‘sqinlik qiluvchi yopuvchi potensialni vujudga keltiradi. Endi qurilgan sistemaga tashqi maydon qo‘yamiz, ya’ni 146- *b* rasmda ko‘rsatilgandek tok manbayini ulaymiz. Tashqi maydonning kuchlanganligi yopuvchi qatlam maydonining yo‘nalishi bilan mos kelsin. Natijada elektronlar maydonga qarshi, teshiklar esa maydon bo‘ylab harakat qilib chegara sirtdan uzoqlashishadi. Yopuvchi qatlam kengayib, uning kengligi qo‘yilgan potensiallar farqiga bog‘liq bo‘ladi. Yopuvchi qatlamda elektronlar va teshiklar soni kam bo‘lgani uchun u o‘zini dielektrikdek tutadi va natijada *p-n* o‘tish orqali tok o‘tmaydi.

Tashqi maydonning yopuvchi qatlamni kengaytiradigan yo‘nalishiga yopuvchi yoki teskari yo‘nalish deyiladi.

Endi tokning yo‘nalishini 146-*d* rasmdagidek qilib o‘zgartiramiz. Elektronlarning va teshiklarning harakat yo‘nalishi o‘zgaradi. *p-n*- o‘tish joyida ular rekombinatsiyalanadi, ya’ni bir-birlarini neytrallashadi va natijada yopuvchi qatlam yupqalashib uning qarshiligi kamayadi. Demak, bu yo‘nalishda, ya’ni *p*- yarim o‘tkazgichdan *n*- yarim o‘tkazgich tomonga tok o‘tadi. Shuning uchun ham bu yo‘nalishga o‘tkazuvchi yoki to‘g‘ri yo‘nalish deyiladi. Shunday qilib, *p-n* o‘tish bir tomonlama o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lib, bunday yarim o‘tkazgichli diod to‘g‘rilagichlar sifatida ishlatiladi va uning shartli belgisi 146- *e* rasmda ko‘rsatilgan. Yarim o‘tkazgichli diodlar lampali diodlarga nisbatan qulay, ishonchli va hajmi kichkina bo‘lganligi uchun ularni radiotexnikadan to‘la siqib chiqardi. Yarim o‘tkazgichli diodlar nafaqat to‘g‘rilagich va balki detektor (qayd etgich) sifatida ham ishlatilishi mumkin.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



147- rasm.

Tranzistor. Triod. Yarim o‘tkazgichli triod — tranzistorni yasash uchun aralashmali yarim o‘tkazgich materialining uchta tarkibiy qismi (shuning uchun ham triod deyiladi) bo‘lishi kerak: ikkita *n*- va bitta *p*- tip yoki teskarisi.147- *a* rasmda *p-n-p* tip tranzistor ko‘rsatilgan. Tranzistor zanjirga ulanganda ikkita batareyadan foydalaniladi. Ulardan birining musbat qutbi tranzistorning emitteri (e) deyiluvchi *p*-qismiga, manfiy qutbi esa baza (b) deyiluvchi o‘rtadagi *n*- qismiga ulanadi. Ikkinchi batareyaning musbati bazaga, manfiy qutbi esa kollektor (k) deyiluvchi ikkinchi *p*- qismga ulanadi. Shunday ulanishda emitterdagi teshiklar bazaga ketib, ularning keyingi, bazadan kollektorga tomon harakati ikkinchi batareya ta’sirida amalga oshadi. Birinchi batareyaning kuchlanishi ortishi bilan baza orqali kollektorga yetuvchi, emitterdagi teshiklar soni ham ortadi. Demak, lampali triodda to‘r va katod orasidagi kuchlanish anod tokini boshqargani kabi, tranzistorda ham baza va emitter orasidagi kuchlanish kollektor tokini boshqaradi. 147- *b* rasmda yarim o‘tkazgichli triodning shartli belgisi ko‘rsatilgan. Yarim o‘tkazgichli triodlar kuchaytirgichlar va generatorlar sifatida ishlatiladi.

Yarim o‘tkazgichli asboblarning ahamiyati. Yarim o‘tkazgichli asboblar vujudga kelishi radiotexnikada inqilobiy burilish yasadi. Ularning soddaligi va kichikligi, mikromodullar sifatida uzluksiz ravishda bosib chiqarish usuli bilan tayyorlash imkonini yaratdi. Mikromodullar yupqa varaqlardek bo‘lib, ularda diodlar, triodlar, qarshiliklar va radiosxemaning boshqa elementlari zarb qilinadi. Mikromodullarning turli kombinatsiyalarini tuzib, oldindan belgilangan parametrli radioqurilmalarni yasash mumkin. Hozirgi paytda yarim o‘tkazgichli diodlar, triodlar, rezistorlar ishlatilmaydigan asboblarning o‘zi mavjud emas. Yarim o‘tkazgichli termistor (termorezistor) yordamida temperaturani o‘lchovchi detektor, elementar zarralarni qayd etuvchi, fotorezistor — yorug‘lik energiyasini qayd etuvchi va ko‘plab boshqa asboblarni misol qilib keltirish mumkin. Kosmik kemalarning barchasi quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beruvchi yarim

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

o‘tkazgichli quyosh batareyalari bilan jihozlangan bo‘lsa, tibbiyot insonning nozik organlariga kirib, uning faoliyatidan ma’lumot beruvchi datchiklar (qayd etuvchilar) bilan jihozlangandir. Garchi, ushbu dalillarning o‘zi ham yarim o‘tkazgichli asboblarning foydalanish sohasi kengligini ko‘rsatib tursa-da, hali ularning ishlatilish istiqbollari juda keng. Bu sohadagi izlanishlar tugamagan bo‘lib, insoniyat yarim o‘tkazgichlar fizikasidan ko‘plab yangiliklarni kutmoqda.



Sinov savollari

1. Yarim o‘tkazgichli diod deb qanday asbobga aytiladi? 2. Yarim o‘tkazgichli diodning ish prinsipi. 3.Yopuvchi yo‘nalish deb tashqi maydonning qanday yo‘nalishiga aytiladi? 4. Qachon yopuvchi qatlam kengayadi? 5. Qachon yopuvchi qatlam yupqalashadi? 6. Yarim o‘tkazgichli diod tokni har ikkala yo‘nalish bo‘yicha ham o‘tkazadimi? 7. Yarim o‘tkazgichli diodlarning lampali diodlardan afzalliklari nimada? 8. Triod qanday tuzilgan? 9. Yarim o‘tkazgichli triodda kollektor toki nimani boshqaradi? 10. Triodlar qayerda ishlatiladi? 11. Yarim o‘tkazgichli asboblarning afzalliklari nimada? 12. Yarim o‘tkazgichlar detektor sifatida qayerlarda ishlatiladi? 13. Yarim o‘tkazgichlarning quyosh batareyasi sifatida va tibbiyotda ishlatilishi. 14. Yarim o‘tkazgichli asboblarning ishlatilishiga misollar keltiring.



Masala yechish namunalari

1 - m a s a l a : Aluminiy simdagi tok zichligi 1 A/mm^2. Aluminiy jism birligidagi erkin elektronlarning soni atomlarning soniga teng deb faraz qilib, elektronlar batartib harakatining o‘rtacha tezligi $\langle \upsilon \rangle$ aniqlansin.

Berilgan:

$j = 1$ A/mm^2 $= 10^6$ A/m^2;

$n_e = n_A$.

$\langle \upsilon \rangle = ?$

Yechish. Tok zichligi va elektronlar batartib harakatining o‘rtacha tezligi orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$j = e \cdot n \langle \upsilon \rangle.$$

Bundan $\langle \upsilon \rangle$ ni topib olamiz:

$$\langle \upsilon \rangle = \frac{j}{e \cdot n}.$$

Bu yerda $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C — elektronning zaryadi, $n = n_e = n_A$ — elektronlarning konsentratsiyasi:

$$n = n_e = n_A = \frac{N_A}{V_m} = \frac{N_A \cdot \rho}{M}.$$

Unda $\langle \upsilon \rangle$ uchun ifoda quyidagi ko‘rinishini oladi:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$<\upsilon> = \frac{j \cdot M}{N_A \cdot \rho \cdot e}.$$

Bu yerda: $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1} — Avogadro soni; $V_m = \frac{M}{\rho}$ — molyar hajm; $M = 27 \cdot 10^{-3}$ kg/mol — aluminiyning molyar massasi; $\rho = 2{,}7 \cdot 10^3$ kg/m^3 — zichligi. Kattaliklarning qiymatlaridan foydalanib topamiz.

$$<\upsilon> = \frac{10^6 \cdot 27 \cdot 10^{-3}}{6{,}02 \cdot 10^{23} \cdot 2{,}7 \cdot 10^3 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0{,}1\text{mm/s}.$$

Javob: $<\upsilon> = 0{,}1$ mm/s.

2 - masala. Agar azotning ionlashuv potensiali 14,5 V ga teng bo‘lsa, azot atomini ionlashtirish uchun elektron qanday eng kichik tezlikka ega bo‘lishi kerak?

Berilgan:
$u_i = \Delta\varphi = 14{,}5$V;
N_2.
———————
$\upsilon_{\min} = ?$

Yechish. Elektron azot atomini ionlashtirish uchun uning kinetik energiyasining eng kichik qiymati chiqish ishiga teng bo‘lishi kerak:

$$E_{\text{k.min}} = A$$

yoki

$$\frac{m_e \upsilon_{\min}^2}{2} = e \cdot \Delta\varphi = e u_i.$$

Ushbu ifodadan $\upsilon_{\min}$ ni topib olamiz:

$$\upsilon_{\min} = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot u_i}{m_e}}.$$

Bu yerda: $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C — elektronning zaryadi; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg — massasi. Kattaliklarning son qiymatlari yordamida topamiz:

$$\upsilon_{\min} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 14{,}5}{9{,}1 \cdot 10^{-31}}} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 2{,}3 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Javob: $\upsilon_{\min} = 2{,}3 \cdot 10^6$ m/s.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Ko‘ndalang kesimining yuzi 1mm^2 bo‘lgan mis o‘tkazgichdan 10 A tok oqmoqda. Har bir atomiga ikkitadan zaryad tashuvchi elektron to‘g‘ri keladi deb hisoblab, misdagi elektronlar batartib harakatining o‘rtacha tezligi $<\upsilon>$ aniqlansin. ($<\upsilon> = 3{,}7$ μm/s).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2. Uzunligi 2 m, ko‘ndalang kesimining yuzi 0,4 mm^2 bo‘lgan mis o‘tkazgichdan tok o‘tgan har bir sekundda 0,35 J issiqlik miqdori ajraladi. Bu o‘tkazgichning ko‘ndalang kesim yuzidan bir sekundda nechta elektron o‘tadi? ($N = 1{,}27 \cdot 10^{19}$)
3. Agar buyumga 1,8 g nikel qatlami o‘tirgan bo‘lsa, nikellash qancha vaqt davom etadi? Tok kuchi 2 A. ($t = 50$ min)
4. Televizor kineskopida anoddagi tezlashtiruvchi kuchlanish 16 kV ga teng. Anoddan ekrangacha bo‘lgan masofa 30 sm. Elektronlar bu masofani qancha vaqtda o‘tadi? ($t = 4$ ns)

Test savollari

1. Metallarda elektr toki qanday elektr zaryadlarning tartibli harakati tufayli hosil bo‘ladi?

A. Manfiy va musbat ionlar.
B. Erkin elektronlar.
C. Elektron va musbat ionlar.
D. Musbat va manfiy ionlar hamda erkin elektronlar.
E. Javoblar orasida to‘g‘risi yo‘q.

2. Gazlarda elektr toki qanday elektr zaryadlarning tartibli harakati tufayli hosil bo‘ladi?

A. Faqat elektronlar.
B. Musbat va manfiy ionlar.
C. Manfiy ionlar va elektronlar.
D. Faqat musbat ionlar.
E. To‘g‘ri javob A va D.

3. Suyuqliklarda elektr toki qanday elektr zaryadlarning tartibli harakati tufayli hosil bo‘ladi?

A. Musbat va manfiy ionlar.
B. Manfiy ionlar va elektronlar.
C. Atomlar.
D. Molekulalar.
E. To‘g‘ri javob yo‘q.

4. Yarim o‘tkazgichlarda elektr toki qanday elektr zaryadlarning tartibli harakati tufayli hosil bo‘ladi?

A. Faqat manfiy ionlar.
B. Faqat erkin elektronlar.
C. Erkin elektronlar va teshiklar.
D. Manfiy ionlar va elektronlar.
E. Faqat teshiklar.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Asosiy xulosalar

Metallarda zaryad tashuvchilar elektronlardir.

Chiqish ishi deb, elektronni metalldan ajratib, vakuumga chiqarish uchun bajarish kerak bo‘lgan ishga aytiladi: $A = e \cdot \Delta\varphi$. $\Delta\varphi$ — ionlashtiruvchi potensial deyiladi.

1 eV — elektronning 1V potensial farqini o‘tishda oladigan energiyasi: $1\text{eV} = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\text{J}$.

Elektronlarning metalldan chiqish hodisasi *emissiya hodisasi* deyiladi.

Vakuumli diod — katod *K* va anod *A* elektrodlardan iborat havosi so‘rib olingan balondir. U to‘g‘rilagich sifatida ishlatiladi.

Diodga qo‘shimcha to‘r kiritilsa, *triod* hosil bo‘ladi. Triod kuchaytirgich sifatida ishlatiladi.

Gazlardan elektr tokining o‘tishi *gaz razryadi* deyiladi.

Plazma deb, elektronlarning konsentratsiyasi musbat ionlarning konsentratsiyasiga taxminan teng bo‘lgan, kuchli ionlashgan gazga aytiladi.

Erituvchida eriganda ionlarga ajraladigan moddalar *elektrolitlar* deyiladi. Elektrolitlarda zaryad tashuvchi zarralar ionlar bo‘ladi.

Elektrolitlardagi ionlarning tashqi maydon ta’siridagi batartib harakati *elektrolitlarda elektr toki* deyiladi.

Elektrolitdan tok o‘tganda uning tarkibiga kiruvchi moddalarning elektrodlarda ajralib chiqishiga *elektroliz hodisasi* deyiladi.

Faradeyning birinchi qonuni: elektrodda ajralib chiqadigan moddaning *m* massasi elektrolitdan o‘tgan zaryad miqdoriga proporsional: $m = kQ = k \cdot J \cdot t$.

Kimyoviy reaksiya energiyasini elektr energiyaga aylantirib beradigan qurilmalarga *galvanik elementlar* deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



XV BOB. MAGNIT MAYDON

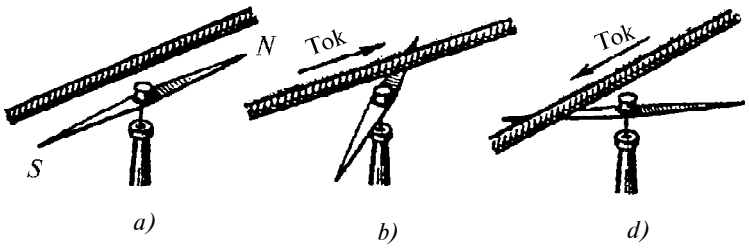
Daniyalik fizik X.Ersted (1777— 1851) elektr zaryadi atrofida elektr maydon mavjud bo‘lganidek, elektr toki atrofida ham o‘ziga xos kuch maydoni mavjudligini aniqladi. U elektr toki maydonining magnit strelkasiga ta’sirini o‘rgangani uchun ham (1819- y) bu maydonni magnit maydon deb atadi. Magnit maydoni faqat elektr toki atrofida (ya’ni elektr zaryadlarining harakati natijasida) vujudga keladi va harakatdagi elektr zaryadiga yoki o‘zgarmas magnetikka ta’sir ko‘rsatadi. Magnit maydon materiyaning maxsus shakli bo‘lib, u orqali harakatdagi zaryadlangan zarralarning yoki magnit momentiga ega bo‘lgan jismlarning o‘zaro ta’siri amalga oshiriladi.



92- §. Magnit maydon. Tokli kontur

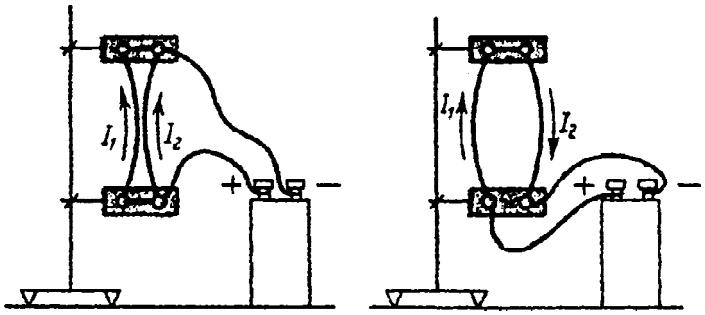
M a z m u n i: magnit maydon; magnit zaryadi mavjudmi; tokli kontur; konturning magnit momenti.

Magnit maydon. Magnit maydonning vujudga kelishini o‘rganish maqsadida magnit strelkasini tokli o‘tkazgich yoniga keltiramiz. O‘tkazgichdan tok o‘tmaganda strelka shimol va janubni ko‘rsatib, ma’lum yo‘nalishda joylashib turadi (148- *a* rasm). Agar o‘tkazgichdan tok o‘tkazilsa, strelka vaziyatining o‘zgarishi kuzatiladi (148- *b* rasm). Bunga sabab tokli o‘tkazgich atrofida vujudga kelgan kuch maydonigina bo‘lishi mumkin. Agar o‘tkazgichdan o‘tayotgan tokning yo‘nalishini o‘zgartirsak, magnit strelkasining joylashuvi ham teskarisiga o‘zgaradi (148- *d* rasm). Bu esa tokli o‘tkazgich atrofidagi maydon ta’sirining teskarisiga o‘zgarishining natijasidir.



148- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



149- rasm.

Shuningdek, ikkita parallel o‘tkazgich orqali tok o‘tkazib ko‘ramiz. Agar I_1 va I_2 toklar bir xil yo‘nalishda oqsa, o‘tkazgichlar o‘zaro tortishishganini, qarama-qarshi yo‘nalishda oqqanda esa itarishganini ko‘ramiz (149- rasm). Bizga ma’lumki, harakatsiz elektr zaryadlari orasidagi o‘zaro ta’sir elektr maydoni vositasida amalga oshiriladi. Unda tokli o‘tkazgichlar orasidagi ta’sir qanday amalga oshadi, degan savol tug‘iladi.

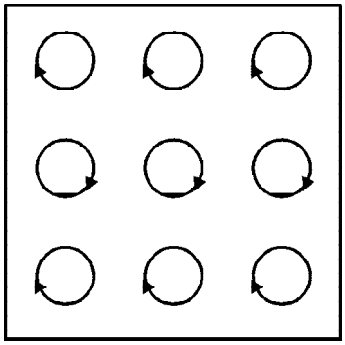
Fransuz fizigi A. Amperning xulosasiga ko‘ra, elektr toklari bir-birlari bilan kulon xarakteriga ega bo‘lmagan kuchlar bilan ta’sirlashadi.

Tokli o‘tkazgichlar, ya’ni harakatdagi elektr zaryadlari orasidagi o‘zaro ta’sirga magnit ta’sirlari deyiladi. Tokli o‘tkazgichlarning bir-biriga o‘zaro ta’sir kuchi esa magnit kuchlari deyiladi. Magnit ta’sir kuchlarining vujudga kelishiga sabab tokli o‘tkazgich atrofida vujudga keladigan magnit maydondir. Magnit maydon ham elektr maydon kabi elektromagnit maydonning xususiy namoyon bo‘lishidir.

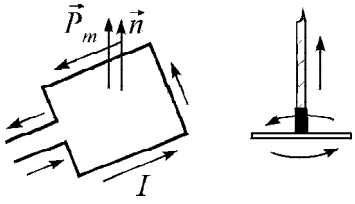
Harakatsiz zaryadlar magnit maydon hosil qilmaydi. Faqat harakatdagi zaryadlar (elektr toki) va magnetiklargina magnit maydon hosil qiladi. Shuning uchun ham magnit maydon faqat ular bilangina o‘zaro ta’sirlashishi mumkin.

Magnit zaryadi mavjudmi? O‘zgarmas magnetiklar maydonini o‘rganish ularning ikkita: shimoliy N (inglizcha—North) va janubiy S(inglizcha—South) qutblarga ega ekanligini ko‘rsatdi. Bir xil ismli qutblar bir-birini itarishadi, turli xil ismlilari esa tortishishadi. Elektr zaryadnikiga o‘xshash bunday xususiyatlarning mavjudligi tabiatda magnit zaryadi mavjudmikan, degan muammoni o‘rtaga qo‘ydi. Agar shunday bo‘lsa, xuddi manfiy yoki musbat elektr zaryadlarini ajratib olish, ya’ni jismlarni manfiy yoki musbat zaryadlash mumkin bo‘lganidek, magnetiklarning ham shimoliy yoki janubiy qutblarini

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



150- rasm.



151- rasm.

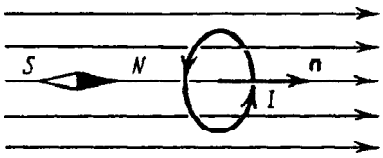
ajratib olish mumkin bo‘lishi kerak edi. Lekin magnetiklar qanchalik maydalanmasin, baribir ikki xil qutbga ega bo‘lib qolaverdi. Demak, magnetikning qutblarini ajratish mumkin emas, tabiatda alohida magnit zaryadlari ham bo‘lishi mumkin emas.

Magnetiklarning mavjudligini tushuntirish uchun esa Amper quyidagi gipotezani olg‘a surdi. Unga ko‘ra, moddalarning molekulalari va atomlari ichida elementar elektr toklari aylanadi va elementar magnit maydon hosil qiladi. Agar bu elementar toklar bir-birlariga nisbatan betartib joylashishgan bo‘lsa, ularning maydonlari bir-birlarini o‘zaro kompensatsiyalaydi va jism hech qanday magnit xususiyatlariga ega bo‘lmaydi. Magnetiklarda esa elementar toklar va demak, ularning magnit maydoni ham tashqi ta’sir natijasida ma’lum yo‘nalish bo‘ylab joylashib qolgan bo‘ladi (150- rasm) va jism magnit xossalarini namoyon qiladi. Demak, istalgan jismning magnit xossalari uning ichida elementar toklar mavjudligining natijasidir. Shunday qilib, har qanday magnit ta’siri toklarning o‘zaro ta’siridir.

Tokli kontur. Biz fizikada turli modellardan foydalanishning ahamiyati haqida so‘z yuritgan edik. Masalan, elektr maydonni o‘rganishda nuqtaviy zaryad, ya’ni o‘z maydoni bilan o‘rganilayotgan maydonni o‘zgartira olmaydigan zaryad tushunchasidan foydalanganmiz. Magnit maydonni o‘rganishda esa tokli yopiq kontur (tokli kontur) tushunchasidan foydalaniladi. Tokli konturning o‘lchamlari magnit maydon hosil qilgan tokkacha bo‘lgan masofalarga nisbatan juda kichik va uning maydoni o‘rganilayotgan maydonni o‘zgartira olmaydi deb hisoblaymiz. Konturning fazodagi yo‘nalishi esa uning normali bilan aniqlanadi (151- rasm).

Normalning musbat yo‘nalishi o‘ng parma qoidasi bilan aniqlanadi, ya’ni normal $\vec{n}$ ning yo‘nalishi parmaning ilgarilanma harakati

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



152- rasm.

bilan mos kelsa, konturdagi tokning yo‘nalishi parma dastasining harakat yo‘nalishi bilan mos kelishi kerak.

Tajribaning ko‘rsatishicha, magnit maydon tokli konturga (sinash konturiga) yo‘naltiruvchi ta’sir ko‘rsatar ekan. Agar konturdagi tokning yo‘nalishi o‘zgartirilsa, konturning joylashishi 180° ga o‘zgaradi. Bu magnit maydonning ma’lum yo‘nalishga ega ekanligining natijasidir.

Berilgan nuqtada magnit maydonning yo‘nalishi sifatida tokli konturning musbat normali bilan mos keluvchi yo‘nalish qabul qilinadi (152- rasm). Shuningdek, u shu nuqtada joylashgan magnit strelkasining shimoliy qutbiga ta’sir etadigan kuchning yo‘nalishi bilan mos keladi.

Konturning magnit momenti. Yuqorida ko‘rib o‘tganimizdek, magnit maydoniga kiritilgan tokli konturga magnit maydoni tomonidan aylantiruvchi kuch momenti $\vec{M}$ ta’sir qiladi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, magnit maydonning berilgan nuqtasi uchun tokli konturga ta’sir etuvchi kuchlar momenti M_{max} konturning magnit momenti $\vec{P}_m$ ning magnit maydonni miqdoran xarakterlovchi kattalik, magnit induksiya vektori $\vec{B}$ ga vektorial ko‘paytmasiga teng:

$$\vec{M}_{max} = \left[\vec{P}_m \cdot \vec{B}\right]. \qquad (92.1)$$

Tokli konturning magnit xossalarini xarakterlovchi va uning tashqi maydonda o‘zini qanday tutishini belgilovchi kattalikka konturning magnit momenti deyiladi va u konturdan oqayotgan tok I ning kontur yuzasi S ga ko‘paytmasiga teng, ya’ni $P_m = I \cdot S$.

Konturning magnit momenti vektor kattalik bo‘lib, uning yo‘nalishi kontur sirtining musbat normali bilan mos keladi (151- rasm):

$$\vec{P}_m = J \cdot S \cdot \vec{n}. \qquad (92.2)$$



Sinov savollari

1. Magnit maydon qayerda vujudga keladi? 2. Magnit maydon nimalarga ta’sir ko‘rsatadi? 3. Magnit maydon vujudga kelishini kim aniqlagan? 4. Magnit maydoni materiyami? 5. Tokli o‘tkazgich yonidagi magnit strelkasiga ta’sir ko‘rsatadimi? 6. Agar o‘tkazgichdagi tokning yo‘nalishi o‘zgartirilsachi? 7. Ikkita parallel o‘tkazgichlardan tok oqqanda ular qanday ta’sirlashishadi. Bu toklarning yo‘nalishiga bog‘liqmi? 8. Tokli o‘tkazgichlar orasidagi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

o‘zaro ta’sir qanday amalga oshadi? 9. Magnit ta’sirlari deb qanday ta’sirga aytiladi? Magnit kuchlari deb-chi? 10. Qanday maydonga magnit maydon deyiladi? 11. Harakatsiz zaryad atrofida magnit maydoni hosil bo‘ladimi? 12. Magnit maydon harakatsiz zaryadga ta’sir etadimi? 13. Magnit maydoni nima uchun harakatsiz zaryadga ta’sir qilmaydi? 14. O‘zgarmas magnetiklarning qanday qutblari mavjud va ular qanday ta’sirlashishadi? 15. Tabiatda magnit zaryadlari mavjudmi? 16. Magnetiklar haqida Amper g‘oyasi. 17. Bu g‘oyaga muvofiq jismlarning magnit xossalari nimaning natijasi? 18. Tokli kontur deb qanday konturga aytiladi? Uning yo‘nalishi qanday aniqlanadi? 19. Magnit maydonga kiritilgan tokli konturga nima ta’sir qiladi? 20. Magnit maydonga kiritilgan tokli konturga ta’sir etuvchi kuchlar momenti nimaga teng? 21. Konturning magnit momenti qanday aniqlanadi? 22. Konturning magnit momenti nimani ko‘rsatadi? 23. Kontur magnit momentining yo‘nalishi qanday aniqlanadi?



93- §. Magnit maydonning induksiya vektori. Magnit maydon kuchlanganligi

M a z m u n i: magnit induksiya; magnit induksiyasining birligi; magnit induksiyasi chiziqlari; magnit maydonining kuchlanganligi; muhitning magnit singdiruvchanligi; magnit maydon induksiyasi va mikrotoklar.

Magnit induksiya. Maydonning biror nuqtasiga turli xil magnit momentli tokli konturlarni joylashtirib ko‘raylik. Ma’lum bo‘lishicha ularga ta’sir etadigan aylantiruvchi momentlar ham turlicha bo‘ladi. Lekin ularning nisbati

$$B = \frac{M_{max}}{P_m} \qquad (93.1)$$

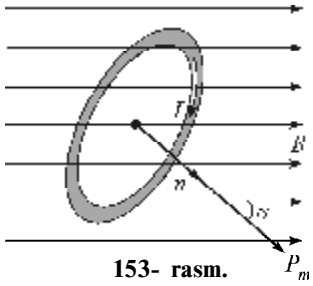
o‘zgarmas kattalik bo‘lib qolaveradi. Demak, **bu kattalik maydonning shu nuqtasini xarakterlovchi kattalik bo‘lib, unga magnit induksiyasi deyiladi.**

Magnit induksiya vektor kattalik bo‘lib, (93.1) uning modulini aniqlaydi. Magnit maydonni to‘la tavsiflash uchun esa har bir nuqtasi uchun magnit induksiyaning kattaligi va yo‘nalishini aniqlash kerak. Magnit induksiya vektorining yo‘nalishi tashqi magnit maydonning yo‘nalishi bilan mos keladi.

Umumiy holda (93.1) ga asosan aylantiruvchi momenti M ning tokli konturning joylashuviga bog‘liqligi quyidagicha:

$$M = B \cdot P_m \cdot \sin\alpha, \qquad (93.2)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



153- rasm.

bu yerda $\alpha - \vec{P}_m$ va $\vec{B}$ vektorlar orasidagi burchak (153- rasm).

M o‘zining maksimal qiymatiga $\alpha = \frac{\pi}{2}$ da $\left(\sin\frac{\pi}{2} = 1\right)$ erishadi.

Kontur muvozanat holatida esa (M=0) $\alpha = 0$ bo‘lganda, ya’ni $\vec{P}_m$ va $\vec{B}$ vektorlari bir to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘nalganda bo‘ladi.

Magnit induksiya birligi. Magnit induksiyaning CI dagi birligi — tesla (T) bo‘lib, N.Tesla sharafiga shunday nomlangan.

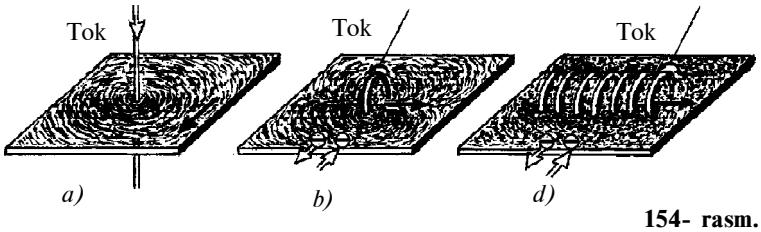
$$[\mathrm{B}] = \frac{[\mathrm{M}]}{[\mathrm{P}]} = \frac{1\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}}{1\mathrm{A}\cdot 1\mathrm{m}^2} = 1\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A}\cdot\mathrm{m}} = 1\mathrm{T}.$$

1 T shunday magnit maydonning induksiyasiki, unda 1 A tok oqayotgan $1\mathrm{m}^2$ yuzali konturga $1\mathrm{N}\cdot\mathrm{m}$ aylantiruvchi moment ta’sir qiladi.

Magnit induksiya chiziqlari. Elektr maydon elektr kuch chiziqlari vositasida grafik ravishda tasvirlanishi mumkin bo‘lganidek, magnit maydoni ham magnit induksiya chiziqlari (magnit kuch chiziqlari) yordamida grafik ravishda tasvirlanishi mumkin. **Magnit induksiya chiziqlari deb istalgan nuqtasiga o‘tkazilgan urinma shu nuqtaning $\vec{B}$ vektori bilan mos keladigan chiziqqa aytiladi.**

Magnit induksiya chiziqlarini temir kukunlari yordamida ko‘rinadigan qilish mumkin. Misol uchun to‘g‘ri tok o‘tkazilgan shisha plastinka ustiga temir kukuni tashlanib, sekin chertilsa, kukunlar kuch chiziqlari bo‘ylab joylashib qoladi (154- *a* rasm).

Tajribadan ko‘rinib turibdiki, tokli to‘g‘ri o‘tkazgich atrofidagi magnit induksiya chiziqlari tekislikda yotuvchi, tokka perpendikular konsentrik aylanalardan iborat bo‘lar ekan. Aylanalarning markazi o‘tkazgichning o‘qi bilan mos keladi. Xuddi shuningdek, temir kukuni yordamida istalgan shakldagi tokli o‘tkazgich magnit induksiya chiziqlarining tasvirini hosil qilish mumkin (154- *b,d* rasmlar).



154- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Hosil bo‘lgan manzaralardan quyidagicha xulosa chiqarish mumkin.

Magnit induksiya chiziqlari doimo yopiq chiziq xarakteriga ega va tokli o‘tkazgichni qamrab oladi. Shuning uchun ham magnit maydoniga uyurmali maydon deyiladi. Magnit maydon induksiya vektori chiziqlarining yo‘nalishi o‘tkazgichdagi tokning yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lib, o‘ng parma qoidasiga muvofiq aniqlanadi: **Agar o‘ng parma uchining ilgarilanma harakati tokning harakati bilan mos kelsa, parma dastasining aylanma harakat yo‘nalishi magnit induksiya chiziqlarining yo‘nalishi bilan mos keladi.**

Agar magnit induksiya vektorlari barcha nuqtalarda bir xil bo‘lsa ($\vec{B}$ = const), magnit maydonga bir jinsli maydon deyiladi. Bir jinsli maydonga uzunligi diametridan ko‘p marta katta bo‘lgan g‘altak, solenoidning ichidagi maydon misol bo‘ladi (154- *d* rasm).

Magnit induksiya chiziqlarining zichligi magnit induksiyasi $\vec{B}$ ning qiymatini ifodalashi mumkin. Masalan, magnit induksiya chiziqlariga perpendikular bo‘lgan birlik yuza orqali o‘tkaziladigan chiziqlarning soni magnit maydonning shu sohadagi magnit induksiyasiga teng yoki proporsional bo‘lishi mumkin.

Muhitning magnit singdiruvchanligi. Agar tokli o‘tkazgich yordamida turli moddalarda magnit maydonlari hosil qilinib, tokli kontur yordamida o‘rganilsa, berilgan nuqtadagi magnit induksiyasi moddaning turiga, ya’ni muhitning xossalariga bog‘liqligiga ishonch hosil qilish mumkin. $\vec{B}$ va $\vec{B}_0$ lar mos ravishda berilgan bir jinsli izotrop muhit va vakuumdagi magnit induksiyalar bo‘lsin. Ularning nisbati bilan aniqlanadigan

$$\mu = \frac{B}{B_0}, \tag{93.3}$$

— kattalik muhitdagi magnit induksiya vakuumdagiga nisbatan necha marta katta (yoki kichik) ekanligini ko‘rsatadi va unga muhitning magnit singdiruvchanligi deyiladi. U birliksiz kattalik bo‘lib, moddaning turiga va haroratga bog‘liq. Vakuum uchun $\mu = 1$.

Magnit maydonning kuchlanganligi. Vakuumdagi magnit maydonni $\vec{B}_0$ induksiya bilan emas, magnit maydon kuchlanganligi $\vec{H}$ bilan xarakterlashga kelishilgan. Bu ikkita kattaliklar bir-birlari bilan quyidagicha bog‘langan:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}_0}{\mu_0} \quad \text{yoki} \quad \vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}, \tag{93.4}$$

bu yerda $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$ — magnit doimiysi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(93.3) va (93.4) larni umumlashtirib yozish mumkin

$$\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}. \qquad (93.5)$$

Agar berilgan nuqta uchun maydon kuchlanganligi va muhitning magnit singdiruvchanligi ma'lum bo'lsa, unda (93.5) ifoda yordamida shu nuqtadagi maydon induksiyasini aniqlash mumkin.

Magnit maydon kuchlanganligining CI dagi birligi $-1\frac{\text{A}}{\text{m}}$.

$$[\text{H}] = \frac{[\text{B}_0]}{[\mu]} = \frac{1\text{T}}{1\frac{\text{H}}{\text{m}}} = 1\frac{\text{A}}{\text{m}};$$

$1\frac{\text{A}}{\text{m}}$ — shunday maydonning kuchlanganligiki, uning vakuumdagi magnit induksiyasi $4\pi \cdot 10^{-7}\text{T}$ ga teng.

Magnit maydon induksiyasi va mikrotoklar. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, Amper gipotezasiga muvofiq istalgan jismda elektronlarning atomlar va molekulalardagi harakati natijasida vujudga keladigan mikrotoklar mavjuddir. Bu mikrotoklar o'zlarining magnit maydonlarini hosil qiladilar va tashqi maydon, ya'ni makrotok ta'sirida o'z yo'nalishlarini o'zgartirishlari mumkin. Natijada ular jismda qo'shimcha magnit maydon hosil qiladilar. Magnit induksiya vektori $\vec{B}$ makrotok va mikrotoklar hosil qiladigan natijaviy magnit maydonni xarakterlovchi kattalikdir. Tabiiyki, turli muhitlar uchun mikrotoklarning maydonlari turlicha bo'lganligi sababli $\vec{B}$ ning qiymati ham turli muhitlar uchun turlicha bo'ladi.

Makrotoklarning o'zlari hosil qiladigan magnit maydon esa kuchlanganlik vektori $\vec{H}$ bilan tavsiflanadi. $\vec{B}$ va $\vec{H}$ orasida (93.5) bog'lanish mavjudligini ko'rdik. Magnit singdiruvchanlik μ — makrotoklarning magnit maydoni $\vec{H}$, muhitning mikrotoklari maydoni hisobiga necha marta o'zgarishini ko'rsatadi.



Sinov savollari

1. Magnit induksiyasi deb nimaga aytiladi? 2. Magnit induksiyasi vektorining yo'nalishi qanday bo'ladi? 3. Konturning magnit momenti va magnit induksiya vektorining yo'nalishlari mos kelsa, kontur qanday holatda bo'ladi? 4. Magnit induksiyasining SI dagi birligi va u qanday induksiya? 5. Magnit induksiya chiziqlari deb qanday chiziqlarga aytiladi? 6. Magnit induksiya chiziqlarini qanday kuzatish mumkin? 7. Tokli to'g'ri o'tkazgich atrofidagi induksiya chiziqlari qanday bo'ladi? 8. Magnit induksiya chiziqlari qanday xarakterga ega? 9. Nima uchun magnit maydonga uyurmali maydon deyiladi? 10. Magnit maydon induksiya vektori chiziqlarining yo'nalishi qanday aniqlanadi? 11. Bir jinsli magnit maydon deb qanday maydonga

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

aytiladi? 12. Induksiya chiziqlari yordamida induksiya vektorining qiymatini aniqlash mumkinmi? 13. Magnit maydon muhitga bog‘liqmi? 14. Muhitning magnit singdiruvchanligi deb qanday kattalikka aytiladi? 15. Magnit singdiruvchanlikning SI dagi birligi va vakuumdagi qiymati qanday? 16. Magnit maydon kuchlanganligi tushunchasi nima uchun kiritilgan? 17. U qanday aniqlanadi? 18. Magnit doimiysining qiymati? 19. Maydonning biror nuqtasining induksiyasini qanday topish mumkin? 20. Magnit maydon kuchlanganligining SI dagi birligi va u qanday kuchlanganlik? 21. Magnit maydon induksiya vektori B nimaga teng? 22. Magnit maydon kuchlanganligi H nimaga teng? 23. Magnit singdiruvchanlik μ qanday fizik ma’noga ega?

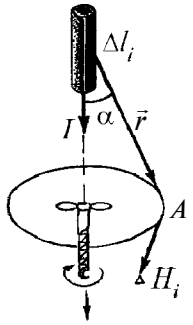
94- §. Bio — Savar — Laplas qonuni

M a z m u n i : Bio—Savar—Laplas qonuni; magnit induksiya vektori uchun superpozitsiya prinsipi; aylanma tokning magnit maydoni; to‘g‘ri o‘tkazgichning magnit maydoni; solenoid yoki toroidning magnit maydoni.

Bio—Savar—Laplas qonuni. Turli shakldagi o‘zgarmas tokning magnit maydonlari fransuz olimlari J.Bio (1774—1862) va F.Savar (1791—1841) tomonlaridan o‘rganilgan. Tajribalar natijasi esa fransuz fizigi va matematigi P.Laplas (1749—1827) tomonidan umumlashtirilgan. Ushbu qonunda I tok oqayotgan o‘tkazgich Δl elementining biror A nuqtada hosil qiladigan magnit induksiya vektori qiymati aniqlangan (155- rasm):

$$\Delta B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha}{r^2} \qquad (94.1)$$

bu yerda: $\vec{r}$ — o‘tkazgichning Δl elementidan A nuqtagacha bo‘lgan radius-vektor, r — uning moduli, α —tok yo‘nalishi va $\vec{r}$ orasidagi burchak. (94.1) formula Bio — Savar —Laplas qonunini ifodalaydi. ΔB ning yo‘nalishi o‘ng parma qoidasiga muvofiq aniqlanadi. **Agar parmaning ilgarilanma harakati tokning yo‘nalishi bilan mos kelsa, parma dastasining aylanma harakati magnit induksiya vektorining yo‘nalishini ko‘rsatadi.**



155- rasm.

Magnit induksiya vektori uchun superpozitsiya prinsipi. Elektr maydon uchun bajarilgani kabi magnit maydon uchun ham superpozitsiya prinsipi o‘rinlidir. **Bir qancha toklar hosil qilgan natijaviy magnit maydonning induksiyasi, har bir tok**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

hosil qilgan magnit maydon induksiyalarining geometrik yig‘indisiga teng, ya’ni

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^{n} \vec{B}_i = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \ldots + \vec{B}_n, \qquad (94.2)$$

bu yerda n — toklar soni.

Bio — Savar — Laplas qonuni va superpozitsiya prinsipi ba’zi maydonlarni oson hisoblash imkonini beradi.

Aylanma tokning magnit maydoni. Bio — Savar — Laplas qonunidan foydalanib, r radiusli, I —tok oqayotgan aylanma o‘tkazgichning markazidagi (ya’ni 0 nuqtadagi) magnit maydon induksiyasini topaylik. Buning uchun o‘tkazgichni n ta Δl qismchalarga bo‘lib chiqamiz. Δl — r dan juda kichik bo‘lishi kerak. Bio — Savar — Laplas qonuniga muvofiq Δl_i ning 0 nuqtada hosil qilgan magnit maydon induksiyasi

$$\Delta B_i = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi} \cdot \frac{\sin \alpha}{r^2} \cdot \Delta l_i. \qquad (94.3)$$

156- rasmdan ko‘rinib turibdiki, radius-vektor $\vec{r}$ va tok yo‘nalishi orasidagi burchak $\alpha = \frac{\pi}{2}$. Demak, $\sin\alpha = \sin\frac{\pi}{2} = 1$.

0 nuqtadagi to‘la induksiyani topish uchun barcha tok elementlari (qismlari) hosil qilgan induksiyalarning superpozitsiyasini topamiz:

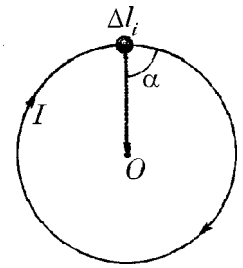
$$B = \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I}{r^2} \Delta l_i = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I}{r^2} \sum_{i=1}^{n} \Delta l_i.$$

Agar barcha Δl_i larni qo‘shib chiqsak, aylananing uzunligi chiqishini e’tiborga olsak:

$$\sum_{i=1}^{n} \Delta l_i = 2\pi r.$$

Magnit maydon induksiyasi:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2r}. \qquad (94.4)$$



156- rasm.

Demak, aylanma tokning markazda hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi o‘tkazgichdan oqadigan tok kuchiga to‘g‘ri proporsional, aylanma tok radiusiga esa teskari proporsional bo‘ladi.

Induksiya vektorining yo‘nalishi esa parma qoidasiga muvofiq aniqlanadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Agar parma dastasining harakati tok yo‘nalishi bilan mos kelsa, parma uchining ilgarilanma harakati induksiya vektorining yo‘nalishini ko‘rsatadi.

To‘g‘ri o‘tkazgichning magnit maydoni. Cheksiz uzun, ingichka o‘tkazgichdan tok oqqanda undan R masofada bo‘lgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi:

$$B=\frac{\mu_0\mu I}{2\pi R}. \qquad (94.5)$$

Solenoid yoki toroidning magnit maydoni. Cheksiz uzun solenoid yoki toroiddan tok oqqanda uning ichidagi magnit maydon induksiyasi:

$$B = \mu_0\mu In, \qquad (94.6)$$

bu yerda n — solenoid yoki toroidning birlik uzunligiga to‘g‘ri keluvchi o‘ramlar soni.

Sinov savollari

1. Bio—Savar—Laplas qonuni. 2. Bio—Savar—Laplas qonuni nimani aniqlashga imkon beradi? 3. Magnit induksiya vektorining yo‘nalishi qanday aniqlanadi? 4. Magnit induksiya vektori uchun superpozitsiya prinsipi. 5. Aylanma tokning markazidagi magnit maydon induksiyasi. 6. Induksiya vektorining yo‘nalishi uchun parma qoidasi. 7. To‘g‘ri o‘tkazgichning magnit maydon induksiyasi. 8. Solenoid yoki toroidning magnit maydon induksiyasi.

95- §. Amper qonuni

M a z m u n i: Amper qonuni; magnit induksiyasining birligi; chap qo‘l qoidasi.



A. Amper
(1775—1836)

Amper qonuni. Magnit maydonning mavjudligini namoyon etishning usullaridan biri uning tokli o‘tkazgichga ta’siridir. 1820- yil A.Amper magnit maydonidagi tokli o‘tkazgichga ta’sir kuchini aniqlovchi qonunni yaratdi. **Induksiyasi B bo‘lgan bir jinsli magnit maydonida joylashtirilgan tokli o‘tkazgichga, o‘tkazgich bo‘lagining uzunligi Δl ga , undan oqayotgan tok kuchi I ga va magnit maydonning induksiyasi B ga proporsional kuch ta’sir qiladi.**

$$F = B \cdot I \cdot \Delta l \cdot \sin\alpha, \qquad (95.1)$$

bu yerda α — o‘tkazgichdagi tok va $\vec{B}$ vektor yo‘nalishlari orasidagi burchak.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$\alpha = \frac{\pi}{2}, \sin\alpha = 1$ bo‘lganda kuch o‘zining eng katta qiymatiga eri shadi. Agar o‘tkazgich magnit induksiya chiziqlari bo‘ylab joylashgan bo‘lsa, $\alpha = 0$, $\sin\alpha = 0$ va ta’sir kuchi ham nolga teng bo‘ladi.

Magnit induksiya birligi. Amper qonuni yordamida magnit induksiyasi B ning birligini ham aniqlash mumkin. Buning uchun I tok oqayotgan Δl o‘tkazgich elementi magnit maydon yo‘nalishiga perpendikular yo‘nalgan bo‘lsin.

$$F = B \cdot I \cdot \Delta l, \tag{95.2}$$

bundan esa

$$B = \frac{1}{I}\frac{F}{\Delta l} \tag{95.3}$$

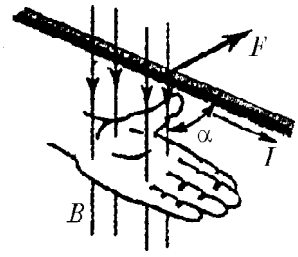
$$[B] = \frac{[F]}{[I][l]} = \frac{1\text{N}}{1\text{A} \cdot 1\text{m}} = 1\frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} = 1\text{T}.$$

1 T — shunday bir jinsli magnit maydonning induksiyasiki, maydon yo‘nalishiga perpendikular joylashgan va 1 A tok oqayotgan o‘tkazgichning har bir metriga 1 N kuch ta’sir etadi.

Chap qo‘l qoidasi. Magnit maydonda joylashtirilgan tokli o‘tkazgichga ta’sir etuvchi kuchning yo‘nalishini aniqlash uchun chap qo‘l qoidasidan foydalaniladi:

chap qo‘limizni magnit maydonda shunday joylashtiraylikki, magnit induksiya chiziqlari kaftimizga kirsa, uzatilgan to‘rtta barmog‘imiz o‘tkazgichdagi tok yo‘nalishi bilan mos kelsa, unda ochilgan bosh barmoq magnit maydonda joylashtirilgan tokli o‘tkazgichga ta’sir etayotgan kuchning yo‘nalishini ko‘rsatadi (157- rasm).

Bu kuch doimo o‘tkazgich yotgan tekislik va $\vec{B}$ vektorga perpendikular bo‘ladi. O‘tkazgichning istalgan Δl_i elementiga ta’sir etadigan kuchning moduli va yo‘nalishini bilgan holda superpozitsiya prinsipiga asosan, o‘tkazgichga ta’sir etadigan to‘la kuchni topish mumkin.



157- rasm.

Sinov savollari

1. Amper qonuni nima haqida? 2. Amper qonuni. 3. Agar o‘tkazgich magnit induksiya chiziqlari bo‘ylab joylashgan bo‘lsa, ta’sir kuchi nimaga teng bo‘ladi? 4. SI da magnit induksiyasining birligi va u qanday induksiya? 5. Chap qo‘l qoidasi nimani aniqlashga imkon beradi? 6. Chap qo‘l qoidasi. 7. Tokli o‘tkazgichga ta’sir kuchi o‘tkazgich yotgan tekislikka va induksiya vektoriga nisbatan qanday yo‘nalgan?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

96- §. Parallel toklarning o‘zaro ta’siri

M a z m u n i : tokli o‘tkazgichning ta’siri; parallel toklarning o‘zaro ta’siri; tok kuchining birligi; magnit doimiysi.

Tokli o‘tkazgichning ta’siri. Amper qonunini ikkita tokning o‘zaro ta’sir kuchini aniqlashda ham qo‘llash mumkin. Bir jinsli, izotrop, magnit singdiruvchanligi μ bo‘lgan muhitda bir-biridan d masofa ikkita parallel to‘g‘ri o‘tkazgichlar 1 va 2 joylashgan. Ulardan bir xil yo‘nalishda I_1 va I_2 toklar oqayotgan bo‘lsin (158- rasm). I_1 tok oqayotgan birinchi o‘tkazgich o‘z atrofida magnit maydoni hosil qiladi va bu magnit maydoni I_2 tok oqayotgan ikkinchi o‘tkazgichga ta’sir ko‘rsatadi. Ikkinchi o‘tkazgichdan ixtiyoriy Δl_i elementni ajratamiz. Unga Amper kuchi ta’sir qiladi.

$$\Delta F_i = B_1 \cdot I_1 \cdot \Delta l_i \cdot \sin\alpha, \qquad (96.1)$$

Bu yerda

$$B_1 = \frac{\mu_0 \mu I_1}{2\pi d} \qquad (96.2)$$

birinchi o‘tkazgich hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi. $\vec{B}_1$ vektor I_2 tokli o‘tkazgichga perpendikular bo‘lganidan $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\sin\alpha = 1$.

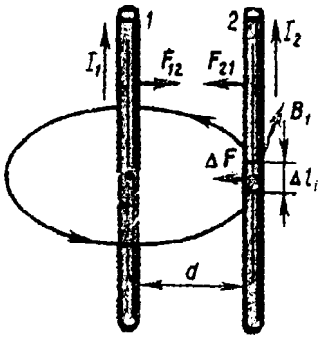
Unda (96.2) ni hisobga olib, (96.1) ni qayta yozamiz:

$$\Delta F_i = \frac{\mu_0 \mu I_1}{2\pi d} I_2 \Delta l_i . \qquad (96.3)$$

Birinchi o‘tkazgich tomonidan ikkinchi o‘tkazgichga ko‘rsatiladigan F_{21} kuchni topish uchun superpozitsiya prinsipiga asosan ΔF_i larni qo‘shib chiqishimiz kerak:

$$F_{21} = \sum_{i=1}^{n} \Delta F_i = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi d} \sum_{i=1}^{n} \Delta l_i = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2}{2\pi d} \cdot l .$$

Bu yerda $\sum_{i=1}^{n} \Delta l_i = l$ ekanligi e’tiborga olingan. Shunday qilib, birinchi tokli o‘tkazgichning ikkinchi tokli o‘tkazgichga ta’sir kuchi



158- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$F_{21}=\frac{\mu_0\mu I_1 I_2}{2\pi d}\cdot l \qquad (96.4)$$

kabi aniqlanar ekan.

Parallel toklarning o‘zaro ta’siri. Endi teskari hol, birinchi o‘tkazgich ikkinchisi hosil qilgan magnit maydonda turgan holni qaraylik. Xuddi yuqoridagidek hisoblardan keyin ikkinchi o‘tkazgichning birinchi o‘tkazgichga ta’sir kuchini topamiz:

$$F_{12}=\frac{\mu_0\mu I_1 I_2}{2\pi d}\cdot l. \qquad (96.5)$$

(96.4) va (96.5) larni solishtirib, ta’sir kuchlarining kattaliklari teng, yo‘nalishlari esa qarama-qarshi ekanligini ko‘ramiz. Demak, parallel o‘tkazgichlardan bir tomonga tok oqqanda ularning har biriga ikkinchisi hosil qilgan magnit maydoni tomonidan kattaligi quyidagiga teng bo‘lgan kuch ta’sir etadi:

$$F_{12}=\frac{\mu_0\mu I_1 I_2}{2\pi d}\cdot l. \qquad (96.6)$$

Parallel toklarning ta’sir kuchi o‘tkazgichlardan oqayotgan tok kuchlarining ko‘paytmasiga to‘g‘ri, oralaridagi masofaga teskari proporsionaldir.

Tok kuchining birligi. SI dagi asosiy birliklardan biri — amper (A), tokli o‘tkazgichlarning magnit ta’siriga asosan aniqlangan va fransuz fizigi A.Amper sharafiga shunday nomlangan.

1 A — bo‘shliqda bir-biridan 1 m masofada parallel joylashgan, ingichka to‘g‘ri, cheksiz uzun o‘tkazgichlardan o‘tganida bu o‘tkazgichlar orasida ular uzunligining har bir metriga $2\cdot10^{-7}$ N o‘zaro ta’sir kuchi vujudga keltiradigan o‘zgarmas tok kuchidir.

Magnit doimiysi. Magnit doimiysi μ_0 ning qiymatini topish uchun (97.6) — ifodaning ko‘rinishini quyidagicha o‘zgartiramiz va bunda o‘tkazgichlar bo‘shliqda ($\mu = 1$) deb hisoblaymiz:

$$\mu_0=2\pi\left(\frac{d}{I_1 I_2}\right)\cdot\left(\frac{F}{l}\right). \qquad (96.7)$$

Agar $I_1 = I_2 = 1\text{A}$, $d = 1\text{m}$, $\left(\frac{F}{l}\right)=2\cdot10^{-7}\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$ larni (96.7) ga qo‘ysak,

$$\mu_0 = 2\pi\left(\frac{1\text{m}}{1\text{A}^2}\right)\cdot 2\cdot10^{-7}\,\frac{\text{N}}{\text{m}} = 4\pi\cdot10^{-7}\,\frac{\text{N}}{\text{A}^2} = 4\pi\cdot10^{-7}\,\frac{\text{H}}{\text{m}},$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda genri (H) — induktivlikning birligi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Tokli o‘tkazgichning boshqa tokli o‘tkazgich elementiga ta’sir kuchi. 2. Parallel toklarning o‘zaro ta’sir kuchi. 3. SI da tok kuchining birligi nima? 4. 1A qanday tokning kuchi? 5. Magnit doimiysining qiymati.

97- §. Magnit oqimi

M a z m u n i : magnit oqimi; magnit oqimining ishorasi; magnit oqimining birligi.

Magnit oqimi. Induksiya vektori $\vec{B}$ bo‘lgan, bir jinsli magnit maydonida turgan ΔS yuzali yassi sirtni ko‘raylik.

ΔS sirt orqali magnit maydon induksiya vektorining oqimi (magnit oqimi) deb B_n ning (magnit induksiya vektorining sirt normaliga proyeksiyasining) sirt yuzasi ko‘paytmasiga teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi:

$$\Delta\Phi = B_n \cdot \Delta S = B \cdot \Delta S \cdot \cos\alpha,$$

bu yerda α — sirt normali $\vec{n}$ — ning yo‘nalishi va induksiya vektori $\vec{B}$ orasidagi burchak (159-rasm).

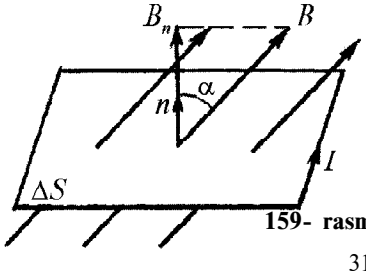
$B_n = B \cdot \cos\alpha$ skalar kattalik bo‘lganidan magnit oqimi ham skalar kattalikdir. Umuman olganda, biror sirt orqali magnit oqimi, shu sirt orqali o‘tgan magnit induksiya chiziqlarining sonini xarak-terlaydi.

Magnit oqimining ishorasi. $\cos\alpha$ qanday qiymatni qabul qilishiga qarab magnit oqimi musbat ($\Phi > 0$) yoki manfiy ($\Phi < 0$) bo‘lishi mumkin. $\cos\alpha$ ning qiymati esa normalning musbat yo‘nalishi qanday tanlanishiga bog‘liq bo‘ladi. Normalning musbat yo‘nalishi esa qaralayotgan konturdan oqayotgan tokning yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lib, o‘ng parma qoidasiga muvofiq aniqlanadi.

Yopiq sirt orqali magnit oqimi nolga teng, chunki unga kiradigan va undan chiqadigan kuch chiziqlarining soni teng.

Magnit oqimining birligi. Magnit oqimining SI dagi birligi — veber (Wb) nemis fizigi V.Veber (1804—1891) sharafiga shunday nomlangan.

1 Wb — 1 T induksiyali, bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga perpendikular joylashtirilgan $1m^2$ yuzali sirtdan o‘tadigan oqimdir.



159- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Magnit oqimi deb qanday kattalikka aytiladi? 2. Magnit oqimi qanday kattalik, skalarmi yoki vektormi? 3. Magnit oqimining induksiya chiziqlariga aloqasi bormi? 4. Magnit oqimining ishorasi qanday aniqlanadi? 5. Yopiq sirt orqali magnit oqimi nimaga teng? 6. Magnit oqimining SI dagi birligi va u qanday oqim?

98- §. Tokli o‘tkazgichni magnit maydonda ko‘chirishda bajarilgan ish. Elektr o‘lchov asboblarining ish prinsipi

M a z m u n i : tokli o‘tkazgichni magnit maydonda ko‘chirishda bajarilgan ish; ishning magnit oqimi o‘zgarishiga bog‘liqligi.

Magnit maydonidagi tokli o‘tkazgichga amper qonuni bilan aniqlanuvchi kuch ta’sir qiladi. Bu kuchning ishini hisoblash uchun 160-rasmdagidek zanjir tuzamiz va Amper kuchi ta’sirida qo‘zg‘alishi mumkin bo‘lishi uchun bir tomonini mahkamlamay, ilgakcha orqali ulaymiz.

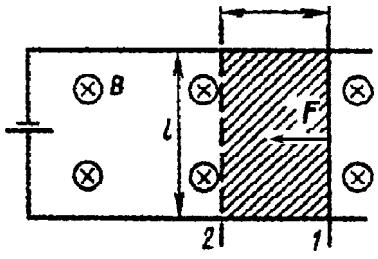
Agar ushbu sistemani induksiyasi rasm tekisligiga perpendikular yo‘nalgan bir jinsli magnit maydonda joylashtirsak, o‘tkazgich harakatlana boshlaydi. O‘tkazgichga ta’sir etadigan kuchning kattaligi Amper qonuniga, yo‘nalishi esa chap qo‘l qoidasiga muvofiq aniqlanadi. $\alpha=\frac{\pi}{2}$ bo‘lganligi uchun $\sin\alpha = 1$ va Amper kuchi

$$F = B \cdot \ell \cdot I \qquad (98.1)$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi.

O‘tkazgich F kuch ta’sirida 1 holatdan 2 holatga Δx ga ko‘chsin. Bunda quyidagicha mexanik ish bajariladi, ya’ni:

$$\Delta A = F \cdot \Delta x = B \cdot I \cdot \ell \cdot \Delta x. \qquad (98.2)$$



160- rasm.

Bu ifodadagi $l \cdot \Delta x = S$ o‘tkazgich harakatlanganda qamrab oladigan yuza. Unda (98.1) ga asosan

$$\Delta A = I \cdot B \cdot \Delta S = I \cdot \Delta\Phi. \qquad (98.3)$$

Tokli o‘tkazgichni magnit maydonda ko‘chirishda Amper kuchlarining bajargan ishi, tok kuchining o‘tkazgich harakatlanganda qamrab oladigan sirt orqali magnit oqimiga ko‘paytmasiga teng.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$\Delta\Phi$ o‘tkazgich harakatlanganda kesib o‘tadigan magnit induksiya chiziqlari sonini xarakterlagani sababli, chiziqli o‘tkazgich bir necha bor ko‘chganda ishni hisoblash uchun o‘tkazgich kesib o‘tgan magnit kuch chiziqlarining yig‘indisini olish kerak.

Elektr o‘lchov asboblarining ish prinsipi: Tokli o‘tkazgichlar, tokli o‘tkazgich va doimiy magnetiklar orasida o‘zaro ta’sir kuchining mavjudligi tok kuchini o‘lchash imkonini beradi. Sunday o‘zaro ta’sirlarga asoslangan elektr o‘lchov asboblari quyidagi uch turga ajratiladi:

1) magnitoelektrik-doimiy magnitlar bilan tokli o‘tkazgichlarning o‘zaro ta‘siriga asoslangan;

2) elektromagnit-ferromagnitdan yasalgan o‘zakning tokli g‘altak ichiga tortilishiga asoslangan;

3) elektrodinamik-tokli g‘altaklarning o‘zaro ta’siriga asoslangan.



Sinov savollari

1. O‘tkazgichning ko‘chishini kuzatish uchun qanday zanjirdan foydalanish mumkin? 2. Induksiya vektori va tok kuchining yo‘nalishi o‘zaro perpendikular bo‘lsa, Amper kuchi nimaga teng bo‘ladi? 3. O‘tkazgichni ko‘chirishda bajarilgan mexanik ish nimaga teng? 4. Tokli o‘tkazgichni magnit maydonida ko‘chirishda Amper kuchining ishi. 5. Bu kuch o‘tkazgich kesib o‘tadigan magnit oqimiga bog‘liqmi? 6. Elektr o‘lchov asboblarining ish prinsipi nimaga asoslangan? 7. Elektr o‘lchov asboblarining turlari.



99- §. Magnit maydonning harakatlanayotgan zaryadga ta’siri. Lorens kuchi

M a z m u n i : Lorens kuchi; Lorens kuchining ta’siri va yo‘nalishi.

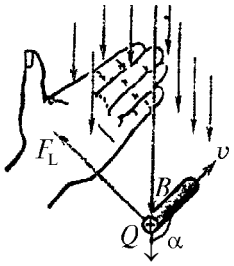
Lorens kuchi. Tajribalarning ko‘rsatishicha magnit maydon nafaqat tokli o‘tkazgichga va balki magnit maydonda harakatlanayotgan alohida zaryadga ham ta’sir qiladi. Chunki harakatlanadigan zaryad ham o‘z atrofida magnit maydon hosil qiladi. Magnit maydonda v tezlik bilan harakatlanayotgan Q elektr zaryadiga ta’sir etadigan kuchga Lorens kuchi deyiladi va u quyidagiga teng:

$$\vec{F}_L = Q[\vec{v} \cdot \vec{B}] \text{ yoki } \quad F_L = Q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha. \qquad (99.1)$$

Bu yerda B — zaryad harakatlanayotgan maydonning induksiyasi, α — zaryadning harakat tezligi vektori $\vec{v}$ va magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ orasidagi burchak.

Lorens kuchining yo‘nalishi. Lorens kuchining yo‘nalishi harakatlanayotgan musbat zaryad uchun chap qo‘l qoidasiga muvofiq

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



161- rasm.

aniqlanadi. **Agar magnit induksiya vektorlari chap qo‘limizning kaftiga kirayotgan, musbat zaryadning harakat yo‘nalishi esa ochilgan barmoqlar tomonga yo‘nalgan bo‘lsa, unda bosh barmoqning yo‘nalishi Lorens kuchining yo‘nalishini ko‘rsatadi** (161- rasm). Zaryadning ishorasi o‘zgarishi bilan kuchning yo‘nalishi ham teskarisiga o‘zgaradi. Yuqoridagi ta’rifdan va 164- rasmdan ko‘rinib turibdiki, Lorens kuchi tezlik $\vec{\upsilon}$ va induksiya $\vec{B}$ vektorlariga perpendikulyar yo‘nalgan.

Lorens kuchining ta’siri. (99.1) — ifodadan ko‘rinib turibdiki:

1) agar zaryad harakatsiz bo‘lsa, ya’ni $\upsilon = 0$, unda $F_L = 0$. Demak, magnit maydon harakatsiz zaryadga ta’sir ko‘rsatmaydi, ya’ni harakatsiz zaryad atrofida magnit maydon hosil bo‘lmaydi;

2) agar $\alpha = 0$, ya’ni zaryad magnit induksiya vektori bo‘ylab harakatlansa (tezlik vektori $\vec{\upsilon}$ induksiya vektori $\vec{B}$ ga parallel bo‘lsa), unda zaryadga magnit maydoni tomonidan hech qanday kuch ta’sir etmaydi;

3) Lorens kuchi zaryadning harakat tezligiga perpendikulyar bo‘lganligi uchun, uning tezligining modulini, ya’ni kinetik energiyasini o‘zgartira olmaydi. Demak, Lorens kuchi ish bajara olmaydi;

4) Lorens kuchi zaryadning harakat tezligiga perpendikulyar bo‘lganligi uchun, uning tezligining yo‘nalishini o‘zgartiradi. Agar zaryad bir jinsli maydonda harakatlanayotgan bo‘lsa, unda Lorens kuchi markazga intilma kuch vazifasini bajarib, zaryadning harakat trayektoriyasini egrilaydi.

Sinov savollari

1. Magnit maydon harakatsiz zaryadga ta’sir ko‘rsatadimi? Harakatdagi zaryadga-chi? 2. Lorens kuchi nima haqida? 3. Lorens kuchi. 4. Lorens kuchining yo‘nalishi qanday aniqlanadi? 5. Zaryadning ishorasi o‘zgarsa, Lorens kuchining yo‘nalishi o‘zgaradimi? 6. Nima uchun Lorens kuchi harakatsiz zaryadga ta’sir ko‘rsatmaydi? 7. Agar zaryad magnit induksiya vektori bo‘ylab harakatlansa, Lorens kuchi ta’sir qiladimi? 8. Lorens kuchi ta’sirida zaryadning kinetik energiyasi o‘zgaradimi? 9. Lorens kuchi ish bajaradimi? 10. Lorens kuchi ta’sirida zaryadning harakatida qanday o‘zgarish ro‘y beradi?

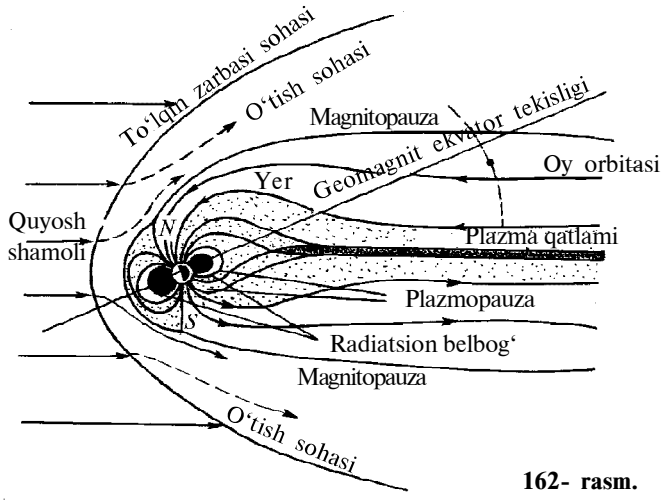
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

100- §. Yerning magnitosferasi va uning quyosh shamoli bilan o‘zaro ta’siri

M a z m u n i : magnitosfera; quyosh shamoli; quyosh shamolining Yerga ta’siri.

Magnitosfera. Magnitosfera deb — Yerning xususiy magnit maydoni bilan aniqlanuvchi yer atrofidagi ma’lum fazoga aytilib, uning xossalari, o‘lchamlari va shakli quyoshdan keluvchi zaryadlangan zarralar oqimi, ya’ni quyosh shamoli bilan o‘zaro ta’siri asosida aniqlanadi. Magnitosfera — sfera ko‘rinishiga ega bo‘lmay, quyoshga qarama-qarshi tomoni qattiq cho‘zilgan bo‘ladi. Quyosh tomondagi yer magnit maydoni quyosh shamoli tarkibidagi plazma oqimi tomonidan qisilsa, unga qarama-qarshi tomondagi magnit maydon kuch chiziqlari dumga o‘xshab cho‘zilib ketadi (162- rasm). Dumning diametri Yerning radiusidan qirq marta katta bo‘lishi mumkin.

Quyosh shamoli. Quyosh shamoli — quyosh tojining sayyoralararo bo‘shliqdagi plazmadan iborat doimiy radial oqimidir. Uning tarkibi, asosan, protonlardan iborat bo‘lib, oz miqdorda geliy yadrosi, kislorod, kremniy, oltingugurt, temir ionlari mavjud. Ular Yer orbitasiga juda katta tezliklar bilan yetib kelishadi. Masalan, protonlarning tezligi 300—750 km/s ni tashkil qiladi. Yer atrofida quyosh shamoli zarralarining Yer geomagnit maydoni bilan to‘qnashuvlari yer magnitosferasi oldidan statsionar zarba to‘lqini frontini vujudga keltiradi. Natijada quyosh shamoli magnitosfera sirtidan go‘yoki oqib o‘tadi.



162- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Quyosh shamolining yerga ta'siri. Umuman olganda magnitosfera quyosh shamolini Yerga qariyb o'tkazmaydi. Quyosh shamolining asosiy qismi Yerdan o'n radius atrofidagi masofada joylashgan magnitopauzani aylanib o'tadi. Uni yorib kirgan yuzlab keV energiyali zarralarni esa magnit tuzoqlari, ya'ni magnitosferaning magnit maydoni tutib qoladi. Bu zarralar Yerning radiatsion belbog'ini tashkil qiladi. Shu bilan birga Yer magnit maydonining qutblarida yorug' (shaffof joy) mavjud bo'lib, unga quyosh shamolining zarralari kirishi mumkin. Bu zarralar qutb yog'dusini vujudga keltiradi.

Quyoshdagi chaqnashlar natijasida quyosh shamoli intensivligining o'zgarishi magnitosferadagi bo'ronlarni vujudga keltiradi. Natijada qutb yog'dusining kuchayishi, radiatsion belbog'da zarralar oqimining ortishi va Yer magnit maydonining o'zgarishi ro'y beradi.

Kosmik apparatlar yordamida o'rganish bir qancha boshqa sayyoralar: Merkuriy, Yupiter, Saturn, Veneralarda ham magnitosfera mavjudligini ko'rsatdi.



Sinov savollari

1. Magnitosfera deb nimaga aytiladi? 2. Magnitosferaning o'lchamlari va xossalari qanday aniqlanadi? 3. Magnitosfera qanday ko'rinishga ega? 4. Nima uchun magnitosferaning quyoshga qarama-qarshi tomoni cho'zilgan bo'ladi? 5. Quyosh shamoli nima? 6. Quyosh shamolining tarkibi. 7. Quyosh shamoli tarkibidagi protonlarning tezliklari nimaga teng? 8. Quyosh shamolini magnitosfera sirtidan oqib o'tishga nima majbur qiladi? 9. Quyosh shamoli Yerga o'tadimi? 10. Quyosh shamoli qanday qatlamni aylanib o'tadi? 11. Magnitopauzadan o'tgan zarralarni nima tutib qoladi? 12. Quyosh shamolining biror qismi yerga yetib keladimi? 13. Qutb yog'dusi qanday vujudga keladi? 14. Quyoshdagi chaqnashlar Yerda qanday o'zgarishlarni vujudga keltirishi mumkin? 15. Boshqa sayyoralarda ham magnitosfera qatlami mavjudmi?



101- §. Dia-, para- va ferromagnetiklarning tabiati

M a z m u n i : diamagnetiklar; paramagnetiklar; ferromagnetiklar; domenlar nazariyasi; Kyuri nuqtasi; gisterezis.

Diamagnetiklar. Diamagnetiklarning ko'pchilik atomlari xususiy magnit momentlariga ega bo'lmay, ularning magnit momentlari tashqi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

maydon ta'sirida vujudga keltiriladi. Bu jarayon qutblanmagan dielektriklarda elektr momenti vujudga kelish jarayoniga o'xshaydi. Vujudga keladigan magnit maydon induksiyasi tashqi maydon $\vec{B}_0$ ga proporsional ekanligini hisobga olib, yozish mumkin (dielektrikka o'xshatib):

$$\vec{B} = \mu \vec{B}_0,$$

bu yerda, diamagnetiklar uchun $\mu < 1$, chunki tashqi maydon ta'sirida vujudga kelgan mikrotokning magnit momenti tashqi maydonni kuchsizlantirish tomonga yo'nalgan bo'ladi.

Diamagnetikning xususiyatlari temperaturaga bog'liq emas, chunki atomlarning issiqlik harakatlari atom ichida vujudga kelgan toklarning yo'nalishlarini buza olmaydi. Diamagnetik effekt barcha moddalarga xos xususiyatdir. Diamagnetiklarning tipik vakillari sifatida suv, marmar, oltin, mis, simob va inert gazlarni keltirish mumkin.

Paramagnetiklar. Paramagnetiklarning molekulalari noldan farqli xususiy magnit momentlariga ega. Magnit maydon bo'lmaganda bu momentlar betartib joylashgan bo'lib, jismning magnitlanish vektori nolga teng bo'ladi.

Paramagnetik tashqi maydonga kiritilganda alohida atomlar va molekulalarning magnit momentlari maydon bo'ylab joylashib qoladi. Natijada paramagnetiklarning xususiy maydoni tashqi magnit maydonini kuchaytiradi, ya'ni tashqi magnit maydonning kuchayishi ro'y beradi ($\mu > 1$).

Paramagnetiklarning magnitlanishi temperaturaga bog'liq bo'ladi va temperatura ortishi bilan magnit singdiruvchanligi yomonlashadi. Bunga sabab, issiqlik betartib harakati natijasida atom va molekulalar magnit momentlarining tashqi maydon ta'sirida egallagan o'zaro joylashuvlarining buzilishidir.

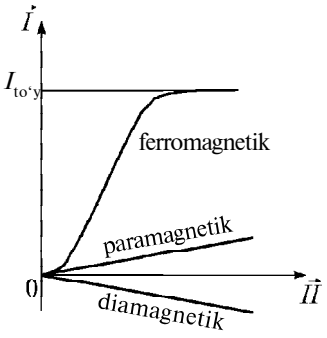
Paramagnetiklarning magnit singdiruvchanligi, diamagnetiklarniki kabi tashqi magnit maydon induksiyasiga bog'liq emas.

Paramagnetiklarga kislorod, aluminiy, platina va ishqor hosil qiladigan metallar kiradi.

Ferromagnetiklar. Ferromagnetizm — paramagnetizmning chegara holi hisoblanadi. Ferromagnetiklar — kuchli magnetiklar hisoblanib, o'z-o'zidan magnitlanib qolishi mumkin. Hattoki tashqi magnit maydon bo'lmaganda ham ular magnitlanish qobiliyatiga ega bo'ladilar. Ularning yana bir alohida xususiyatlari magnitlanishlarining tashqi maydonga bog'liqligining murakkab xarakterga ega ekanligidir (163- rasm).

Agar diamagnetik va paramagnetiklar uchun magnitlanishning tashqi maydon kuchlanganligiga bog'liqligi chiziqli bo'lsa, ferromag-

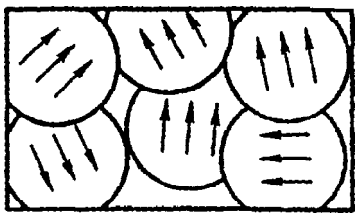
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



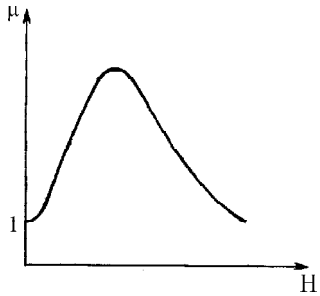
163- rasm.

netiklar uchun ancha murakkabdir. Dastlab magnitlanish tez ortadi, so‘ngra esa sekinlashib ma’lum qiymatga ega bo‘lgandan so‘ng o‘zgarmay qoladi. Magnitlanishning bu qiymatiga to‘yinish qiymati deyiladi. Bunday bog‘lanishni quyidagicha tushuntirish mumkin. Tashqi maydon kuchayishi bilan molekulalar magnit momentlarining maydon bo‘ylab joylashib qolishi ortadi. Magnit momentlari maydon bo‘ylab joylashmagan molekulalar soni kamaygan sari magnitlanishning o‘sishi ham kamaya boradi va nihoyat barcha magnit momentlari maydon bo‘ylab joylashib bo‘lganidan so‘ng magnitlanishning to‘yingan qiymatiga erishiladi.

Domenlar nazariyasi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, ba’zi ferromagnetiklar tashqi maydon bo‘lish-bo‘lmasligidan qat’iy nazar, o‘z-o‘zidan magnitlanib qolish xususiyatiga ega bo‘ladilar. Bu hodisani tushuntirish uchun fransuz fizigi P.Veys (1865—1940) **domenlar** nazariyasini olg‘a surdi. Ushbu nazariyaga muvofiq, ferromagnit — juda ko‘p miqdordagi kichik mikroskopik sohalar — domenlarga ajratilib, ular o‘z-o‘zidan magnitlanadilar (164- rasm). Tashqi magnit maydon bo‘lmaganda domenlarning magnit momentlari ham betartib joylashgan bo‘lib, bir-birlarini yo‘qotadilar. Tashqi maydonga kiritilganda esa maydon alohida atom va molekulalarni emas, balki domenlarni maydon bo‘ylab yo‘naltiradi. Aynan shu sababli maydon kuchlanganligi ortishi bilan magnitlanish juda tez ortadi (163- rasm). Domenlar o‘z-o‘zidan maydon bo‘ylab joylashib qolishi mumkin.



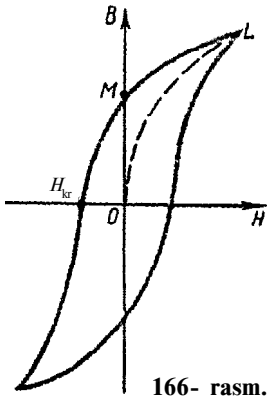
164- rasm.



165- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Diamagnetiklardan va paramagnetiklardan farqli ravishda ferromagnetiklarning magnit singdiruvchanligi tashqi maydon kuchlanganligiga bog‘liqdir (165- rasm).



166- rasm.

Ferromagnetiklarning magnit kirituvchanligi ancha katta bo‘ladi. Masalan, temir uchun $\mu = 5000$, supermalloy qotishmasi uchun $\mu = 800000$ va hokazo. Ferromagnetizm hodisasi birinchi bo‘lib temirda o‘rganilgan. Ferromagnetizm atamasining kelib chiqishi ham shundan.

Kyuri nuqtasi. Ferromagnetiklar yana bir ajoyib xususiyatga egadirlar. Har bir ferromagnetik uchun Kyuri nuqtasi deb ataluvchi ma’lum temperatura mavjud bo‘lib shu temperaturadan boshlab u o‘zining magnit xususiyatlarini yo‘qotadi. Kyuri nuqtasidan yuqoriroq temperaturadagi ferromagnetiklar paramagnetiklarga aylanadi. Temir uchun Kyuri nuqtasi 1043 K, kobalt uchun 1393 K, nikel uchun 631 K.

Gisterezis. Biz yuqorida ferromagnetiklarning magnit singdiruvchanligi μ tashqi maydon kuchlanganligi H ga bog‘liqligini ko‘rdik. Endi magnit induksiyasi B va H orasidagi bog‘lanishni ko‘raylik. Magnitlanishda ferromagnetik ichidagi magnit maydoni O dan H ning ma’lum qiymatigacha ortib boradi (166- rasm). Ferromagnetikdagi induksiya qiymatining o‘zgarishi OL chiziq bilan xarakterlanadi. Agar H kamaysa, induksiyaning kamayishi LM chiziq bilan ifodalanadi. $H = 0$ bo‘lganda ham induksiya noldan farqli bo‘ladi. Qoldiq magnitlanishni yo‘qotish uchun esa oldingisiga teskari yo‘nalishda maydon qo‘yish kerak bo‘ladi. Maydon kuchlanganligining $B = 0$ dagi qiymati tutuvchi yoki koersitiv kuch H_{kr} deyiladi. Maydon o‘zgarishi bilan induksiya ham 166- rasmda ko‘rsatilgandek o‘zgaradi. Hosil bo‘lgan chiziqqa gisterezis deyiladi. Koersitiv kuchlarning qiymatiga qarab ferromagnetiklar yumshoq va qattiq ferromagnetiklarga bo‘linadi.

Yumshoq ferromagnetiklar uchun gisterezis sirtmog‘i ingichka va koersitiv kuchlarning qiymati kichik bo‘ladi. Ularga temir, permallay va boshqalar misol bo‘ladi. Yumshoq ferromagnetiklardan transformator, generator, elektrodvigatellarning o‘zaklari yasaladi.

Qattiq ferromagnetiklar uchun gisterezis sirtmog‘i keng va koersitiv kuchlarning qiymatlari ham katta bo‘ladi.

Shuni ta’kidlash lozimki, gisterezis sirtmog‘ining yuzasi ferromagnetikni magnitlash uchun bajarish kerak bo‘lgan ishni xarakterlaydi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Qattiq ferromagnetiklarga po‘lat va uning qotishmalari kirib, odatda ulardan doimiy magnetiklar tayyorlashadi.

Quyida ba’zi moddalarning magnit singdiruvchanligini keltiramiz.

10- jadval

Paramagnetiklar	μ	Diamagnetiklar	μ
Azot (gaz)	1,00013	Vodorod (gaz)	0,999937
Havo (gaz)	1,000038	Suv	0,999991
Kislorod (gaz)	1,000017	Shisha	0,999987
Kislorod (suyuq)	1,0034	Rux	0,999991
Ebonit	1,000014	Kumush	0,999981
Aluminiy	1,000023	Oltin	0,999963
Volfram	1,000253	Mis	0,999912
Platina	1,000253	Vismut	0,999824



Sinov savollari

1. Diamagnetiklar deb qanday moddalarga aytiladi? 2. Diamagnetiklarning atomlari xususiy magnit momentlariga egami? 3. Atomlarning xususiy magnit momentlari qanday vujudga keladi? 4. Vujudga keladigan magnit maydon induksiyasi nimaga teng? 5. Diamagnetikda tashqi maydon ta’sirida vujudga keladigan mikrotoklarning magnit momenti tashqi maydonni qanday o‘zgartiradi? 6. Diamagnetikning xususiyatlari temperaturaga bog‘liqmi? 7. Diamagnetiklarga misollar keltiring. 8. Paramagnetiklarning molekulalari xususiy magnit momentiga egami? 9. Tashqi maydon paramagnetiklarga qanday ta’sir ko‘rsatadi? 10. Paramagnetiklarning xususiy maydoni tashqi maydonni qanday o‘zgartiradi? 11. Paramagnetiklarning magnitlanishi temperaturaga bog‘liqmi ? Bunga sabab nima? 12. Paramagnetiklarning magnit singdiruvchanligi tashqi maydon induksiyasiga bog‘liqmi? 13. Paramagnetiklarga misollar keltiring. 14. Ferromagnetiklarning alohida xossalarini ayting. 15. Ferromagnetiklar magnitlanishi tashqi maydonga bog‘liqmi? 16. Magnitlanishning to‘yinish qiymati deb qanday qiymatga aytiladi? 17. Domenlar nazariyasi nimani tushuntirish maqsadida kiritilgan? 18. Domenlar deb nimaga aytiladi? 19. Tashqi maydon domenlarga qanday ta’sir ko‘rsatadi? 20. Ferromagnetiklarga misollar keltiring. 21. Kyuri nuqtasi deb qanday haroratga aytiladi? 22. Kyuri nuqtasiga misollar keltiring. 23. Gisterezis chizig‘i deb qanday chiziqqa aytiladi? 24. Koersitiv kuchlar deb qanday kuchlarga aytiladi? 25. Gisterezis sirtmog‘i barcha ferromagnetiklar uchun bir xilmi? 26. Gisterezis sirtmog‘ining yuzasi nimani ko‘rsatadi?

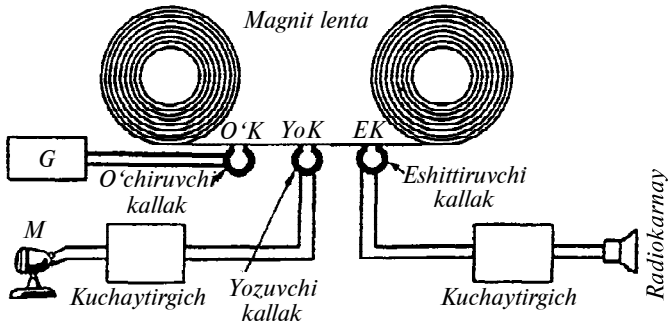
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

102- §. Axborotlarni magnit usulida yozish. EHMning magnit xotirasi. Magnit disklari va ularning qo‘llanilishi

M a z m u n i : axborotlarni magnit usulida yozish; EHM ning magnit xotirasi; magnit disklari va ularning qo‘llanilishi.

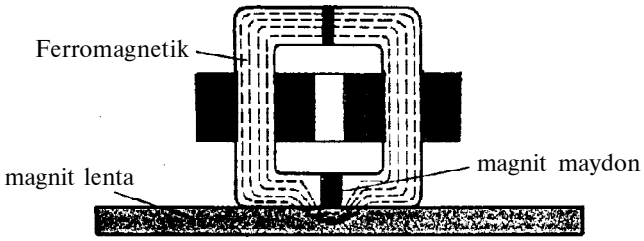
Axborotlarni magnit usulida yozish. Ma’lumotlarni saqlash va uzatish muhim ahamiyatga egadir. Ayniqsa tovushni va tasvirni yozib olish, so‘ngra esa qayta eshitish va ko‘rish bugungi turmush tarzimizning ajralmas bir qismi bo‘lib qolgan. Bularning hammasi qanday qilib amalga oshiriladi. Yozib olish magnit lentalari yoki disklaridagi magnit tayoqchalarining tashqi maydon ta’sirida ma’lum tartibda joylashib qolishiga asoslangan. Eshitish, ko‘rish yoki o‘qish uchun esa ular yana qaytadan maxsus vositaga ta’sir ko‘rsatadi va o‘sha magnit tayoqchalarining joylashuviga xos bo‘lgan signallar qayta tiklanadi. Bu jarayonni yaxshiroq tasavvur qilish maqsadida magnitofonning ish prinsi pi bilan tanishaylik (167-rasm). Tovush to‘lqinlari mikrofonda elektr tebranishlariga aylantiriladi va kerakli darajagacha kuchaytirilib yozish kallagi (YoK) deyiluvchi elektromagnitga uzatiladi. Elektromagnitdan (YoK dan) o‘tgan tok uning atrofida tovush to‘lqinlariga xos bo‘lgan magnit maydonini hosil qiladi. Bu magnit maydoni esa YoK yonidan o‘tayotgan magnit lentasidagi magnit tayoqchalarini ma’lum yo‘nalishda joylashtirib qo‘yadi. Bu jarayon 168-rasmda ko‘rsatilgan. Magnitofon dvigateli yordamida harakatlanayotgan magnit lentasi elektromagnit yonidan o‘tmoqda.

Tovushni qayta eshittirishda teskari jarayon yuz beradi: magnitlangan lenta eshittiruvchi kallak (EK) yonidan o‘tib, unda elektr



167- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



168- rasm.

signallarini hosil qiladi. Ular esa kuchaytirilib, tovush to‘lqinlariga aylantiriladi va eshittiriladi.

Magnit lentasi polixlorvinil yoki boshqa moddalardan ishlangan yumshoq asosdan iborat. Unga magnitlanadigan ishchi qatlam surkaladi. Bu qatlam ferromagnit moddalardan juda mayda ninachalar (magnit tayoqchalari) tarzida ishlangan zarralardan va ularni bog‘lovchi moddadan iborat bo‘ladi.

Ma’lumotlarni yozishning barcha usullari yuqorida bayon qilingan prinsipga asosan ishlaydi. Faqatgina qo‘yilgan maqsadga va fan yutuqlarining qaysi darajadagi natijalaridan foydalanilishiga qarab ularning sifati, imkoniyatlari ham turlicha bo‘ladi.

EHMning magnit xotirasi. Dastlabki avlod elektron hisoblash mashinalari (EHM) ning xotirasi ham xuddi magnitofonnikiga o‘xshash magnit lentalaridan iborat bo‘lgan. Lekin bu usulda kerakli ma’lumotni topishga ko‘p vaqt sarflanishi, lentali kassetalarning katta hajmga va kichik xotiraga egaligi, ulardagi ma’lumotlarni daxlsiz saqlash ancha qiyinligi tufayli ma’lumot saqlashning yangi usullarini izlash zarurati tug‘ildi. Hozir EHMning xotirasi sifatida magnit disklaridan foydalaniladi. Odatda, kompyuterlarning ishchi xotirasi ikki qismdan iborat bo‘ladi. Birinchi qism bevosita ishlash uchun foydalanilsa, ikkinchi qism xotira vazifasini o‘taydi. Dastlabki kompyuterlarning ishchi xotirasi 1 Mbayt bo‘lgan. (Bayt — axborot o‘lchami:1 kbayt 1024 baytga, 1 Mbayt 1024 kbaytga teng). Hozirgi paytda murakkab ishlar uchun 64 MB, 128 MB va undan ham kattaroq xotiralarga ega kompyuterlardan foydalaniladi.

Magnit disklari va ularning qo‘llanilishi. Magnit disklaridan kompyuterlarning ishchi xotirasi sifatida foydalanishdan tashqari, ma’lumotlarni bir kompyuterdan ikkinchisiga o‘tkazish va ma’lumotlarni saqlash uchun ham foydalaniladi. U go‘yoki kompyuterning qo‘shimcha xotirasi sifatida ham xizmat qiladi. Asosan 5,25 va 3,5 duymli disklardan foydalaniladi. 5.25 (133 mm) duymli disketalar maxsus o‘qish

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

qurilmasida o‘qiladi va shuning uchun keng tarqalmagan. Hozirgi paytda 3,5 duymli (89 mm) disketalar keng tarqalgan bo‘lib, ularning hajmi 0.72, 1.44, 2 va 2.88 Mbayt bo‘ladi. 360 Kbaytli disk 2 intervalda bosilgan 200 betli ma’lumotni saqlashi mumkin.

Programmalarning kundan-kunga murakkablashishi va hajmi oshishi bilan ularni saqlash uchun maxsus disklarni yaratish zarurati tug‘ildi. Shuning uchun ham lazerli SD-ROM disklari yaratildi. Hozirgi paytda eng ko‘p qo‘llaniladigan disklar 2,5 duymli va hajmi 1 Gbayt bo‘lgan disklardir.



Sinov savollari

1. Tovush va tasvirni yozib olishning nima ahamiyati bor? 2. Tovush va tasvir nimada yozib olinadi? 3. Magnit lentalari yoki disklari qanday tuzilgan? 4. Tashqi maydon magnit tayoqchalariga qanday ta’sir ko‘rsatadi? 5.O‘qish jarayoni qanday kechadi? 6.Magnitofonning ish prinsipini tushuntiring. 7. Elektromagnetikning vazifasi nimadan iborat? 8. Yozuvchi kallakda qanday jarayon ro‘y beradi? 9. Eshittiruvchi kallakda-chi? 10. Dastlabki EHM ning xotiralari qanday bo‘lgan? 11. Magnit lentasidan xotira sifatida foydalanishning qanday noqulayliklari mavjud? 12. Hozirgi EHM ning xotiralari nimalardan iborat? 13. Hozirgi paytda qanday xotirali kompyuterlardan foydalaniladi? 14. Magnit disklari nima uchun kerak? 15. Zamonaviy disklarning xotirasi qancha?



Masala yechish namunalari

1 - m a s a l a . Ikkita cheksiz uzun, to‘g‘ri, parallel o‘tkazgichlardan qarama-qarshi yo‘nalishlarda 50 A va 100 A tok oqadi. Agar o‘tkazgichlar orasidagi masofa 20 sm bo‘lsa, birinchisidan 25 sm, ikkinchisidan 40 sm masofada joylashgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi aniqlansin.

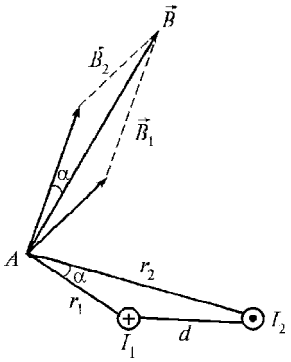
Berilgan:

$I_1 = 50$ A;
$I_2 = 100$ A;
$d = 20$ sm $= 0{,}2$ m;
$r_1 = 25$ sm $= 0{,}25$ m;
$r_2 = 40$ sm $= 0{,}4$ m.

$B = ?$

Yechish: A nuqtadagi magnit maydon induksiyasi $\vec{B}$, superpozitsiya prinsipiga muvofiq I_1 va I_2 toklar hosil qilayotgan $\vec{B}_1$ va $\vec{B}_2$ vektorlarning yig‘indisiga teng (169- rasm).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



169- rasm.

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

yoki $\vec{B}$ ning moduli uchun

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 - 2B_1B_2 \cdot \cos\alpha}\ .$$

Bu yerda: $B_1 = \frac{\mu_0\mu}{2\pi}\frac{I_1}{r_1}$ va $B_2 = \frac{\mu_0\mu}{2\pi}\frac{I_2}{r_2}$,

α burchakni esa kosinuslar teoremasi

$$d^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos\alpha$$

dan topamiz:

$$\cos\alpha = \frac{1}{2r_1r_2}\left(r_1^2 + r_2^2 - d^2\right).$$

Topilganlar asosida B ni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$B = \frac{\beta\mu_0\mu}{2\pi}\sqrt{\frac{I_1^2}{r_1^2} + \frac{I_2^2}{r_2^2} - \frac{I_1I_2}{r_1^2 \cdot r_2^2}\left(r_1^2 + r_2^2 - d^2\right)}\ .$$

Kattaliklarning qiymatlari yordamida ($\mu = 1$) B ni topamiz.

$$B = \frac{4\cdot3{,}14\cdot10-7}{2\cdot3{,}14}\sqrt{\left(\frac{50}{0{,}25}\right)^2 + \left(\frac{100}{0{,}4}\right)^2 - \frac{50\cdot100}{(2{,}25)^2\cdot(0{,}4)^2}\left[(0{,}25)^2 + (0{,}4)^2 - (0{,}2)^2\right]} =$$
$$= 21{,}2\cdot10^{-6}\,\text{T} = 21{,}2\,\mu\text{T}\ .$$

Javob: $B = 21{,}2\ \mu\text{T}$

2- masala. Induksiyasi 0,2 T bo‘lgan magnit maydondagi elektronning aylanma orbita bo‘ylab aylanish chastotasi aniqlansin.

Berilgan:

$B = 0{,}2$ T.

———————

$n = ?$

Yechish: elektronning aylanma orbita bo‘ylab aylanish chastotasi quyidagicha aniqlanadi:

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

Elektronning o‘zgarmas chastota bilan harakat tezligini topish uchun unga ta’sir etuvchi kuchlarning tengligidan foydalanamiz. Magnit maydonda harakatlanayotgan elektronga

$$F_L = q_e \cdot \upsilon \cdot B \cdot \sin\alpha$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Lorens kuchi va aylanma harakat qilayotganligi uchun $F_{m.i}=\frac{m_e\upsilon^2}{R}$. kuchlar ta'sir qiladi. Shartga binoan $F_L = F_{m.i.}$, ya'ni

$$q_e \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha = \frac{m_e v^2}{R}.$$

Agar mazkur holda $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\sin\alpha = 1$ ligini e'tiborga olsak va elektronning tezligini topsak: $\upsilon=\frac{q_e \cdot B \cdot R}{m_e}$.

Tezlikning bu ifodasidan foydalanib, elektronning aylanish chastotasi uchun topamiz: $n = \frac{q_e \cdot B}{2\pi \cdot m_e}$.

Kattaliklarning qiymatlarini qo'yib ($q_e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg), quyidagini topamiz:

$$n = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}2}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 9{,}1 \cdot 10^{-31}}\,\text{Hz} = 5{,}6 \cdot 10^9\,\text{Hz}.$$

J a v o b: $n = 5{,}6 \cdot 10^9$ Hz.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Maydonning vakuumdagi magnit induksiyasi 10 mT bo'lsa, magnit maydon kuchlanganligi aniqlansin. ($H = 7{,}96$ kN/m.)
2. 10 A tok oqayotgan ingichka halqa markazidagi magnit induksiyasi topilsin. Halqaning radiusi 5 sm. ($B = 126$ μT.)
3. Elektron, 0,02 T induksiyali magnit maydonda 10 sm radiusli aylana bo'ylab harakatlanmoqda. Elektronning kinetik energiyasi aniqlansin. ($E_k = 0{,}35$ meV.)
4. Uzunligi 8 sm bo'lgan o'tkazgichdan 50 A tok oqmoqda. U magnit induksiyasi 20 mT bo'lgan bir jinsli magnit maydonda turibdi. O'tkazgich, maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar ravishda 10 sm siljiganda bajarilgan ishni toping. ($A = 8$ mJ.)

Test savollari

1. Tokli o'tkazgichlarning bir-biriga o'zaro ta'sir kuchi... kuchlar deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

A. Elektr. B. Magnit. C. Gravitatsion. D. Yaqindan ta'sir qiluvchi E. Zaif.

2. Berilgan ifodalardan magnit maydon kuchlanganligi va uning SI sistemasidagi birligini toping:

A. $\vec{H}=\frac{\vec{B}_0}{\mu_0}$; $1\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{m}}$. B. $H=\frac{M_0}{B_0}$; $1\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{T}}$. C. $H=\frac{B_0}{\mu_0}$; $1\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{m}}$.

D. $H=\frac{B}{\mu\cdot\mu_0}$; $1\frac{\mathrm{T}}{\mathrm{m}}$. E. To'g'ri javob yo'q.

3. Berilgan ifodalar orasidan Amper va Lorens kuchi formulalarini toping:

1. $F=qelv\sin\alpha$. 2. $F=B\cdot I\cdot\Delta l\cdot\sin\alpha$. 3. $F=qE$. 4. $F=mg$. 5. $F=Q\cdot v\cdot B\sin\alpha$. 6. $F=BI\Delta l\cdot\cos\alpha$.

A. 1,2. **B**. 3,4. **C**. 5,6. **D**. 1,3. **E**. 2,5.

Asosiy xulosalar

Tokli o'tkazgich atrofida magnit maydon hosil bo'ladi.

Tabiatda magnit zaryadi mavjud emas.

$B=\frac{M_m}{P_m}$ kattalik maydonning shu nuqtasini xarakterlovchi kattalik bo'lib, unga *magnit induksiyasi* deyiladi. Uning SI dagi birligi 1T.

Muhitning magnit singdiruvchanligi $\mu = B/B_0$ kabi aniqlanadi.

Bio—Sarvar—Laplas qonuni: $\Delta B=\frac{\mu_0\mu}{4\pi}\frac{I\Delta l\cdot\sin\alpha}{r^2}$.

Magnit induksiyavektori uchun *superpozitsiya prinsipi:*

$$\vec{B}=\vec{B}_1+\vec{B}_2+\ldots+\vec{B}_n.$$

Aylanma tokning magnit maydoni: $B=\frac{\mu_0\mu I}{2r}$.

To'g'ri o'tkazgichning magnit maydoni: $B=\mu_0\mu I/2\pi R$.

Solenoid yoki toroidning magnit maydoni: $B=\mu_0\mu In$.

Amper qonuni: $F=B\cdot I\cdot\Delta l\cdot\sin\alpha$. *Magnit doimiysi:* $\mu_0=4\pi\cdot10^{-7}\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}$.

Magnit oqimi: $\Delta F=B_n\cdot\Delta S=B\cdot\Delta S\cdot\cos\alpha$.

Tokli o'tkazgichni magnit maydonda ko'chirishda bajarilgan ish $\Delta A=I\cdot B\cdot\Delta S=I\cdot\Delta F$. *Lorens kuchi:* $F_L=Q\cdot v\cdot B\cdot\sin\alpha$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

XVI BOB. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA



M.Faradey
(1791 — 1867)

Oldingi bobda, elektr toki o‘z atrofida magnit maydon hosil qilishini o‘rgandik. Agar shunday ekan, uning teskarisi, ya’ni magnit maydoni elektr tokini vujudga keltira olmaydimi, degan savol tug‘iladi. Olimlar uzoq vaqt bu savolga javob izlashgan va nihoyat, 1831-yilda ingliz fizigi M.Faradey magnit maydon yordamida elektr toki vujudga kelishini tajribalar yordamida ko‘rsatdi. Bu hodisaga elektromagnit induksiya hodisasi, vujudga kelgan tokka esa induksion tok deyiladi.

Elektromagnit induksiya hodisasining kashf qilinishi ulkan ahamiyat kasb etib, magnit maydon yordamida elektr toki hosil qilish mumkinligini isbotladi. Bu bilan elektr va magnit hodisalari o‘rtasida o‘zaro bog‘lanish mavjudligi ko‘rsatilib, elektromagnit maydon nazariyasi yaratilishiga turtki bo‘ldi.

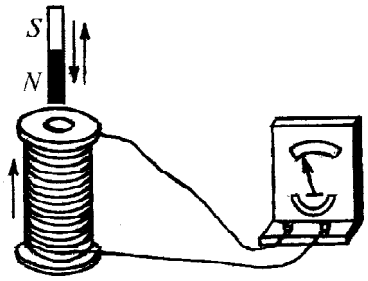
103- §. Elektromagnit induksiya hodisasi. Faradey tajribalari

M a z m u n i: elektromagnit induksiya hodisasi, Faradey tajribalari, Faradey qonuni, Lens qoidasi, induksiya EYKining tabiati.

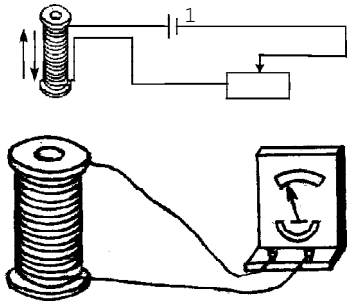
Elektromagnit induksiya hodisasi. Elektromagnit induksiya hodisasining asosiy g‘oyasi quyidagilardan iborat: **yopiq konturni o‘rab turgan magnit maydon induksiyasining oqimi o‘zgarsa, konturda elektr toki vujudga keladi.** Bu tokka induksion tok deyiladi.

Faradey tajribalari. Agar galvanometrga ulangan solenoidning ichiga o‘zgarmas magnit kiritib chiqarilsa, u kirayotgan va chiqayotgan paytda galvanometr strelkasining og‘ishi, ya’ni induksion tokning vujudga kelishi kuzatiladi (170- rasm). Magnit qancha tez harakatlansa, galvanometr strelkasining og‘ishi ham shuncha katta bo‘ladi. Agar magnitning qutblari almashtirilib harakatlantirilsa, strelkaning og‘ishi ham teskari tomonga o‘zgaradi. Tajriba magnitni mahkamlab, g‘altakni esa harakatga keltirib bajarilganda ham galvanometr induksion tok hosil bo‘lishini ko‘rsatadi (171- rasm).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



170- rasm.



171- rasm.

Faradey qonuni. Faradey o‘zining ko‘plab tajribalari asosida kontur ergashtiruvchi magnit induksiya oqimining o‘zgarishi albatta induksion tokni vujudga keltiradi, degan xulosaga keldi. Induksion tokning qiymati esa magnit induksiya oqimining o‘zgarish usuliga emas, balki uning o‘zgarish tezligiga bog‘liqdir. Agar zanjirda induksion tok vujudga kelsa, demak, bu elektr yurituvchi kuch mavjudligini ko‘rsatadi. Bu EYK ga induksiya elektr yurituvchi kuchi deyiladi. Tajriba natijalarini tahlil qilgan Faradey induksiya EYK va magnit oqimining o‘zgarishi orasidagi munosabatni aniqladi. **Elektromagnit induksiya uchun Faradey qonuni: yopiq, o‘tkazuvchi kontur o‘rab turgan magnit induksiya oqimining o‘zgarish sababi qanday bo‘lishidan qat’iy nazar, vujudga keladigan EYK quyidagicha aniqlanadi:**

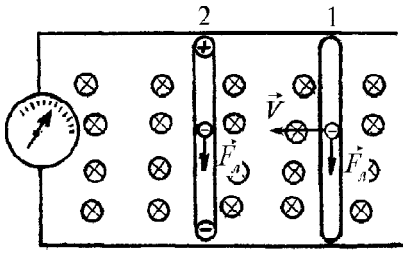
$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} \ . \qquad (103.1)$$

Tenglik oldidagi manfiy ishora quyidagilarni ko‘rsatadi: induksiya oqimining ortishi $\frac{d\Phi}{dt} > 0$, $\mathcal{E}_i < 0$ EYK ni vujudga keltiradi, ya’ni vujudga kelgan induksion tokning magnit maydoni kontur orqali magnit oqimini kamaytiradi. Induksiya oqimining kamayishi $\frac{d\Phi}{dt} < 0, \mathcal{E}_i > 0$ EYK ni vujudga keltiradi, ya’ni induksion tokning magnit maydoni kontur orqali magnit oqimining kamayishiga to‘sqinlik qiladi.

Lens qoidasi. (103.1) ifodadagi minus ishora 1833- yilda rus fizigi E. Lens (1804 — 1865) tomonidan yaratilgan induksion tokning yo‘nalishini aniqlashga imkon beruvchi qoidaning matematik ifodasidir.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Lens qoidasi: **konturda vujudga keladigan induksion tok shunday yo‘nalishga egaki, uning magnit maydoni, shu induksion tokni vujudga keltirgan magnit oqimining o‘zgarishiga to‘sqinlik qiladi. Lens qoidasidan foydalanib, *Faradey qonunini quyidagicha yozish mumkin:* konturda vujudga keladigan induksion elektr yurituvchi kuch — kontur o‘rab turgan sirt orqali o‘tadigan magnit oqimining o‘zgarish tezligiga miqdoran teng, ishorasi esa qarama-qarshidir.**



172- rasm.

Induksiya EYK magnit oqimining o‘zgarish usuliga bog‘liq emas.

Induksiya EYK ning tabiati. Endi EYK ning vujudga kelish tabiati bilan qiziqaylik. Buning uchun 172- rasmda ko‘rsatilgandek, tajribani o‘tkazamiz. Bir qismi harakatga kelishi mumkin bo‘lgan kontur magnit maydonga kiritilgan. Bir jinsli magnit maydon induksiya vektori bizdan rasm tekisligiga qarab perpendikular yo‘nalgan bo‘lsin. Harakatlanuvchi qism ichidagi elektronlarga Lorens kuchi ta’sir etadi. Harakatlanuvchi qismning o‘rni 1 dan 2 ga o‘zgarganda, kontur o‘rab turgan magnit oqimi ham o‘zgaradi. Harakatlanuvchi qism ichidagi elektronlarga ta’sir qilgan Lorens kuchi ularni harakatga keltirib, induksiya EYK ni vujudga keltiradi.

Elektromagnit induksiya uchun Faradey qonuniga muvofiq, harakatsiz kontur o‘zgaruvchan magnit maydonda turganida ham EYK induksiyalanishi mumkin. Lekin bu holda uni Lorens kuchi vujudga keltirgan deya olmaymiz. Chunki Lorens kuchi harakatsiz elektronlarga ta’sir etmaydi. Bu muammoni hal qilish uchun Maksvell magnit maydonning har qanday o‘zgarishi atrofda elektr maydonni va bu elektr maydon esa induksiya elektr yurituvchi kuchini vujudga keltiradi deb tushuntirdi. Chunki elektr maydon harakatsiz elektronlarga ham ta’sir qiladi.

Elektromagnit induksiya EYK voltlarda ifodalanadi.

Sinov savollari

1. Elektromagnit induksiya hodisasi nima maqsadda izlangan? 2. Elektromagnit induksiya hodisasi deb qanday hodisaga aytiladi? 3. Induksion tok deb qanday tokka aytiladi? 4.O‘zgarmas magnit g‘altakka kirib-chiqqanda galvanometrning ko‘rsatishi o‘zgaradimi? 5. O‘zgarmas magnit tinch

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

turib, g‘altak harakatlanganda-chi? 6. Galvanometr strelkasining og‘ishi nimaga bog‘liq? 7. Magnitning qutblari o‘zgartirilsa, strelkaning og‘ishi o‘zgaradimi? 8. Faradey tajribalarini tushuntiring. 9. Faradey xulosasi nimadan iborat? 10. Induksion tokning qiymati nimaga bog‘liq? 11. Induksiya EYK deb qanday EYK ga aytiladi? 12. Elektromagnit induksiya uchun Faradey qonuni. 13. Magnit induksiya oqimining o‘zgarishi induksiya EYK ning ishorasiga qanday ta’sir ko‘rsatadi? 14. Lens qoidasi. 15. Induksiya EYK ning qiymati magnit oqimining o‘zgarish usuliga bog‘liqmi? 16. Induksiya EYK ning vujudga kelish tabiati? 17. Harakatlanuvchi o‘tkazgich ichidagi elektronlarni qanday kuch harakatga keltiradi? 18. Harakatsiz o‘tkazgich ichidagi elektronlarga ham Lorens kuchi ta’sir qiladimi? 19. Maksvellning fikricha, magnit maydonning o‘zgarishi qanday maydonni vujudga keltiradi? 20. Elektromagnit induksiya hodisasining ahamiyati qanday?



104- §. Uyurmali elektr maydon. Uyurmali toklar

M a z m u n i : uyurmali elektr maydon; uyurmali toklar.

Uyurmali elektr maydoni. Oldingi mavzuda ta’kidlanganidek, magnit maydonning o‘zgarishi elektr maydonni vujudga keltiradi. Bunday elektr maydonning kuch chiziqlari biror zaryaddan boshlanib, boshqasida tugamaydi. Ya’ni xuddi magnit maydon kuch chiziqlari kabi ularning boshlanish va tugash joylari yo‘q.

Demak, magnit maydonning o‘zgarishi natijasida vujudga kelgan elektr maydonning kuch chiziqlari yopiq chiziq, bunday elektr maydon esa uyurmali xarakterga egadir.

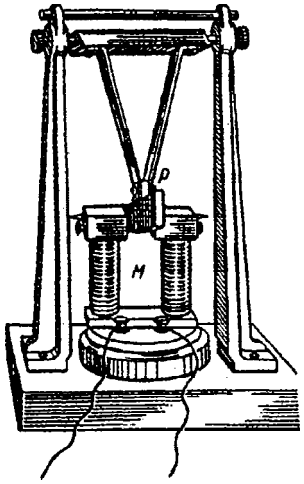
Shunday qilib, o‘zgaruvchi magnit maydonda harakatsiz turgan o‘tkazgichdagi elektronlarni uyurmali elektr maydon harakatga keltirar ekan. Bordi-yu o‘tkazgich bo‘lmaganda uyurmali elektr maydon vujudga kelarmidi? Albatta. Magnit maydonning har qanday o‘zgarishi uyurmali elektr maydonni vujudga keltiradi. Bizning holimizdagi harakatsiz o‘tkazgich esa bu maydonning vujudga kelganini tasdiqlovchi vosita bo‘lib xizmat qiladi, xolos.

Elektrostatik maydondan farqli o‘laroq, uyurmali elektr maydoni potensial maydon emas, ya’ni birlik musbat zaryadni yopiq kontur bo‘ylab ko‘chirishda bajarilgan ish nolga teng bo‘lmay, induksiya EYK ga teng bo‘ladi.

Uyurmali toklar. Induksion tok nafaqat chiziqli o‘tkazgichlarda, balki o‘zgaruvchan magnit maydonda turgan og‘ir yaxlit o‘tkazgichlarda ham vujudga keladi. Bu toklar qalin o‘tkazgichlar ichida yopiq

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

xarakterga ega bo‘lgani uchun ham ularga uyurmali toklar deyiladi. Bu toklarni ba’zan dastlabki o‘rgangan kishi nomi bilan Fuko toklari ham deyishadi. Har qanday induksiyalangan tok kabi, uyurmali toklarning yo‘nalishi ham Lens qoidasiga muvofiq aniqlanadi, ya’ni hosil bo‘lgan uyurmali tokning yo‘nalishi shunday bo‘ladiki, uning magnit maydoni o‘zini vujudga keltirgan magnit oqimining o‘zgarishiga to‘sqinlik qiladi.



173- rasm.

Qarshiligi juda kichik bo‘lgan yaxlit og‘ir mayatnik kuchli elektromagnit maydonda harakatlanayotgan bo‘lsin (173- rasm). Dastlab, elektromagnit ulanmaganda, mayatnik ancha uzoq vaqt tebranib turadi. Elektromagnit manbaga ulanganidan so‘ng esa mayatnik elektromagnitgacha borib keskin tormozlanadi va to‘xtaydi. Bunga sabab mayatnikda tok induksiyalanishidir. Chunki Lens qoidasiga muvofiq bu tokning magnit maydon mayatnikning harakatiga to‘sqinlik qiladi. Agar mayatnikda kesiklar qilinsa, uyurmali toklar kamayadi va mayatnik uncha kuchli tormozlanmaydi.

Uyurmali tokning kuchi magnit maydonda harakatlanadigan metall bo‘lagining shakli, u yasalgan materialning xossalari, magnit oqimining o‘zgarish tezligiga bog‘liq bo‘ladi.

Uyurmali toklarning tormozlovchi ta’siridan elektr o‘lchov asboblari strelkalari tebranishini so‘ndirishda foydalaniladi.

Uyurmali toklar, shuningdek, o‘zgaruvchan magnit maydonda turgan harakatsiz yaxlit o‘tkazgichlarda ham vujudga keladi va ularni kuchli qizdiradi. Uning bu xususiyatidan induksion pechlarni qizdirishda va hattoki metallarni eritishda ham foydalaniladi.

O‘z navbatida bu tokning zararli ta’sirlarini (energiyaning behuda qizishga sarflanishini) kamaytirish maqsadida, generatorlarning yakorlari va transformatorlarning o‘zaklari yaxlit metall emas, balki bir-birlaridan izolator bilan ajratilgan yupqa plastinkalardan yasaladi.

Sinov savollari

1. Magnit maydonning o‘zgarishi natijasida vujudga kelgan elektr maydon kuch chiziqlari qayerdan boshlanib, qayerda tugaydi? 2. Bunday

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

maydon kuch chiziqlari qanday xarakterga ega? 3. Bunday elektr maydonning o‘zi-chi? 4. Harakatsiz o‘tkazgich bo‘lmaganda ham uyurmali elektr maydon bo‘larmidi? 5. Uyurmali elektr maydon potensial maydonmi? 6. Bunday maydonda birlik musbat zaryadni ko‘chirishda bajarilgan ish nimaga teng bo‘ladi? 7. Induksion tok yaxlit o‘tkazgichlarda ham vujudga keladimi? 8. Uyurmali toklar deb qanday toklarga aytiladi? 9. Nima uchun bu toklarga Fuko toklari deyiladi? 10. Uyurmali toklarning yo‘nalishi qanday bo‘ladi? 11. Magnit maydonda harakatlanayotgan magnitning tebranishiga nima to‘sqinlik qiladi? 12. Uyurmali tokning kuchi nimalarga bog‘liq bo‘ladi? 13. Uyurmali toklardan foydalaniladimi? 14. Uyurmali toklarning zararli tomonlari bormi? 15. Uyurmali tokning zararini kamaytirish uchun qanday choralar ko‘riladi?



105- §. Konturning induktivligi. O‘zinduksiya. O‘zaro induksiya

M a z m u n i: induktivlik, induktivlikning birligi, g‘altakning induktivligi, o‘zinduksiya, o‘zaro induksiya.

Induktivlik. O‘tkazuvchi konturdan (elektr zanjiridan) oqayotgan tok kontur atrofida magnit maydon hosil qiladi va bu maydonning magnit oqimi Φ tok kuchi I ga proporsionaldir, ya’ni:

$$\Phi = LI. \qquad (105.1)$$

Bu yerda L — proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, *konturning induktivligi* deyiladi. Induktivlik (lotincha — inductio *uyg‘otmoq*) faqatgina konturni xarakterlovchi kattalik bo‘lib, uning magnit maydoni vujudga keltira olish qobiliyatini ko‘rsatadi va oqadigan tok kuchiga mutlaqo bog‘liq emas. Induktivlik shu ma’noda yakkalangan o‘tkazgichning elektr sig‘imiga o‘xshab ketadi. Agar o‘tkazgichning elektr sig‘imi uning qancha elektr zaryadini o‘zida mujassamlashtirish qobiliyatini xarakterlasa, induktivlik konturdan tok oqqanda, uning magnit maydon hosil qila olish qobiliyatini xarakterlaydi.

Induktivlikning birligi. Induktivlikning SI dagi birligi — genri (H) bo‘lib, amerikalik fizik G. Genri (1797 — 1878) sharafiga shunday nomlangan. (105.1) ifodadan induktivlikni aniqlab olamiz:

$$L = \frac{\Phi}{I}, \qquad (105.2)$$

$$[L] = \frac{[\Phi]}{[I]} = \frac{1\text{Wb}}{1\text{A}} = 1\ \text{H}.$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1 H shunday konturning induktivligiki, undan 1 A tok oqqanda hosil bo‘lgan magnit oqimi 1 Wb ga teng bo‘ladi.

G‘altakning induktivligi. Yuqorida ta’kidlanganidek, induktivlik konturning geometrik shakli va o‘lchamlariga bog‘liqdir. Jumladan, uzunligi l, ko‘ndalang kesim yuzasi S bo‘lgan bo‘shliqda turgan solenoidning induktivligi quyidagiga teng:

$$L_0 = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}. \qquad (105.3)$$

Bu yerda: N — solenoiddagi o‘ramlarning to‘la soni, μ_0 — magnit doimiysi. Agar solenoidning hajmi $V = l \cdot S$ ekanligini e’tiborga olsak va $n = \frac{N}{l}$ — uzunlik birligiga to‘g‘ri keluvchi o‘ramlar soni tushunchasini kiritsak, solenoidning induktivligini quyidagicha yozish mumkin:

$$L_0 = \mu_0 n^2 \cdot V. \qquad (105.4)$$

Agar solenoidga temir o‘zak kiritsak, uning induktivligi bir necha marta ortadi.

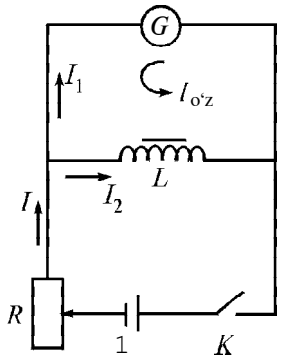
Konturning bir jinsli muhitdagi induktivligi L ning, konturning vakuumdagi induktivligi L_0 ga nisbati bilan aniqlanadigan kattalikka muhitning magnit singdiruvchanligi deyiladi:

$$\mu = \frac{L}{L_0}. \qquad (105.5)$$

Bizga ma’lumki, moddalarning magnit xususiyatlarini xarakterlovchi kattalik — magnit singdiruvchanlik o‘lchamsiz kattalikdir.

O‘zinduksiya. Batareya 1, reostat R, induktivlik g‘altagi L, galvanometr G va kalit K dan iborat zanjirni qaraylik (174- rasm).

Agar zanjir yopiq bo‘lsa, galvanometrdan va induktiv g‘altakdan elektr toki oqadi. Zanjirni uzgan paytimizda galvanometr strelkasi teskari tomonga qarab keskin og‘adi. Bunga sabab, zanjir uzilganda g‘altakdagi magnit oqimi kamayadi va unda o‘zinduksiya EYK ni vujudga keltiradi. Lens qoidasiga muvofiq o‘zinduksiya EYK magnit oqimining kamayishiga xizmat qiladi, ya’ni uning yo‘nalishi kamayayotgan tok I_2 ning yo‘nalishi bilan mos keladi. Bu tok galvanometrdan o‘tadi va uning yo‘nalishi



174- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

I_1 tokning yo‘nalishiga qarama-qarshi bo‘lganligi uchun, tabiiyki galvanometr strelkasi teskari tomonga og‘adi. **Zanjirdagi tokning o‘zgarishi natijasida shu zanjirning o‘zida induksiyalangan EYK ning vujudga kelishiga o‘zinduksiya hodisasi deyiladi.**

O‘zinduksiya hodisasi elektromagnit induksiya hodisasining xususiy holidir, ya’ni konturdagi xususiy magnit oqimining o‘zgarishi natijasida o‘zinduksiya EYK vujudga keladi:

$$\mathcal{E}_{o'z} = -\frac{d\Phi}{dt}. \qquad (105.6)$$

Agar (105.1) ni hisobga olsak va induktivlik L ni differensial belgisidan tashqariga chiqarsak,

$$\mathcal{E}_{o'z} = -L\frac{dI}{dt} \qquad (105.7)$$

ni hosil qilamiz. Ushbu ifodadan ko‘rinib turibdiki, o‘zinduksiya EYK zanjirdagi tokning o‘zgarish tezligiga proporsional ekan.

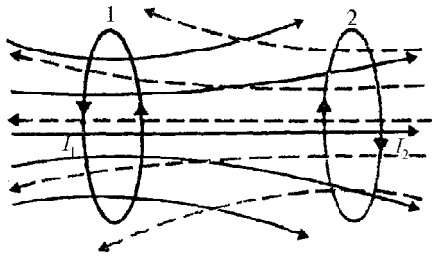
O‘zaro induksiya. Agar g‘altak *2* o‘zgaruvchi tok oqayotgan g‘altak *1* yoniga keltirilsa, unda g‘altak *2* da induksiyalangan EYK vujudga keladi (175- rasm). Bunga sabab g‘altak *1* dan o‘zgaruvchan tok oqishi natijasida hosil bo‘lgan o‘zgaruvchan magnit maydonning uyurmali elektr maydon vujudga keltirishi va bu maydon o‘z navbatida ikkinchi g‘altakda induksiya EYK ni hosil qilishidir. Natijada ikkinchi g‘altakda hosil bo‘lgan induksiya EYK

$$\mathcal{E}_{21} = -\frac{d\Phi_{21}}{dt}, \qquad (105.8)$$

Bu yerda Φ_{21} — I_1 tok oqayotgan birinchi g‘altak atrofida hosil bo‘lgan magnit maydonning ikkinchi g‘altakka singgan qismi. U tok kuchi I_1 ga proporsional:

$$\Phi_{21} = L_{21} I_1. \qquad (105.9)$$

Bu yerda L_{21} — o‘zaro induksiya koeffitsiyenti.



175- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Xuddi shuningdek, ikkinchi g‘altakdan o‘zgaruvchan tok o‘tganda birinchi g‘altakda

$$\mathcal{E}_{21} = -\frac{d\Phi_{12}}{dt} \qquad (105.10)$$

o‘zaro induksiya EYK vujudga keladi:

$$\Phi_{12} = L_{12} I_1, \qquad (105.11)$$

hisoblashlar

$$L_{21} = L_{12} \qquad (105.12$$

ekanligini ko‘rsatadi va ularga konturlarning *o‘zaro induktivligi* deyiladi.

Bir konturdagi tok kuchining o‘zgarishi natijasida ikkinchi konturda EYK ning vujudga kelishiga o‘zaro induksiya hodisasi deyiladi.

Agar konturlar N_1 va N_2 o‘ramlari mavjud g‘altaklardan iborat bo‘lsa (176- rasm), unda o‘zaro induktivlik quyidagicha aniqlanadi:

$$L_{12} = L_{21} = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} \cdot S.$$

Sinov savollari

1. O‘tkazgich atrofidagi magnit maydonning oqimi nimaga teng? 2. Induktivlik nima? 3. Induktivlik so‘zi nimani anglatadi? 4. Induktivlik konturdan oqayotgan tok kuchiga bog‘liqmi? 5. Induktivlik konturning qanday qobiliyatini xarakterlaydi? 6. Induktivlikning SI dagi birligi va u qanday induktivlik? 7. Induktivlik konturning o‘lchamiga va shakliga bog‘liqmi? 8. Solenoidning bo‘shliqdagi induktivligi nimaga teng? 9. Muhitning magnit singdiruvchanligi nimani ko‘rsatadi? 10. O‘zinduksiya deb qanday hodisaga aytiladi? 11. O‘zinduksiya EYK nimaga teng? 12. O‘zinduksiya hodisasini qanday kuzatish mumkin? 13. O‘zinduksiya EYK qanday vujudga keladi? 14. O‘zaro induksiya deb qanday hodisaga aytiladi? 15. Ikkinchi konturda EYK qanday vujudga keladi? 16. O‘zinduksiya EYK nimaga teng? 17. Konturlarning o‘zaro induktivligi nimaga teng?

106- §. Transformatorlar

M a z m u n i : transformator nima uchun kerak? Transformatorning tuzilishi; transformatorning ish prinsipi; transformatsiya koeffitsiyenti.

Transformator nima uchun kerak? Odatda, elektr energiyasini elektrostansiyadan iste’molchilarga uzatish kerak bo‘ladi. Bir necha

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

yuzlab kilometr masofalarga elektr energiyasini uzatishda energiyaning behudaga sarflanishini kamaytirish muhim ahamiyatga ega. Bunda energiyaning anchagina qismi befoyda issiqlik va magnit maydon energiyasiga aylanib ketishi mumkin. Har ikkala energiya ham tok kuchining kvadratiga proporsionaldir. Aynan shuning uchun ham uzoq masofalarga uzatilayotgan elektr tokining kuchi kamaytirilib, kuchlanishi orttiriladi.

Bunda elektr tokining energiyasi o‘zgarmaydi. Iste’molchiga yetib kelgan tokning kuchi va kuchlanishi esa zaruratdan kelib chiqib yana o‘zgartiriladi. **Tok kuchi va kuchlanishning qiymatlarini o‘zgartirish transformator deb ataluvchi qurilma vositasida amalga oshiriladi.**

O‘zgaruvchan tok kuchlanishini orttirish yoki kamaytirish maqsadida ishlatiladigan transformatorning ish prinsipi o‘zaro induksiya hodisasiga asoslangan.

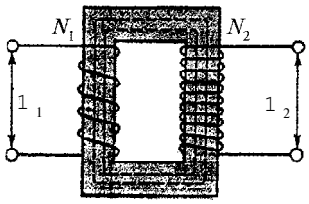
Transformatorning tuzilishi. Transformatorlar birinchi bo‘lib rus olimlari P. Yablochkov (1847 — 1894) va I. Usaginlar (1855 — 1919) tomonidan yasalgan va amalda qo‘llanilgan. Transformatorning prinsipial sxemasi 176- rasmda ko‘rsatilgan bo‘lib, temir o‘zakka mahkamlangan N_1 va N_2 o‘ram soniga ega chulg‘amlardan iborat.

Birinchi chulg‘amning uchlari 1_1 EYK li o‘zgaruvchan tok manbayiga ulangan bo‘lib, undan o‘zgaruvchan I_1 tok oqadi va transformator o‘zagida o‘zgaruvchan magnit oqimi Φ ni vujudga keltiradi. Bu oqimning o‘zgarishi ikkinchi chulg‘amda o‘zaro induksiya EYK ni vujudga keltiradi.

Transformatorning ishlashi. Birinchi chulg‘am uchun Om qonuni quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$1_1 = \frac{d}{dt}(N_1\Phi) - I_1R_1 .$$

Bu yerda R_1 — birinchi chulg‘amning qarshiligi. Tez o‘zgaruvchan maydonlar uchun R_1 qarshilikdagi kuchlanish tushishi I_1R_1 boshqa hadlarga nisbatan juda kichik bo‘lganligi uchun uni hisobga olmaslik mumkin, ya’ni



176- rasm.

$$1_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}. \qquad (106.1)$$

Ikkinchi chulg‘amda vujudga keladigan o‘zaro induksiya EYK esa

$$1_2 = -N_1 \frac{d(N_2\Phi)}{dt} = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}. \qquad (106.2)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

177- rasm.

Har ikkala ifodadan ham $\frac{d\Phi}{dt}$ ni topsak,

$$\frac{d\Phi}{dt}=\frac{1_1}{N_1};\qquad \frac{d\Phi}{dt}=-\frac{1_2}{N_2}$$

va ularni tenglashtirsak,

$$1_2=-\frac{N_2}{N_1}1_1 \qquad (106.3)$$

ni olamiz.

Transformatsiya koeffitsiyenti. Transformatorning ikkinchi chulg‘amidagi EYK birinchisinikiga nisbatan necha marta ko‘p (yoki kam) ekanligini ko‘rsatuvchi $\frac{N_2}{N_1}$ o‘ramlar sonining nisbatiga *transformatsiya koeffitsiyenti* deyiladi.

Zamonaviy transformatorlarda energiyaning behuda sarfi ikki foiz atrofida bo‘ladi. Bu energiya chulg‘amlardan issiqlik ajralishiga va o‘zakda tok vujudga kelishiga sarflanadi. Agar energiyaning behuda sarflanishini hisobga olmasak, unda transformatorning har ikkala chulg‘amlaridagi tokning quvvati teng bo‘ladi, ya’ni:

$$1_2 I_2 \approx 1_1 I_1. \qquad (106.4)$$

Demak, (106.3) ga asosan

$$\frac{1_2}{1_1}=\frac{I_1}{I_2}=\frac{N_2}{N_1}, \qquad (108.5)$$

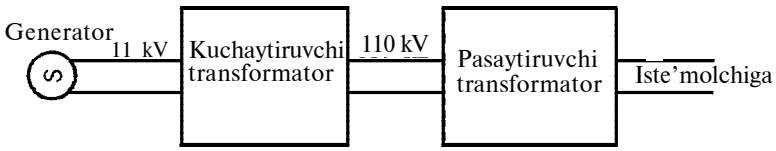
ya’ni chulg‘amlardagi tok kuchi o‘ramlar soniga teskari proporsionaldir.

Agar $\frac{N_2}{N_1}>1$ bo‘lsa, bunday transformatorga **kuchaytiruvchi transformator** deyiladi. U o‘zgaruvchi EYK ni orttirib, tok kuchini kamaytiradi. Bunday transformatorlar elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatishda ishlatiladi.

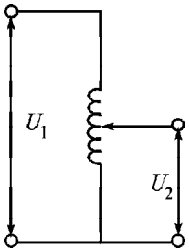
Agar $\frac{N_2}{N_1}<1$ bo‘lsa, pasaytiruvchi transformator bo‘ladi va EYK pasaytirilib, tok kuchi orttiriladi. Bunday transformatorlar yuqori kuchlanishli tokni qabul qilib, iste’molchini ta’minlash uchun ishlatiladi.

Elektr energiyasini uzatish sxemasi 177- rasmda ko‘rsatilgan.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



177- rasm.



178- rasm.

Transformatorlarning ishlatilishi. Biz ikki chulg'amli transformatorlarning ish prinsipini ko'rdik. Umuman olganda, radiotexnikada turli kuchlanishlarni hosil qiluvchi 4 — 5 chulg'amli transformatorlar ham mavjud.

Bitta chulg'amdan iborat transformatorlarga **avtotransformatorlar** deyiladi (178-rasm). Bunda chulg'amning bir qismi ikkinchi chulg'am vazifasini o'taydi. Transformatorlar ish davomida qiziydi va shuning uchun ularning sovitish sistemalari bo'ladi. Sovitish sistemasi havo bilan ham, transformator yog'i bilan ham ishlashi mumkin.

Zamonaviy transformatorlarning quvvati 10^9 W , EYK esa 750 kV gacha etadi. Bunday transformatorlar juda ulkan bo'lib, vazni yuzlab tonnani tashkil qiladi. Ularning FIK 99% gacha yetishi mumkin.

Sinov savollari

1. Transformator nima uchun kerak? 2. Transformator deb qanday qurilmaga aytiladi? 3. Transformatorning ish prinsipi nimaga asoslangan? 4. Transformator kimlar tomonidan yasalgan? 5. Transformator qanday tuzilgan? 6. Transformatorning ishlash prinsipi qanday? 7. Chulg'amlardagi EYK lar qanday bog'langan? 8. Transformatsiya koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi? 9. Transformatsiya koeffitsiyenti nimani ko'rsatadi? 10. Transformator chulg'amlaridagi energiya tengmi? 11. Chulg'amlardagi tok kuchi o'ramlar soniga bog'liqmi? 12 Qanday transformatorga kuchaytiruvchi transformator deyiladi? 13. Kuchaytiruvchi transformator nima maqsadda ishlatiladi? 14. Qanday transformatorga pasaytiruvchi transformator deyiladi? 15. Pasaytiruvchi transformator nima maqsadda ishlatiladi? 16. Elektr uzatish sxemasini tushuntiring. 17. Transformatorlar nechta chulg'amdan iborat bo'ladi? 18. Avtotransformatorlar deb qanday transformatorlarga aytiladi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

19. Transformatorlarda behudaga energiya sarfi mavjudmi va u necha foizni tashkil qiladi? 20. Sovitish sistemasi nima uchun kerak? 21. Transformatorlarning quvvati qancha bo‘lishi mumkin?



107- §. Magnit maydon energiyasi

Mazmuni: magnit maydon energiyasi; energiyaning hajmiy zichligi.

Magnit maydon energiyasi. Elektr toki oqayotgan o‘tkazgichning atrofida doimo magnit maydon mavjud bo‘ladi. Bu magnit maydoni tok bilan birga paydo bo‘ladi va birga yo‘qoladi. Magnit maydoni ham, xuddi elektr maydoni kabi energiyaga ega. Tabiiyki, bu energiya uni vujudga keltirish uchun bajarilgan ishga teng va quyidagicha aniqlanadi:

$$W=\frac{LI^2}{2}. \qquad (107.1)$$

Bu yerda: I — konturdan oqayotgan tok kuchi, L — konturning induktivligi.

Shuni ta’kidlash lozimki, magnit maydonining energiyasi fazoda mujassamlashgan bo‘ladi. Shuning uchun ham unga atrofdagi maydonni xarakterlovchi kattaliklarning funksiyalari sifatida qarash mumkin. Shu maqsadda xususiy hol — uzun solenoid ichidagi bir jinsli magnit maydonini ko‘raylik.

Energiyaning hajmiy zichligi. (107.1) ifodaga uzunligi l, kesim yuzasi S bo‘lgan solenoid induktivligining $L=\mu_0\mu\frac{N^2}{l}S$ ifodasini qo‘ysak,

$$W=\frac{1}{2}\mu_0\mu\frac{N^2I^2}{l}\cdot S \qquad (107.2)$$

ni hosil qilamiz. Shuningdek, solenoid magnit maydon induksiyasining $B=\frac{\mu_0\mu NI}{l}$ ifodasidan $I=\frac{Bl}{\mu_0\mu N}$ va $B=\mu_0\mu H$ ligini e’tiborga olsak,

$$W=\frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0\mu}V=\frac{B\cdot H}{2}V \qquad (107.3)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ni hosil qilamiz. Bu yerda $V = l \cdot S$ — solenoidning hajmi. Solenoidning magnit maydoni bir jinsli va uning ichida jamlangan bo‘lib, o‘zgarmas hajmiy zichlikka ega:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0\mu} = \frac{\mu_0\mu H^2}{2} = \frac{B \cdot H}{2}. \qquad (107.4)$$

Magnit maydonning hajmiy zichligi uchun topilgan (107.4) ifoda elektr maydonning hajmiy zichligi uchun topilgan ifodaga juda o‘xshash bo‘lib, faqatgina elektr maydonni xarakterlovchi kattaliklar o‘rnida magnit maydonni xarakterlovchi kattaliklar turibdi. Garchi bu ifodani bir jinsli maydon uchun topgan bo‘lsak-da, u bir jinsli bo‘lmagan maydonlar uchun ham o‘rinlidir.



Sinov savollari

1. Tok to‘xtaganda ham magnit maydon energiyasi saqlanadimi? 2. Magnit maydonni vujudga keltirish uchun ish bajariladimi? 3. Magnit maydon energiyasi bajarilgan ishga tengmi? 4. Tokli o‘tkazgichning magnit maydon energiyasi nimaga teng? 5. Magnit maydonning energiyasi qayerda mujassamlashgan? 6. Solenoid magnit maydonning energiyasi nimaga teng? 7. Magnit maydon energiyasining hajmiy zichligi nimaga teng?



Masalalar yechish namunalari

1 - m a s a l a . Uzunligi 15 sm bo‘lgan o‘tkazgich 0,2 T induksiyali bir jinsli magnit maydonda, maydon kuch chiziqlariga tik yo‘nalishda 15 m/s tezlik bilan harakatlanadi. O‘tkazgichda induksiyalanuvchi EYK topilsin.

Berilgan:

$l = 15$ sm $= 0{,}15$ m;
$B = 0{,}2$ T;
$v = 15$ m/s.

$\mathcal{E}_i = ?$

Yechish. Elektromagnit induksiya hodisasi uchun Faradey qonuniga muvofiq

$$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt}.$$

O‘tkazgich kesib o‘tadigan $S = l \cdot x$ yuzaga singuvchi magnit oqimi:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha = Bl \cdot x.$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Bu yerda, masalaning shartiga ko‘ra $\alpha = 0$, $\cos = 1$ ekanligi hisobga olingan. Shunday qilib, induksiya EYK uchun ifoda:

$$1_i = -\frac{d(B \cdot l \cdot x)}{dt} = -B \cdot l \frac{dx}{dt} = -Bl \cdot v.$$

Kattaliklarning qiymatlari yordamida quyidagini olamiz:

$$1_i = -0,2 \cdot 0,15 \cdot 15\text{V} = -0,45\text{V}.$$

Javob: $1 = -0,45\text{V}$.

2- masala. G‘altakning induktivligi 0,1 mH. Tok kuchining qanday qiymatida magnit maydon energiyasi 100 μJ ga teng bo‘ladi?

Berilgan:

$L = 0,1$ mH $= 10^{-4}$ H;

$W = 100$ μJ$=10^{-4}$ J.

$I = ?$

Yechish: L induktivlikli konturda I tok hosil qiladigan magnit maydon energiyasi quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$W = \frac{1}{2} LI^2.$$

Bu ifodadan tok kuchi I ni topsak, $I = \sqrt{\frac{2W}{L}}$.

Berilganlar yordamida topamiz: $I = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-4}}{10^{-4}}}\,\text{A} = 1,41$ A.

Javob: $I = 1,41$ A.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 1000 o‘ramli solenoidning ko‘ndalang kesim yuzasi 10 sm^2. O‘ramlaridan 1,5 T induksiya hosil qiluvchi tok oqmoqda. Agar 500 μs davomida tok nolgacha kamaysa, solenoidda vujudga keladigan o‘zinduksiya EYK ining o‘rtacha qiymati topilsin. ($< 1 > = 3$ kV.)
2. Uzunligi 40 sm bo‘lgan to‘g‘ri sim 5 m/s tezlik bilan induksiya chiziqlariga tik ravishda bir jinsli magnit maydonda harakatlanmoqda. Sim uchlaridagi potensiallar farqi 0,6 V. Magnit maydon induksiyasi hisoblansin. ($B = 0,3$ T.)
3. 2000 ta o‘ramli solenoidda 120 V induksiya EYK ini vujudga keltirish uchun, magnit oqimining o‘zgarish tezligi qanday bo‘lmog‘i kerak? $\left(\frac{d\Phi}{dt} = 60\,\frac{\text{mWb}}{\text{s}}.\right)$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4. Solenoiddagi tok kuchi 10 A bo‘lganda 0,5 Wb magnit oqimi hosil bo‘ladi. Shu solenoid magnit maydonining energiyasini toping. (W = 2,5 J.)

Test savollari

1. Zanjirdagi tokning o‘zgarishi natijasida shu zanjirning o‘zida induksiyalangan EYK ning vujudga kelishi qanday hodisa deyiladi?

A. Induksiya. B. Induktivlik. C. O‘zinduksiya.
D. Magnit oqimi. E. To‘g‘ri javob ko‘rsatilmagan.

2. Berilgan ifodalardan elektromagnit induksiya qonuni ifodasini ko‘rsating:

A. $\mathcal{E} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$. B. $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$. C. $\mathcal{E} = \frac{A}{q}$. D. $\mathcal{E} = \frac{I}{R+r}$.

E. $\mathcal{E} = B \cdot l \cdot \upsilon \cdot \sin\alpha$.

3. Elektr zanjirda transformator...

1. to‘g‘rilagich sifatida ishlatiladi.
2. quvvatni o‘zgartirish uchun ishlatiladi.
3. o‘zgaruvchan tok kuchlanilishini o‘zgartirish uchun ishlatiladi.
4. o‘zgaruvchan tok kuchini o‘zgartirish uchun ishlatiladi.

A. 3; 4. B. 1. C. 2. D. 2; 3. E. 3.

4. Berilgan formulalar orasidan magnit maydon energiyasining formulasini ko‘rsating:

A. $W = \frac{LI^2}{2}$. B. $W = q \cdot E \cdot d$. C. $\omega = \frac{W}{V}$.

D. $W = \frac{CU^2}{2}$. E. $\omega = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$.

Asosiy xulosalar

Yopiq konturni o‘rab turgan magnit maydon induksiyasi oqimining o‘zgarishi natijasida konturda elektr tokining vujudga kelishiga *elektromagnit induksiya hodisasi* deyiladi.

Elektromagnit induksiyasi uchun Faradey qonuni. Yopiq konturni o‘rab turgan magnit induksiya oqimining o‘zgarish sababi qanday

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bo‘lishidan qat’iy nazar, vujudga keladigan EYK quyidagicha aniqlanadi. $1_i = -\frac{d\Phi}{dt}$.

Konturning induktivligi $L = \frac{\Phi}{I}$ dan aniqlanadi. Uning SI dagi birligi 1H.

G‘altakning induktivligi $L_0 = \mu_0 n^2 V$.

Zanjirdagi tokning o‘zgarishi natijasida shu zanjirning o‘zida induksiyalangan EYK ning vujudga kelishiga *o‘zinduksiya hodisasi* deyiladi.

Bir konturdagi tok kuchining o‘zgarishi natijasida ikkinchi konturda EYK ning vujudga kelishiga *o‘zaro induksiya hodisasi* deyiladi.

Tok kuchi va kuchlanishining qiymatlarini o‘zgartirib beradigan qurilma *transformator* deyiladi.

$\frac{N_2}{N_1} > 1$ bo‘lsa — *kuchaytiruvchi*, $\frac{N_2}{N_1} < 1$ bo‘lsa — *pasaytiruvchi* transformator deyiladi.

Magnit maydon energiyasi $W = \frac{LI^2}{2} = \frac{B \cdot H}{2} \cdot V$.

Energiyaning hajmiy zichligi $W = \frac{W}{V} = \frac{B \cdot H}{2}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



XVII BOB. ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

Tebranma harakat tabiatdagi barcha hodisalarga xos bo‘lgan xususiyatdir. Olamdagi barcha makrojismlar: yulduz, Quyosh, sayyoralar va hokazo; tabiat fasllari: oylar, kecha va kunduz va hokazo; mikrojismlar: molekula, atom, yadro, elektronlar va hokazo; jonli organizm: qon aylanishi, yurak urishi va hokazolar doimiy tebranma harakatda bo‘ladi. Shuning uchun ham tebranma harakat juda diqqat bilan o‘rganishga molik jarayondir. Biz mexanik tebranishlar bilan tanishganmiz. Endi esa hozirgi zamon texnikasining mag‘zini tashkil qiladigan elektromagnit tebranishlar jarayoni bilan tanishamiz.

Biz dastlab harakatsiz zaryad atrofida elektrostatik maydon, so‘ngra esa harakatlanayotgan zaryad (elektr toki) atrofida magnit maydon hosil bo‘lishini ko‘rdik. Elektromagnit induksiya hodisasi magnit maydonning o‘zgarishi uyurmali elektr maydonni vujudga keltirishini ko‘rsatdi. Ushbu bobda esa elektr va magnit maydonlar orasida yana qanday munosabatlar mavjudligini ko‘ramiz. Elektromagnit tebranishlar elektr va magnit maydonlarning birgalikdagi tebranma harakatlaridir.



108- §. Erkin elektromagnit tebranishlar. Tebranish konturida energiyaning almashinishi

M a z m u n i : erkin elektromagnit tebranishlar, elektromagnit tebranishlar tenglamasi; elektromagnit tebranishlarning xarakteristikalari, tebranish konturida kuchlanish va tok; tebranish konturida energiyaning aylanishi.

Erkin elektromagnit tebranishlar. Elektromagnit tebranishlar deb zaryadlarning, toklarning, elektr va magnit maydon kuchlanganliklarining davriy va bir-biriga bog‘liq ravishda o‘zgarishiga aytiladi.

Erkin elektromagnit tebranishlar deb dastlab to‘plangan energiya hisobiga tashqi ta’sirsiz ro‘y beradigan tebranishlarga aytiladi.

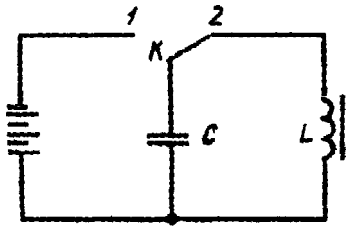
Elektromagnit tebranishlar tenglamasi. Induktivlik L va sig‘im C lardan tashkil topgan yopiq tebranish konturi berilgan bo‘lsin (179-rasm). Konturda tebranish uyg‘otish uchun kondensatorga zaryad bermoq kerak. Buning uchun kalit *1* holatga keltiriladi. Kalit *2* holatga o‘tkazilganda kondensator razryadlana (ya’ni zaryadsizlana) boshlaydi va induktiv g‘altakdan o‘tgan tok unda $1_{o'z} = -L\frac{dI}{dt}$ o‘zinduk-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

siya EYK ni vujudga keltiradi. Agar energiya yo‘qotilishini hisobga olmasak, u kondensator qoplamalaridagi kuchlanishga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$-L\frac{dI}{dt}=\frac{Q}{C}$$

yoki $I=\frac{dQ}{dt}$ ligini hisobga olsak,



179- rasm.

$$-L\frac{d^2Q}{dt^2}=\frac{Q}{C}$$

yoki

$$\frac{d^2Q}{dt^2}+\frac{1}{LC}Q=0 \qquad (108.1)$$

tenglamani hosil qilamiz.

Bu ifoda elektromagnit tebranishlar tenglamasidir.

Ushbu ifodada

$$\omega_0^2=\frac{1}{LC} \qquad (108.2)$$

va tebranma harakat qilayotgan kattalik — Q zaryad miqdori ekanligidan elektromagnit tebranishlar tenglamasi

$$\frac{d^2Q}{dt^2}+\omega_0^2Q=0 \qquad (108.3)$$

ko‘rinishni oladi.

Elektromagnit tebranishlarning xarakteristikalari. Elektromagnit tebranishlar tenglamasi erkin garmonik tebranishlarning differensial tenglamasiga o‘xshaganligi sababli uning yechimi

$$Q=Q_0\sin(\omega_0 t+\varphi_0) \qquad (108.4)$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi. Bu yerda Q_0 — kondensator qoplamalaridagi maksimal zaryad. ω_0 kontur xususiy tebranishlarining siklik chastotasini (108.2) dan topish mumkin:

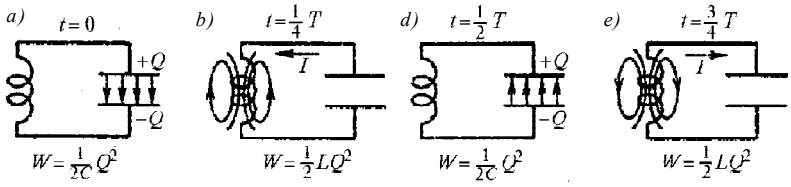
$$\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}. \qquad (108.5)$$

Tebranish davri esa

$$T=\frac{2\pi}{\omega_0}=2\pi\sqrt{LC} \qquad (108.6)$$

Tomson formulasi bilan aniqlanadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



180- rasm.

Tebranish konturidagi kuchlanish va tok. Nafaqat kondensator qoplamalaridagi zaryad, balki konturdagi kuchlanish va tok kuchi ham garmonik qonunlarga muvofiq o‘zgaradi:

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Q_0}{C}\sin(\omega_0 t + \varphi_0) = U_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0), \qquad (108.7)$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = Q_0\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) = I_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)\,. \qquad (108.8)$$

Bu yerda: $U_0 = \frac{Q_0}{C}$ — kuchlanishning, $I_0 = Q_0\,\omega_0$ — tokning amplitudasi. (108.4), (108.7), (108.8) ifodalarni solishtirib, tok kuchini tebranish fazasi zaryad va kuchlanishning tebranish fazasiga nisbatan $\frac{\pi}{2}$ burchakka siljiganini ko‘rish mumkin.

Demak, tok o‘zining maksimal qiymatiga kondensator qoplamalaridagi zaryad va kuchlanish nolga teng bo‘lganda erishadi va teskarisi.

Tebranish konturida energiyaning aylanishi. Kondensator zaryadlanganda uning qoplamalari orasida

$$W_e = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C} \qquad (108.9)$$

energiyali elektr maydon hosil bo‘ladi.

Kondensator induktiv g‘altak orqali razryadlanganda esa

$$W_m = \frac{LI^2}{2} \qquad (108.10)$$

energiyali magnit maydon hosil bo‘ladi. Ideal konturda elektr maydonning maksimal energiyasi magnit maydonning maksimal energiyasiga teng bo‘ladi va bu energiyalar bir-biriga aylanib turadi (180- rasm):

$$\frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}\,. \qquad (108.11)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Kondensator energiyasi quyidagi qonunga muvofiq o‘zgaradi:

$$W_C = \frac{CU_0^2}{2}\sin^2(\omega_0 t + \varphi_0) = \frac{Q_0^2}{2C}\sin^2(\omega_0 t + \varphi_0). \qquad (108.12)$$

Agar $\omega^2 = \frac{1}{LC}$ ligini e’tiborga olsak, elektr maydon energiyasi uchun

$$W_e = \frac{\omega_0^2 L Q_0^2}{2}\sin^2(\omega_0 t + \varphi_0) \qquad (108.13)$$

ifodani hosil qilamiz.

Shuningdek, induktiv g‘altakdagi magnit maydon energiyasi

$$W_m = \frac{LI_0^2}{2}\cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) = \frac{\omega_0^2 L Q_0^2}{2}\cos^2(\omega_0 t + \varphi_0). \qquad (108.14)$$

Bu yerda $I_0 = Q_0\omega_0$ ligi hisobga olingan.

Elektromagnit maydonning to‘la energiyasini topish uchun (108.13) va (108.14) ifodalarni qo‘shamiz:

$$W = W_e + W_m = \frac{1}{2}\omega_0^2 L Q_0^2. \qquad (108.15)$$

Natijadan ko‘rinib turibdiki, to‘la energiya o‘zgarmas kattalik va saqlanadi, ya’ni elektromagnit tebranishlar so‘nmasdir.



Sinov savollari

1. Tebranma harakatlar deb qanday harakatlarga aytiladi? 2. Tebranma harakatga shuncha diqqat ajratilganining sababi nimada? 3. Elektromagnit tebranishlar deb qanday tebranishlarga aytiladi? 4. Erkin elektromagnit tebranishlar deb-chi? 5. Yopiq tebranish konturi deb qanday zanjirga aytiladi? 6. Kondensator razryadlanganda induktiv g‘altakda nima bo‘ladi? 7. O‘zinduksiya EYK kondensatordagi kuchlanishga tengmi? 8. Elektromagnit tebranishlar tenglamasini yozing. 9. Elektromagnit tebranishlarda qanday kattalik tebranma harakat qiladi? 10. Tebranishlar chastotasi nimaga teng? 11. Tebranish davri-chi? 12. Konturdagi tok kuchi va kuchlanish qanday o‘zgaradi? 13. Tok kuchi va kuchlanishlar fazalari orasida farq bormi? 14. Tok kuchi o‘zining maksimal qiymatiga qachon erishadi? 15. Kuchlanish-chi? 16. Kondensatorning energiyasi nimaga teng? 17. G‘altak atrofidagi maydon energiyasi-chi? 18. Ular o‘zaro qanday munosabatda? 19. To‘la energiya nimaga teng? 20. To‘la energiya qanday o‘zgaradi?

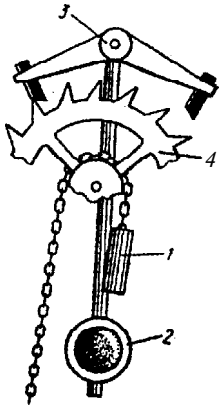
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

109- §. Avtotebranishlar. So‘nmas tebranishlar generatori

M a z m u n i : avtotebranishlar; so‘nmas elektromagnit tebranishlar generatori.

Avtotebranishlar. Tebranishlarni so‘nmaydigan qilib tutib turish texnikada muhim ahamiyatga egadir. Agar real tebranish sistemasi yo‘qotadigan energiyaning o‘rni to‘ldirilib turilsa, unda tebranish so‘nmaydigan bo‘ladi. **Tashqi manba hisobidan doimiy ravishda energiya bilan ta’minlab turiladigan tebranish konturidagi so‘nmas tebranishlarga *avtotebranishlar* deyiladi.** Avtotebranishlar texnikada muhim ahamiyatga ega.

Endi energiya manbayi, tebranma harakat qila oladigan jism, energiyani manbadan jismga uzatadigan qurilmalardan iborat sistemani qaraylik. Bu sistema tebranayotgan jismga ishqalanish, issiqlik energiyasi, nurlanish va hokazolarga yo‘qotiladigan energiyani qoplashni boshqarish xususiyatiga egadir. Bunday sistemaga mayatnikli soat misol bo‘la oladi.Mayatnikli soatning ish prinsipi 181- rasmda ko‘rsatilgan. Bunday soatda siqilgan prujina yoki ko‘tarib qo‘yilgan tosh energiya manbayi bo‘lib xizmat qiladi. (*1*) — mayatnik (*2*) esa tebranish sistemasi vazifasini o‘taydi. Va nihoyat, manbadan jismga energiya uzatilishini boshqarib turadigan qurilma (*3*) dan iborat. Sistema ko‘tarib qo‘yilgan tosh yoki siqilgan prujinaning potensial energiyalaridan iborat energiya zaxirasiga ega. Osib qo‘yilgan yuk toshli g‘ildirak (*4*) ni harakatga keltiradi. U bo‘lsa (*3*) qurilma yordamida mayatnikni bir u tomonga, bir bu tomonga qarab tebrantira boshlaydi. Natijada mayatnikning so‘nmas tebranishlari (soatning yurishi) vujudga keladi. Agar ishqalanish juda kam bo‘lsa, mayatnikning tebranish chastotasi erkin tebranishlar chastotasiga teng bo‘ladi, ko‘rilgan sistema esa avtotebranishlar sistemasi deyiladi.

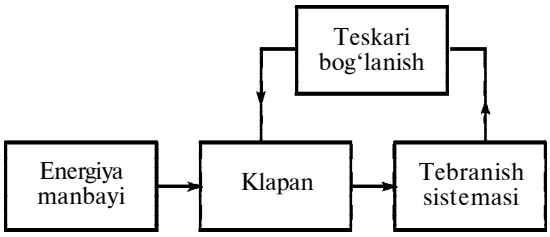


181- rasm.

Avtotebranishlar sistemasi quyidagi asosiy qismlardan iborat (182- rasm):

1) tebranish sistemasi; 2) tebranish sistemasidagi energiya yo‘qotilishini to‘ldiradigan energiya manbayi; 3) klapan-tebranish sistemasiga ma’lum porsiyalar ko‘rinishida energiya kelishini boshqarib turuvchi qurilma; 4) tebranish sistemasi klapanini boshqarib turadigan teskari bog‘lanish.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

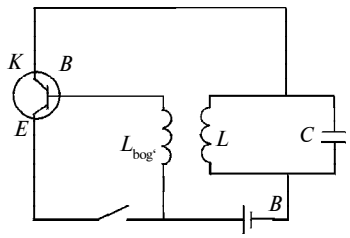


182- rasm.

So‘nmas elektromagnit tebranishlar generatori. Bunday tebranishlar sistemasi vazifasini kichik qarshilikli induktivlik (L) va kondensator (C) dan iborat kontur bajaradi. Tranzistorni kuchlanish bilan ta’minlovchi batareya (to‘g‘rilagich) — tok manbayi vazifasini bajaradi. Klapan vazifasini tranzistor bajarib, manbadan tebranish konturiga energiyaning porsiya bo‘lib berilishini boshqaradi (182- rasm).

Tebranish konturining g‘altagi L bilan maydon orqali bog‘langan teskari bog‘lanish g‘altagi $L_{bog‘}$ tebranishlarning o‘z-o‘zidan paydo bo‘lishiga xizmat qiladi (183- rasm). Klapan vazifasini esa p-n-p tipdagi tranzistor o‘taydi. Agar manbaning musbat qutbi emitterga, manfiy qutbi esa bazaga ulangan bo‘lsa, emitter o‘tuvi ochiq bo‘ladi. Agar bazaning potensiali emitternikiga nisbatan musbat bo‘lsa, tranzistor tok o‘tkazmaydi. Ayni shu potensiallarning munosabatiga qarab tranzistor «yopiq» yoki «ochiq» bo‘ladi.

Agar kalit yopilsa, tranzistor zanjirida tok paydo bo‘lib, tebranish konturidagi kondensator C ni zaryadlaydi. Konturda erkin tebranishlar vujudga keladi. Konturning L g‘altagidan o‘tayotgan tok teskari bog‘lanish g‘altagi $L_{bog‘}$ da tranzistorning emitteriga beriladigan o‘zgaruvchi kuchlanishni induksiyalaydi. Birinchi yarim davrda tranzistor ochiq bo‘ladi, ya’ni tranzistorning kollektor zanjiridan tok oqadi. Bu tokning yo‘nalishi kontur g‘altagidagi tokning yo‘nalishi bilan mos keladi. Ikkinchi yarim davrda esa konturdagi tok yo‘nalishini o‘zgartiradi, tranzistor «yopiladi» va tebranish konturi yarim davr mobaynida energiya manbayidan ajratiladi. Keyingi davrda jarayon takrorlanadi. Shunday qilib, tranzistor, konturdagi



183- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

so‘nmas tebranishlarni energiya bilan ta’minlab turuvchi o‘zgarmas tok manbayini ulab va uzib turadi.

Tebranishlarning amplitudasi va davri tebranish sistemasining xarakteristikalari bilan aniqlanadi.



Sinov savollari

1. Tebranishlar so‘nmasligi uchun nima qilish kerak? 2. Avtotebranishlar deb qanday tebranishlarga aytiladi? 3. Soat sistemasi avtotebranishlar sistemasiga o‘xshaydimi? 4. Soatning ish prinsipini tushuntiring. 5. Avtotebranishlar sistemasi qanday qismlardan iborat bo‘ladi? 6. So‘nmas elektromagnit tebranishlar sistemasi qanday tuzilgan bo‘ladi? 7. Bunday konturda tranzistor qanday vazifani bajaradi? 8. So‘nmas elektromagnit tebranishlar sistemasining ish prinsipi qanday? 9. Tranzistorni qaysi potensial boshqaradi? 10. Elektromagnit tebranishlar hosil bo‘lish jarayoni.



110- §. Majburiy elektromagnit tebranishlar. Rezonans

M a z m u n i : majburiy tebranishlar tenglamasi; majburiy tebranishlar tenglamasining yechimi; rezonans.

Majburiy tebranishlar tenglamasi. Real tebranish konturida so‘nmas tebranishlarni hosil qilish uchun yo‘qotiladigan energiyaning o‘rnini to‘ldirib turish kerak.

Davriy ravishda o‘zgaruvchi tashqi EYK ta’sirida vujudga keladigan tebranishlarga *majburiy elektromagnit tebranishlar* deyiladi.

Demak, majburiy tebranishlar vujudga kelishi uchun konturga garmonik ravishda o‘zgaradigan, davriy tashqi EYK yoki o‘zgaruvchan kuchlanish

$$U = U_0 \sin \omega t \qquad (110.1)$$

ni ulash kerak.

Bu yerda: U_0 — kuchlanishning maksimal qiymati, ω — siklik chastota.

Unda majburiy tebranishlar tenglamasini quyidagicha yozish mumkin ((110.1) ga qarang):

$$L\frac{dI}{dt} + IR + \frac{Q}{C} = U_0 \cdot \sin \omega t\,. \qquad (110.2)$$

Agar $I = \frac{dQ}{dt}$, $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$, $\delta = \frac{R}{2L}$ ekanligini e’tiborga olsak,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$\frac{d^2Q}{dt} + 2\delta\frac{dQ}{dt} + \omega_0^2 Q = \frac{U_0}{L}\sin\omega t. \qquad (110.3)$$

(110.3) majburiy elektromagnit tebranishlar tenglamasidir.

Majburiy tebranishlar tenglamasining yechimi. (110.3) tenglamaning yechimi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$Q = Q_0 \sin(\omega t + \varphi), \qquad (110.4)$$

ya’ni mazkur shartlarda majburiy tebranishlar garmonik bo‘lib, ω chastota bilan ro‘y beradi.

Tebranishlarning amplitudasi

$$Q_0 = \frac{U}{\omega\sqrt{R^2 + \left[L\omega - \frac{1}{\omega C}\right]^2}} \qquad (110.5)$$

va fazasi

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{R}{\frac{1}{\omega C} - \omega L} \qquad (110.6)$$

shartlar asosida aniqlanadi.

Konturdagi tok kuchini (110.4) ifodani differensiallab topamiz:

$$I = \frac{dQ}{dt} = \omega Q_0 \cos(\omega t + \alpha). \qquad (110.7)$$

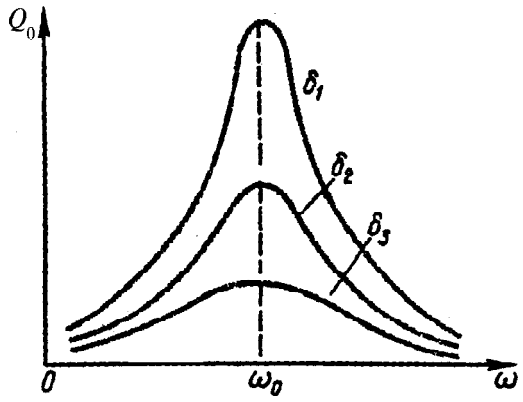
(110.4) va (110.7) larni solishtirish shuni ko‘rsatadiki, zaryad (kuchlanish) va tokning tebranishlari bir-birlaridan $\frac{\pi}{2}$ ga siljigan.

Rezonans. Majburlovchi EYK ning chastotasi ω konturning xususiy tebranishlar chastotasi ω_0 ga yaqinlashgan sari majburiy tebranishlar amplitudasi keskin ortib boradi. Ideal konturda $\omega = \omega_0$ da majburiy tebranishlar chastotasi eng katta bo‘ladi va cheksizlikka intiladi. Real konturlarda esa amplituda o‘zining eng katta qiymatiga ω_0 dan kichikroq chastotalarda erishadi.

Majburiy tebranishlar chastotasi ω sistemaning xususiy tebranishlar chastotasi ω_0 ga yaqinlashganida, majburiy tebranishlar amplitudasining keskin ortishiga rezonans deyiladi.

184- rasmda turli so‘nish koeffitsiyentlari uchun ($\delta_3 > \delta_2 > \delta_1$) rezonans chiziqlari keltirilgan. Rasmdan ko‘rinib turibdiki, so‘nish koeffitsiyenti ortishi bilan chiziqlar pastroq bo‘lib boradi. Demak, so‘nish koeffitsiyenti kichikroq bo‘lgan tebranish sistemasi rezonansda so‘nish koeffitsiyenti kattaroq bo‘lgan sistemaga nisbatan ko‘proq energiya oladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



184- rasm.

Sinov savollari

1. Majburiy elektromagnit tebranishlar deb qanday tebranishlarga aytiladi? 2. Majburiy elektromagnit tebranishlar hosil bo‘lishi uchun konturga qanday kuchlanish ulanishi kerak? 3. Majburiy tebranishlar tenglamasi nimadan iborat? 4. Majburiy tebranishlar tenglamasining yechimi. 5. Majburiy tebranishlar qonunini yozing. 6. Majburiy tebranishlar garmonikmi? 7. Tebranishlar amplitudasi. 8. Tebranishlar fazasi. 9. Konturdagi tok kuchining o‘zgarishi qanday? 10. Konturdagi tok kuchi va kuchlanishning fazalari mos keladimi? 11. Rezonans deb nimaga aytiladi? 12. So‘nish koeffitsiyenti rezonans chiziqlariga qanday ta’sir ko‘rsatadi?

111- §. O‘zgaruvchan tok. O‘zgaruvchan tok generatori

M a z m u n i: o‘zgaruvchan tok; o‘zgaruvchan tok generatori; elektrodvigatel.

O‘zgaruvchan tok. Vaqt davomida o‘zgarib turadigan elektr tokiga o‘zgaruvchan tok deyiladi.

O‘zgaruvchan tokning yo‘nalishi va kuchi o‘zgarib turadi. Umuman olganda, o‘zgaruvchan tok deyilganda tok kuchining va kuchlanishning bir davrdagi o‘rtacha qiymati nolga teng bo‘ladigan davriy tok tushuniladi.

Konturda qaror topgan majburiy elektromagnit tebranishlarni zanjirda oqayotgan o‘zgaruvchan elektr toki sifatida qarash mumkin. O‘zgaruvchan elektr toki garmonik qonunga muvofiq o‘zgaradi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

O‘zgaruvchan EYK bir marta to‘la tebranishi uchun sarflanadigan vaqtga o‘zgaruvchan tokning davri T deyiladi.

Bir sekunddagi to‘la tebranishlar soniga o‘zgaruvchan tokning chastotasi (ν) deyiladi. Misol uchun, xalq xo‘jaligida foydalaniladigan tokning chastotasi $\nu = 50$ Hz. Demak, bu tok o‘z yo‘nalishini sekundiga 100 marta o‘zgartiradi. O‘zgaruvchan tokning odatdagi ν va siklik (aylanma) ω chastotalari orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}. \qquad (111.1)$$

O‘zgaruvchan tok generatori. O‘zgaruvchan tok generatori deb turli xil energiyalarni elektr energiyasiga aylantirib beradigan qurilmaga aytiladi.

Mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirishda elektro magnit induksiya hodisasidan foydalaniladi. Bu jarayonni tushunish maqsadida bir jinsli magnit maydonda aylanayotgan yassi ramkani ko‘raylik (185-rasm). Ramka bir jinsli magnit maydonida ($B = \text{const}$) ω burchak tezlik bilan tekis aylanadi. Ramkaning S yuzasiga ergashgan magnit oqimi.

$$\Phi = B_n \cdot S = B \cdot S \cdot \cos\alpha = B \cdot S \cdot \cos\omega t$$

ifoda yordamida aniqlanadi. Bu yerda $\alpha = \omega t$ — t vaqtda ramkaning burilish burchagi (hisob boshi $t = 0$ da $\alpha = 0$ deb olingan). Ramka aylanganda garmonik qonunlar bilan o‘zgaruvchi induksiya o‘zgaruvchan EYK vujudga keladi:

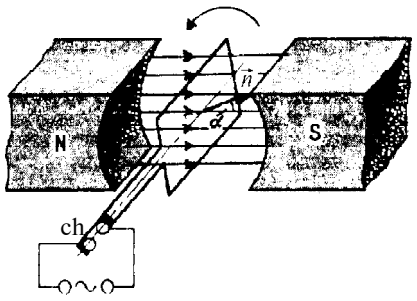
$$1_1 = -\frac{d\Phi}{dt} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin\omega t, \qquad (111.2)$$

$\sin\omega t = 1$ da 1_1 o‘zining maksimal qiymatiga erishadi:

$$1_{max} = BS\omega. \qquad (111.3)$$

(111.3) ifodadan ko‘rinib turibdiki, induksiya EYK ning maksimal qiymati (1_{max}) ω, B va S larga bog‘liq. O‘zbekistonda xalq xo‘jaligida $\nu = \omega/2\pi = 50$ Hz chastotali standart tokdan foydalanilishini qayd etdik.

Demak, 1_{max} ni orttirish uchun B va S larning qiymatlarini orttirish kerak. B ni orttirish maqsadida quvvatli o‘zgarmas magnetiklardan yoki katta magnit



185- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

singdiruvchanlikli o‘zaklardan foydalaniladi. S ni orttirish uchun esa bir emas, ketma-ket ulangan bir nechta o‘ramlar ishlatiladi. O‘zgaruvchan kuchlanish rasmda ko‘rsatilgan (ch) cho‘tkalar yordamida ajratib olinadi.

Elektrodvigatel. Mexanik energiyani elektr energiyaga aylantirish jarayoni bilan tanishdik. Uning teskarisi, ya’ni elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirish uchun ishlatiladigan qurilmalarga elektrodvigatellar deyiladi. Elektrodvigatelning ish prinsipi quyidagicha: magnit maydonda joylashtirilgan ramka orqali elektr toki o‘tkazilsa, unga aylantiruvchi moment ta’sir qiladi va ramka aylana boshlaydi.

Sinov savollari

1. O‘zgaruvchan tok deb qanday tokka aytiladi? 2. O‘zgaruvchan tokning nimasi o‘zgaradi? 3. O‘zgaruvchan tok kuchining va kuchlanishning bir davrdagi o‘rtacha qiymati nimaga teng? 4. Konturdagi elektromagnit tebranishlarni o‘zgaruvchan tok sifatida qarash mumkinmi? 5. O‘zgaruvchan elektr toki qanday qonunga muvofiq o‘zgaradi? 6. O‘zgaruvchan tokning davri deb qanday kattalikka aytiladi? 7. O‘zgaruvchan tokning chastotasi debchi? 8. Xalq xo‘jaligida ishlatiladigan tokning chastotasi qancha? 9. O‘zgaruvchan tokning siklik chastotasi. 10. O‘zgaruvchan tok generatori deb qanday qurilmalarga aytiladi? 11.Generatorning ish prinsipi nimaga asoslangan? 12. O‘zgaruvchan tok generatorining tuzilishi qanday? 13. O‘zgaruvchan tokning hosil bo‘lish jarayoni nimadan iborat? 14. Ramkaga ergashadigan magnit oqimi. 15. Vujudga keladigan induksiya EYK. 16. EYK ning maksimal qiymati nimalarga bog‘liq? 17. EYK ning maksimal o‘zgaruvchan tok zanjirida kondensator qiymatini orttirish uchun qanday yo‘l tutiladi? 18. Elektrodvigatel deb qanday qurilmaga aytiladi? 19. Elektrodvigatelning ish prinsipi qanday?

112- §. O‘zgaruvchan tok zanjiridagi faol, sig‘im va induktiv qarshiliklar

M a z m u n i : o‘zgaruvchan tok zanjirida faol (aktiv) qarshilik; o‘zgaruvchan tok zanjirida induktiv g‘altak;

O‘zgaruvchan tok zanjirida faol qarshilik.

Demak, zanjirda faqat R mavjud bo‘lib, ($L \to 0$, $C \to 0$) unga

$$U = U_m \cos \omega t \qquad (112.1)$$

o‘zgaruvchan kuchlanish qo‘yilgan bo‘lsin (186- *a* rasm). Faol qarshilikdan oqayotgan tokning oniy qiymati Om qonuni yordamida aniqlanadi:

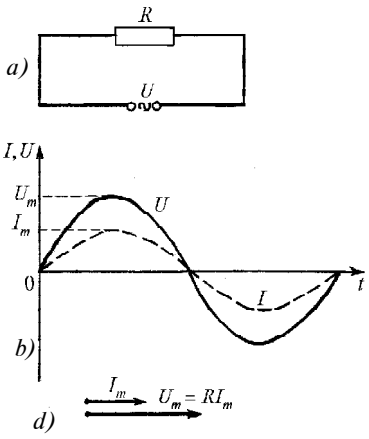
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$I=\frac{U}{R}=\frac{U_m}{R}\cos\omega t=I_m\cos\omega t. \quad (112.2)$$

Bu yerda $I_m=\frac{U_m}{R}$ (112.3)

tok kuchining amplitudasi.

186- *b* rasmda zanjirdagi kuchlanish va tok kuchining o‘zgarish grafigi ko‘rsatilgan. Shuningdek, o‘zgaruvchan tok va kuchlanish orasidagi munosabatni aniq namoyon qilish uchun vektor diagrammalari usulidan foydalaniladi. 186- *b* rasmda faol qarshilikdagi tok kuchi I_m va kuchlanish U_m amplitudaviy qiymatlarining vektor diagrammalari berilgan. I_m va U_m lar orasida fazalar farqi nolga teng.



186- rasm.

O‘zgaruvchan tok zanjirida induktiv g‘altak. Demak, zanjirda faqat L induktiv g‘altak qatnashyapti ($R\to 0$, $C\to 0$, 187- *a* rasm). Agar zanjirga (112.1) ko‘rinishdagi o‘zgaruvchan kuchlanish qo‘yilgan bo‘lsa, undan o‘zgaruvchan tok oqadi va natijada

$$1_{o'z}=-L\frac{dI}{dt} \quad (112.4)$$

o‘zinduksiya EYK vujudga keladi. Unda zanjirning shu qismi uchun Om qonuni

$$U_m\cdot\cos\omega t-L\frac{dI}{dt}=0.$$

Bundan

$$L\frac{dI}{dt}=U_m\cdot\cos\omega t\,. \quad (112.5)$$

Agar tashqi kuchlanish induktiv g‘altakka qo‘yilganligini hisobga olsak, undagi kuchlanish tushishi

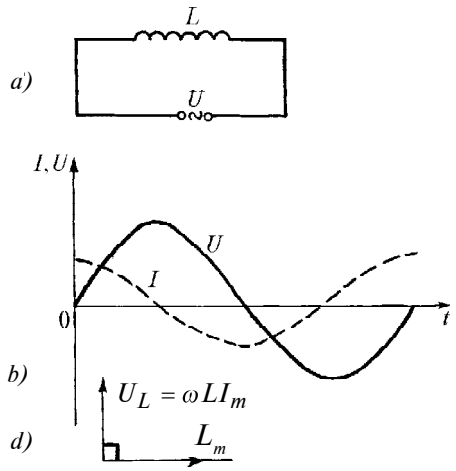
$$U_L=\frac{dI}{dt} \quad (112.6)$$

bo‘lishini ko‘ramiz. (112.5) ifodadan dI ni aniqlaymiz:

$$dI=\frac{U_m}{L}\cos\omega t\cdot dt.$$

Bu ifodani integrallab va o‘zgaruvchan tok holida integrallash doimiysi nolga tengligini hisobga olib topamiz:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



187- rasm.

$$I = \frac{U_m}{\omega L}\sin\omega t = \frac{U_m}{\omega L}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = I_m \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), \qquad (112.7)$$

bu yerda

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}. \qquad (112.8)$$

Bu ifodani Om qonuni bilan solishtirsak, maxrajdagi kattalik qarshilik bo‘lishi kerakligini tushunamiz:

$$R_L = \omega L. \qquad (112.9)$$

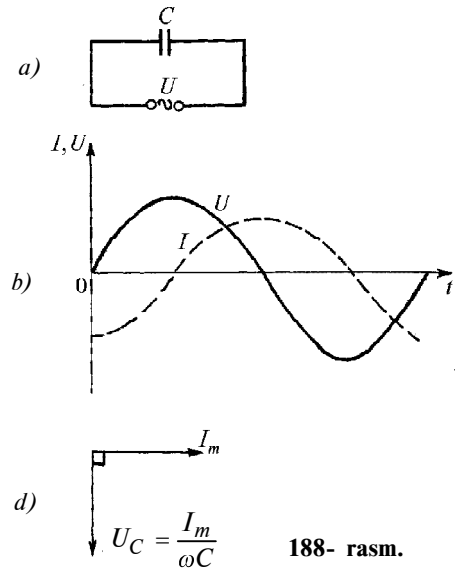
U *reaktiv induktiv qarshilik* (yoki induktiv qarshilik) deyiladi. (112.9) ifodadan ko‘rinib turibdiki, $\omega = 0$ bo‘lganda (ya’ni tok o‘zgarmas bo‘lganda), induktiv qarshilik nolga teng bo‘ladi. (112.8) dan $U_m = \omega L I_m$ ni aniqlab, induktiv g‘altakdagi kuchlanish tushishini aniqlashimiz mumkin:

$$U_L = L\frac{dI}{dt} = U_m \cos\omega t = \omega L I_m \cos\omega t. \qquad (112.10)$$

(112.7) va (112.10) ni solishtirib, g‘altakdagi kuchlanish tushishi U_L undagi tok I dan $\frac{\pi}{2}$ fazaga oldinga ketishini ko‘ramiz (187- *b* rasm). Kuchlanish va tok kuchi amplitudaviy qiymatlarining vektor diagrammalari 187- *d* rasmda ko‘rsatilgan.

O‘zgaruvchan tok zanjirida kondensator. Demak, zanjirda faqat C sig‘imli kondensator mavjud bo‘lib: $R \to 0$, $L \to 0$ (188- *a* rasm).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



188- rasm.

Agar zanjirga (112.1) ko‘rinishdagi o‘zgaruvchan kuchlanish qo‘yilgan bo‘lsa, kondensator hamma vaqt zaryadlanaveradi va zanjirdan tok oqadi:

$$\frac{Q}{C} = U_C = U_m \cos \omega t. \qquad (112.11)$$

Tok kuchi

$$I = \frac{dQ}{dt} = -\omega C U_m \sin \omega t = I_m \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right), \qquad (112.12)$$

bu yerda

$$I_m = \omega C U_m = \frac{U_m}{\left[\frac{1}{\omega C}\right]}.$$

Bu ifodani Om qonuni bilan solishtirsak, maxrajdagi kattalik qarshilik bo‘lishi kerakligini tushunamiz:

$$R_C = \frac{1}{\omega C}. \qquad (112.13)$$

Bu kattalik reaktiv *sig‘im qarshilik* (yoki sig‘im qarshilik) deyiladi. (112.13) ifoda o‘zgarmas tok ($\omega = 0$) bo‘lganda, $R_C = \infty$ bo‘lib, o‘zgarmas tok kondensatordan oqmasligini ko‘rsatadi. Shunday qilib, kondensatordagi kuchlanish tushishi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$U_C = U_m \cos t = \frac{1}{\omega C} \cdot I_m \cdot \cos \omega t. \qquad (112.14)$$

(112.12) va (112.14)ni solishtirib, kondensatordagi kuchlanish tushishi U_C kondensatordan oqayotgan tok kuchi I dan faza bo‘yicha $\frac{\pi}{2}$ ga orqada qolishini ko‘ramiz (188- *b* rasm). Kuchlanish va tok kuchi amplitudaviy qiymatlarining vektor diagrammalari 188- *d* rasmda ko‘rsatilgan.



Sinov savollari

1. O‘zgaruvchan tok zanjiridagi faol qarshilikdan oqayotgan tok kuchining oniy qiymati qanday aniqlanadi? 2. Faol qarshilikdagi tok kuchi va kuchlanishlar amplitudaviy qiymatlarining fazalar farqi nimaga teng? 3. Induktiv g‘altakli o‘zgaruvchan tok zanjiridagi tokning amplitudaviy qiymati nimaga teng? 4. Reaktiv induktiv qarshilik nimaga teng? 5. Reaktiv induktiv qarshilik chastota ortishi bilan qanday o‘zgaradi? 6. G‘altakdagi kuchlanish tushishi va tok kuchi fazalari mos keladimi? 7. Kuchlanish tushishi va tok kuchi amplitudaviy qiymatlarining vektor diagrammasini tushuntirib bering. 8. Kondensatorli o‘zgaruvchan tok zanjiridagi tok kuchi qanday aniqlanadi? 9. Reaktiv sig‘im qarshilik nimaga teng? 10. Reaktiv sig‘im qarshilik chastota ortishi bilan o‘zgaradimi? 11. Chastota nolga teng bo‘lganda, reaktiv sig‘im qarshilikning cheksiz katta bo‘lishini qanday tushuntirasiz? 12. Kondensatordagi kuchlanish tushishi va tok kuchi fazalari orasida qanday farq mavjud?



113- §. O‘zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni

M a z m u n i: o‘zgaruvchan tok zanjirida R, L, C; zanjirdagi kuchlanish va tok kuchi; kuchlanish va tok kuchi orasidagi fazalar farqi; to‘la reaktiv qarshilik; kuchlanishlar rezonansi.

O‘zgaruvchan tok zanjirida *R, L, C.* O‘zgaruvchan tok zanjirida R aktiv qarshilik, L induktivlikli g‘altak, C sig‘imli kondensatorlar ketma-ket ulangan holni ko‘raylik (189- *a* rasm). Zanjirga o‘zgaruvchan kuchlanish berilganda zanjirning har bir elementida U_R, U_m va U_C kuchlanish tushishlari ro‘y beradi. 189- *b* rasmda ular amplitudalarining vektor diagrammalari ko‘rsatilgan.

Zanjirga qo‘yilgan kuchlanish amplitudasi U_m shu kuchlanish tushishlarining vektor yig‘indisiga teng bo‘lmog‘i kerak.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Zanjirdagi kuchlanish va tok kuchi. Zanjirdagi kuchlanishni hosil bo‘lgan uchburchak yordamida quyidagicha aniqlaymiz:

$$U_m^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2.$$

Yoki

$$U_m = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}. \qquad (113.1)$$

Agar kuchlanish tushishlarining ifodalaridan foydalansak,

$$U_m = \sqrt{(I_m R)^2 + \left[\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) I_m\right]^2} \qquad (113.2)$$

ni hosil qilamiz. Shuningdek, o‘zgaruvchan tok zanjiridagi to‘la qarshilik:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}. \qquad (113.3)$$

Unda o‘zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni:

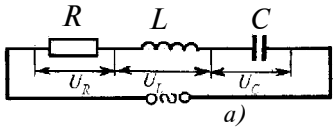
$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}. \qquad (113.4)$$

Kuchlanish va tok kuchi orasidagi fazalar farqi. 189- *b* rasmdan ko‘rinib turibdiki, kuchlanish va tok kuchi orasidagi fazalar farqi α ga teng. Uni aniqlaymiz:

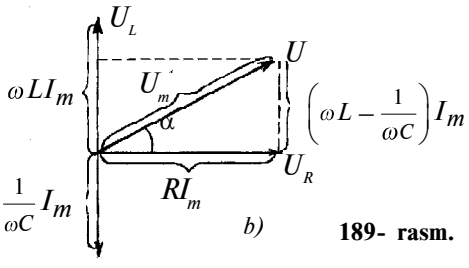
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}. \qquad (113.5)$$

Demak, zanjirdagi kuchlanish

$$U = U_m \cos \omega t$$



a)



b)

189- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

qonun bo‘yicha o‘zgarsa, unda zanjirdan

$$I = I_m \cos(\omega t - \alpha)$$

tok kuchi oqadi.

To‘la reaktiv qarshilik. O‘zgaruvchan tok zanjiri uchun

$$X = R_L - R_C = \omega L - \frac{1}{\omega C} \qquad (113.6)$$

ifoda *to‘la reaktiv qarshilik* deyiladi. (Reaktiv qarshilikdan tok o‘tganda issiqlik ajralmaydi.)

Kuchlanishlar rezonansi. Endi zanjirda reaktiv qarshilik nolga teng bo‘lgan holni ko‘raylik:

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0. \qquad (113.7)$$

Unda zanjirda kuchlanishlar rezonansi ro‘y berib, Om qonuni quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$I_m = \frac{U_m}{R}. \qquad (113.8)$$

Bunda zanjirdagi tok kuchi eng katta qiymatiga erishib, fazasi kuchlanish fazasi bilan mos keladi. Aktiv qarshilik, induktiv g‘altak va kondensator ketma-ket ulangan o‘zgaruvchan tok zanjiridagi rezonans *kuchlanishlar rezonansi* deyiladi. Bunga sabab induktiv g‘altak va kondensatordagi kuchlanishlarning zanjirga kirishdagi kuchlanishdan ancha katta bo‘lganligidir.

(113.7) ifodadan ω ni topamiz:

$$\omega_{rez} = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \qquad (113.9)$$

Demak, chastota aynan shu shartni bajaruvchi qiymatni qabul qilganida, o‘zgaruvchan tok zanjirida kuchlanishlar rezonansi ro‘y beradi. ω_{rez} *rezonans chastotasi* deyiladi.



Sinov savollari

1. Zanjirda *R, L, C* bo‘lganda, ulardagi kuchlanish tushishlarining vektor diagrammalarini tushuntiring. 2. Zanjirga qo‘yilgan kuchlanish amplitudasi kuchlanish tushishlari bilan qanday bog‘langan? 3. Zanjirdagi kuchlanish qanday aniqlanadi? 4. O‘zgaruvchan tok zanjiridagi to‘la qarshilikchi? 5. O‘zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni. 6. Kuchlanish va tok kuchi orasidagi fazalar farqi. 7. To‘la reaktiv qarshilik. 8. Reaktiv qarshilik aktiv qarshilikdan nima bilan farq qiladi? 9. To‘la reaktiv qarshilik nolga teng

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

bo‘lganda, zanjirdagi tok kuchi qanday bo‘ladi? 10. Shu shartda tok kuchi va kuchlanishlar orasidagi fazalar farqi qanday bo‘ladi? 11. Kuchlanishlar rezonansi deb qanday rezonansga aytiladi? 12. Rezonans chastota nimaga teng?



114- §. O‘zgaruvchi tokning ishi va quvvati

M a z m u n i : o‘zgaruvchan tok quvvatining oniy qiymati; o‘zgaruvchan tokning o‘rtacha quvvati; quvvat koeffitsiyenti; o‘zgaruvchan tokning ishi.

O‘zgaruvchan tok quvvatining oniy qiymati. O‘zgarmas tokning quvvati

$$P = I \cdot U \qquad (114.1)$$

ifoda bilan aniqlanishini bilamiz. O‘zgaruvchan tokning oniy quvvatini ham kuchlanish va tok kuchining oniy qiymatlari orqali (114.1)ga o‘xshash ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$P(t) = U(t) \cdot I(t), \qquad (114.2)$$

bu yerda $U(t)=U_m \cos\omega t$, $I(t) = I_m \cos(\omega t - \varphi)$ — o‘zgaruvchan tok zanjiridagi kuchlanish va tok kuchining qiymatlari (113- § ga qarang). $U(t)$ va $I(t)$ larning qiymatlarini (114.2)ga qo‘yib va $\cos(\omega t - \varphi)$ ni ochib, quyidagi ifodani olamiz:

$$P(t) = I_m U_m \cos(\omega t - \varphi)\cos\omega t =$$

$$= I_m U_m(\cos^2 \omega t \cdot \cos\varphi + \sin\omega t \cdot \cos\omega t \cdot \sin\varphi). \qquad (114.3)$$

O‘zgaruvchan tokning o‘rtacha quvvati. Amalda quvvatning oniy qiymati emas, balki uning o‘rtacha qiymati ahamiyatga egadir.

$< \cos^2 \omega t > = \frac{1}{2}$, $< \sin\omega t \cdot \cos\omega t > = 0$ ekanligini e’tiborga olsak, (114.3) dan quyidagini olamiz:

$$\langle P \rangle = \frac{1}{2} I_m U_m \cos\varphi. \qquad (114.4)$$

Agar $U_m \cos\alpha = I_m R$ ekanligini e’tiborga olsak (189- *b* rasmga qarang), o‘rtacha quvvat uchun quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$\langle P \rangle = \frac{1}{2} R I_m^2. \qquad (114.5)$$

$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ tok kuchiga ega bo‘lgan o‘zgarmas tok ham shunday quvvatga ega bo‘lar edi.

$$I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, U_{ef} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \qquad (114.6)$$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

kattaliklar mos ravishda **tokning va kuchlanishning effektiv qiymatlari deyiladi.** Barcha ampermetrlar va voltmetrlar tokning va kuchlanishning effektiv qiymatlarini aniqlashga mo‘ljallangan.

Quvvat koeffitsiyenti. Agar tok kuchi va kuchlanishning effektiv qiymatlari uchun yozilgan (114.6) ifodadan foydalansak, quvvatning o‘rtacha qiymati uchun yozilgan (114.4) ifoda quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\langle P \rangle = I_{ef} \cdot U_{ef} \cdot \cos\varphi, \qquad (114.7)$$

bu yerdagi cosφ ko‘paytuvchi *quvvat koeffitsiyenti* deyiladi.

(114.7) formulaning ko‘rsatishicha, o‘zgaruvchan tok zanjiridan ajraladigan quvvat nafaqat tok kuchi va kuchlanishga emas, balki ular fazalari orasidagi siljishga ham bog‘liq bo‘ladi. Agar zanjirda reaktiv qarshilik bo‘lmasa ($X = 0$), unda cosφ = 1 va

$$P = I \cdot U \qquad (114.8)$$

bo‘ladi. Agar zanjirda faqat reaktiv qarshilik bo‘lsa ($R = 0$), unda cosφ = 0, tok kuchi va kuchlanish qancha katta bo‘lishidan qat’iy nazar o‘rtacha quvvat nolga teng bo‘ladi. Agar cosφ ning qiymati birdan juda kichik bo‘lsa, unda generatorning berilgan kuchlanishida so‘ralgan quvvatni uzatish uchun tok kuchining qiymatini oshirish kerak. Bu esa yoki zanjirda qo‘shimcha issiqlik miqdori ajralishiga, yoki o‘tkazgich ko‘ndalang kesimini kattalashtirish natijasida elektr uzatish liniyalarining qimmatlashuviga olib keladi. Shuning uchun ham amalda cos φ ning qiymatini orttirishga harakat qilinadi. Uning sanoat uskunalari uchun qabul qilishi mumkin bo‘lgan eng kichik qiymati taxminan 0,85ni tashkil qiladi.

O‘zgaruvchan tokning ishi. O‘zgaruvchan tokning T vaqt davomidagi o‘rtacha ishini topaylik. Bu ish o‘rtacha quvvatning davrga ko‘paytmasi bilan aniqlanadi:

$$A = \langle P \rangle \cdot T. \qquad (114.9)$$

Agar o‘rtacha quvvat uchun topilgan (114.4) va (114.5) ifodalardan foydalansak, olamiz:

$$\langle A \rangle = \frac{1}{2} I_m \cdot U_m \cdot T \cos\varphi; \qquad (114.10)$$

$$\langle A \rangle = \frac{1}{2} R T I_m^2. \qquad (114.11)$$



Sinov savollari

1. O‘zgaruvchan tokning quvvati nimaga teng? 2. O‘zgaruvchan tokning oniy quvvati nimaga teng? 3. O‘zgaruvchan tokning o‘rtacha quvvati-chi?

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4. Tok kuchi va kuchlanishlarning effektiv qiymatlari nimaga teng? 5. O‘zgaruvchan tok quvvati, tok kuchi va kuchlanishlarning effektiv qiymati ifodalari. 6. Quvvat koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi? 7. Agar zanjirda reaktiv qarshilik bo‘lmasa, quvvat nimaga teng bo‘ladi? 8. Agar zanjirda aktiv qarshilik bo‘lmasa, o‘rtacha quvvat nimaga teng bo‘ladi? 9. Nima uchun quvvat koeffitsiyentining qiymati birdan juda kichik bo‘lishi yaxshi emas? 10. Quvvat koeffitsiyentining eng maqbul qiymati nimaga teng? 11. O‘zgaruvchan tokning T vaqt davomidagi o‘rtacha ishi nimaga teng?

115- §. Uch fazali tok haqida tushuncha

M a z m u n i: ko‘p fazali tokka zarurat; uch fazali tok.

Ko‘p fazali tokka zarurat. XIX asrning 90- yillarigacha bir fazali tokdan foydalanib kelingan bo‘lib, generatordan iste’molchiga qadar ikkita sim tortilgan va asosan yoritishda foydalanilgan. Lekin bir fazali tok bilan ishlovchi kuchli elektr dvigatellarini yasash muvaffaqiyatsizlikka uchragan. Shuning uchun ham ko‘p fazali tokdan foydalanish g‘oyasi paydo bo‘lgan.

1889 — 1891- yillarda rus elektrotexnigi M. D o l i v o - D o b r o v o l s k i y uch fazali tok sistemasini taklif qildi. Bu taklif tez orada keng qo‘llanila boshlandi. Ayniqsa, barcha elektrotexnik qurilmalar uch fazali tokda ishlay boshladi.

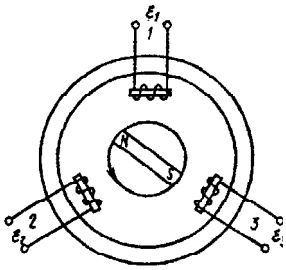
Elektr zanjirlarning uch fazali sistemasi deb, EYK ning fazalari bir-biridan $^1/_3$ davrga siljigan, o‘zgaruvchan tokning bir xil chastotali uchta elektr zanjiridan iborat sistemasiga aytiladi. Agar EYK larning fazalari o‘zaro teng bo‘lsa, *simmetrik sistema* deyiladi. Uch fazali sistemaning har bir alohida zanjiri qisqacha qilib *faza* deyiladi. 190- *a* rasmda eng sodda uch fazali tok generatorining sxemasi ko‘rsatilgan. Generator bir-biridan $\frac{2}{3}\pi$ burchakka burilgan uchta o‘ramdan iborat. Rotor o‘zgarmas tezlik bilan aylanganda g‘altaklarda bir xil chastotali, bir xil amplitudali, lekin fazalari bir-biridan $\frac{1}{3}$ davrga farq qiluvchi o‘zgaruvchan EYK induksiyalanadi. O‘ramlardagi EYK lar quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

1-o‘ramda: $1_1 = 1_0 \sin \omega t$;

2-o‘ramda: $1_2 = 1_0 \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right)$;

3-o‘ramda: $1_3 = 1_0 \sin\left(\omega t - \frac{4}{3}\pi\right)$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



190- rasm.

O‘ramlardagi EYK ning o‘zgarishi 190- *b* rasmda grafik ravishda ko‘rsatilgan.

Uch fazali generatorning har bir o‘rami mustaqil elektr energiyasi manbayi bo‘ladi. Demak, bunday generator uchta bir fazali tok generatori jamlamasiga teng kuchli ekan. Agar bu generatorlarni bir-birlari bilan bog‘lanmagan deb hisoblasak, unda uch fazali generatordan elektr energiyani iste’molchiga uzatish uchun oltita o‘tkazgich kerak bo‘ladi. Bunday sistema o‘ta noqulaydir . Shuning uchun ham tutashtiruvchi simlar sonini kamaytirish maqsadida generator o‘ramlarini yulduz yoki uchburchak usulida ulashdan foydalaniladi.

Sinov savollari

1. O‘n to‘qqizinchi asrning to‘qsoninchi yillarigacha qanday tokdan foydalanilgan? 2. Ko‘p fazali tokka qanday zarurat tug‘ilgan? 3. Uch fazali tok sistemasini kim taklif qilgan? 4. Uch fazali tok sistemasi deb nimaga aytiladi? 5. Simmetrik sistema deb nimaga aytiladi? 6. Uch fazali tok generatorining ish prinsipi. 7. Uch fazali tok generatorining tuzilishi. 8. O‘zgaruvchan EYK ning davrlari bir-biridan farq qiladimi? 9. O‘ramlardagi EYK larning ifodalari qanday? 10. O‘zgaruvchan tok generatori o‘ramlarini ulash usullarini aytib bering.

116- §. O‘zbekistonda elektrlashtirish istiqbollari

M a z m u n i : O‘zbekistonda elektr energiya ishlab chiqarishning holati; elektrlashtirish istiqbollari.

O‘zbekistonda elektr energiya ishlab chiqarishning holati. Elektr energiyasidan foydalanish O‘zbekistonda yigirmanchi asrning dastlabki yillarida boshlangan va ikkita elektr stansiyasi qurilgan. Ularning biri Toshkent shahridagi tramvayni elektr bilan ta’minlash, ikkinchisi esa shaharni yoritish uchun ishlatilgan. Keyinchalik gidroelektr stansiyalari qurila boshlangan. Shu asr 50- yillarining ikkinchi yarmiga

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

kelib, O‘zbekistonda tabiiy gazning juda boy zaxiralarining topilishi elektr energiyasi ishlab chiqarishni keskin oshirish imkoniyatlarini vujudga keltirdi. 60 — 70- yillarda tabiiy gaz negizida ishlaydigan Toshkent, Navoiy, Taxiatosh, Sirdaryo issiqlik elektr stansiyalari, Angren ko‘mir koni asosida ishlaydigan Angren issiqlik elektr stansiyalari ishga tushirilishi natijasida umumiy elektr ishlab chiqarishda issiqlik elektr stansiyalarining hissasi 80% ga yetdi. Shu bilan birga elektr uzatish liniyalari va shaharlar yaqinida kichik stansiyalarni barpo etish davom ettirildi. Hozir O‘zbekiston energetika sistemasi yiliga 55 milliard kW · soatdan ortiq elektr energiyasi ishlab chiqara olish quvvatiga ega bo‘lgan 37 ta issiqlik va gidroelektr stansiyalaridan iboratdir. Barcha kuchlanishlardagi elektr tarmoqlarining umumiy uzunligi qariyb 228 ming km ni tashkil qiladi. Ularning 5,5 ming km — 220 kV li, 1,7 ming km esa 500 kV li yuqori kuchlanishli liniyalardir.

Elektrlashtirish istiqbollari. O‘zbekistonda gidroelektr stansiyalarning soni yigirma yettita. 1995- yilda ularda 6331,2 mln. kW· ·soat elektr energiyasi ishlab chiqarildi. Istiqbolda Pskom daryosi, To‘palang, Hisarak, Ohangaron suv omborlarida gidroelektr stansiyalarini qurish mo‘ljallangan. (Yirik gidroelektr stansiyalari ro‘yxati 11- jadvalda keltirilgan.)

Issiqlik elektr stansiyalarining qurilishi natijasida 1995- yilda energetika sistemasining o‘rnatilgan quvvatlari 11,3 ming MW ga yetdi. Yaqin yillarda Yangi Angren va Tallimarjon issiqlik elektr stansiyalarini ishga tushirish rejalashtirilgan. (Yirik issiqlik elektr stansiyalari ro‘yxati 12- jadvalda va issiqlik elektr markazlari ro‘yxati 13- jadvalda keltirilgan.)

11- jadval

O‘zbekistondagi eng yirik gidroelektr stansiyalari

Nomi	O‘rnatilgan quvvatlar MW	Turbinalar soni	Qurilgan yillar	Suv manbayi
Chorvoq GES	620,5	4	1970—1972	Chirchiq
Xo‘jakent GES	165	3	1976	Chirchiq
G‘azalkent GES	120	3	1980—1981	Chirchiq
Farhod GES	126	4	1948—1949	Sirdaryo

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

12- jadval

O‘zbekistondagi eng yirik issiqlik elektr stansiyalari

Nomi	O‘rnatil-gan quvvatlar, MW	Agregatlar soni	Qurilgan yillar	Joylashgan shahar	Izoh
Sirdaryo IES	3000	10	1972—1981	Shirin	Loyiha quvvati 240 MW
Yangi Angren IES	1800	6	1985-yilda boshlangan	Nurobod	Loyiha quvvati 320 MW
Toshkent IES	1860	12	1963—1971	Toshkent	
Navoiy IES	1250	11	1963—1981	Navoiy	
Angren IES	484	8	1957—1963	Angren	
Taxiatosh IES	730	5	1961—1990	Taxiatosh	
Tallimar-jon IES	—	—	1984- yilda boshlangan	Nuriston	

13- jadval

Yirik issiqlik elektr markazlari

Nomi	O‘rnatil-gan quvvatlar, MW	Qurilgan yillar	Joylashgan shahar	Izohlar
Farg‘ona IEM	330	1956—1979	Qirguli	Loyiha quvvati 140 MW
Muborak IEM	60	1985—1988	Muborak	
Toshkent IEM	30	1939—1954	Toshkent	

Izoh. Raqamlar 1995- yildagi holat uchun olingan.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Sinov savollari

1. O‘zbekistonni elektrlashtirish qachon boshlangan? 2. O‘zbekistonda nima uchun issiqlik elektr stansiyalarini qurishga ko‘proq e’tibor berilgan? 3. Qanday issiqlik elektr stansiyalarini bilasiz? 4. Umumiy elektr energiyasi ishlab chiqarishda issiqlik elektr stansiyalarining hissasi qancha? 5. Hozir O‘zbekiston energetika sistemasi yiliga qancha elektr energiyasi ishlab chiqarish quvvatiga ega? 6. O‘zbekistonda nechta elektr stansiyalari mavjud? 7. O‘zbekistondagi elektr tarmoqlarining umumiy uzunligi qancha? 8. Qancha yuqori kuchlanishli liniyalar mavjud? 9. O‘zbekistonda nechta gidroelektr stansiyalar mavjud? 10. Eng yirik gidroelektr stansiyalarning nomlari va xarakteristikalarini keltiring. 11. Istiqbolda qanday gidroelektr stansiyalarni qurish mo‘ljallanmoqda? 12. Eng yirik issiqlik elektr stansiyalarining nomlari va xarakteristikalarini keltiring. 13. Eng yirik issiqlik elektr markazlarining nomlari va xarakteristikalarini keltiring. 14. Issiqlik elektr stansiyalarining istiqbollari.



Masalalar yechish namunalari

1 - m a s a l a . G‘altak chulg‘ami ko‘ndalang kesimining yuzasi 1 mm^2 bo‘lgan 500 ta mis sim o‘ramidan iborat. G‘altakning uzunligi 50 sm, diametri 5 sm. G‘altakning to‘la qarshiligi uning aktiv qarshiligidan ikki marta katta bo‘lishi uchun unga qanday chastotali o‘zgaruvchan tok ulanishi kerak?

Berilgan:

$S = 1\ \text{mm}^2 = 10^{-6}\ \text{m}^2$;
$N = 500$;
$l = 50\ \text{sm} = 0{,}5\text{m}$;
$d = 5\ \text{sm} = 5 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$;
$Z/R = 2$;
$\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$.

$\nu = ?$

Yechish. Zanjirda kondensator bo‘lmaganligi uchun $R_C = 0$ va to‘la qarshilik quyidagicha aniqlanadi:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}.$$

Bu ifodadan ω ni topib olamiz:

$$\omega = \frac{R}{L}\sqrt{\left(\frac{Z}{R}\right)^2 - 1} = \sqrt{3}\,\frac{R}{L}.$$

Bu yerda $Z/R = 2$ ligini e’tiborga oldik. Agar $\omega = 2\pi\nu$ ligidan ham foydalansak,

$$\nu = \frac{\sqrt{3}}{2\pi}\,\frac{R}{L}$$

bo‘ladi. Bu yerda R — aktiv qarshilik: $R = \rho\,\frac{l_{sim}}{S} = \rho\,\frac{\pi \cdot d \cdot N}{S}$.

Simning uzunligi $l_{sim} = \pi d \cdot N$ ekanligidan foydalandik. Induktivlik L esa

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$L=\mu_0\left(\frac{N}{l}\right)^2 V=\mu_0\left(\frac{N}{l}\right)^2\cdot l\cdot\pi\frac{d^2}{4}=\pi\mu_0\frac{d^2N^2}{4l}.$$

R va L lar uchun topilgan ifodalardan foydalanib, ν ni aniqlaymiz:

$$\nu=\frac{2\sqrt{3}\rho\cdot l}{\pi\mu_0 d\cdot S\cdot N}.$$

Kattaliklarning son qiymatlaridan foydalanib quyidagini olamiz $\left(\mu_0=4\pi\cdot10^{-7}\ \text{H/m}\right)$:

$$\nu=\frac{2\sqrt{3}\cdot1{,}7\cdot10^{-8}\cdot0{,}5}{4\pi^2\cdot10^{-7}\cdot5\cdot10^{-2}\cdot10^{-6}\cdot500}\ \text{Hz}\approx240\ \text{Hz}.$$

Javob: $\nu=240$ Hz.

2 - masala. Tebranish konturining induktivligi 0,5 mH. 300 m to‘lqin uzunligida rezonans ro‘y berishi uchun konturning elektr sig‘imi qanday bo‘lishi kerak?

Berilgan:

$L=0{,}5\text{mH}=5\cdot10^{-4}$ H;

$\lambda=300$ m.

$C_0=?$

Yechish. Tebranish konturidagi tebranish davri Tomson formulasiga muvofiq aniqlanadi:

$$T=2\pi\sqrt{LC_0}.$$

Ikkinchi tomondan, rezonans ro‘y beradigan tebranish davri va rezonans to‘lqin uzunligi quyidagicha bog‘langan:

$$\lambda=cT,$$

bundan esa

$$T=\frac{\lambda}{c}.$$

Bu yerda $c=3\cdot10^8$ m/s — yorug‘likning vakuumdagi tezligi. Tebranish davri uchun topilgan ifodalarni tenglashtirib, undan elektr sig‘imi C_0 ni topamiz:

$$\frac{\lambda}{c}=2\pi\sqrt{LC_0}\ \text{ yoki }\ C_0=\frac{\lambda^2}{4\pi^2c^2L}.$$

Kattaliklarning son qiymatlaridan foydalanib quyidagini topamiz:

$$C_0=\frac{(300)^2}{4\cdot(3{,}14)^2(3\cdot108)^2\cdot5\cdot10^{-4}}\ \text{F}=0{,}051\cdot10^{-9}\ \text{F}=51\ \text{pF}.$$

Javob: $C_0=51$ pF.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 220 V kuchlanishli, 50 Hz chastotali o‘zgaruvchan tok zanjiriga 35,4 μF sig‘imli kondensator, 100 Ω aktiv qarshilik va 0,7 H induktivlikli g‘altak ketma-ket ulangan. Zanjirdagi tok kuchi, kondensator, induktivlik va aktiv qarshilikdagi kuchlanish tushishi topilsin. (I_m = 1,34 A; U_C = 121V, U_R = 134 V, U_L = 295 V.)
2. Tebranish konturi 8 pF sig‘imli kondensator va 0,5 mH induktivlikli g‘altakdan iborat. Agar tok kuchining maksimal qiymati 40 mA bo‘lsa, kondensator qoplamalaridagi maksimal kuchlanish topilsin. (U_{max} = 316 V.)
3. Tebranish konturi parallel ulangan induktiv g‘altak va kondensatordan iborat. G‘altak 1000 o‘ramdan iborat bo‘lib, uzunligi 50 sm va ko‘ndalang kesim yuzasi 3 sm^2. Kondensator qoplamalarining yuzasi 75 sm^2 dan bo‘lib, ular orasidagi 5 mm oraliq havo bilan to‘ldirilgan. Konturning tebranish davri topilsin. (T = 0,6 μs.)
4. Tebranish konturi 0,5 nF sig‘imli kondensator va 0,4 mH induktivlikli g‘altakdan iborat. Konturda hosil bo‘ladigan to‘lqinlarning to‘lqin uzunligi aniqlansin. (λ = 843 m.)

Test savollari

1. Berilgan ifodalardan elektromagnit tebranishlar tenglamasi va Tomson formulalarini ko‘rsating:

A. $Q=Q_0\sin(\omega_0 t+\varphi_0)$; $T=2\pi\sqrt{LC}$.

B. $U=\frac{Q}{C}$; $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.

C. $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$; $T=\frac{2\pi}{\omega_0}$.

D. $I=\frac{dQ}{dt}$; $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

E. To‘g‘ri javob yo‘q.

2. Tebranish konturida tok kuchi I = 0,01 cos 1000 t qonuniga bog‘liq holda o‘zgarmoqda. Tebranish konturi kondensatorining sig‘imi $2\cdot10^{-5}$ F bo‘lsa, induktivligini aniqlang.

A. 0,01 H. B. 0,02 H. C. 0,03 H.
D. 0,04 H. E. 0,05 H.

3. Berilgan tenglamalar orasida induktiv qarshilik ifodasini toping.

A. $R_L=L\omega$. B. $R=\rho\frac{l}{S}$. C. $x=\frac{1}{C\omega}$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

D. $R=\frac{U}{I}$. E. $I_m=\frac{U_m}{\omega L}$.

4. Tebranish konturining induktivligini va sig‘imini to‘rt marta oshirsak, kontur tebranishining davri qanday o‘zgaradi?

A. 4 marta oshadi. B. 4 marta kamayadi.
C. 16 marta oshadi. D. 16 marta kamayadi.
E. O‘zgarmay qoladi.

Asosiy xulosalar

Elektromagnit tebranishlar deb, zaryadlarning, toklarning, elektr va magnit maydon kuchlanganliklarining davriy va bir-biriga bog‘liq ravishda o‘zgarishiga aytiladi.

Elektromagnit tebranishlar tenglamasi

$$\frac{d^2Q}{dt}+\omega_0^2Q=0$$

ko‘rinishga ega.

Tebranishlarning siklik chastotasi: $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$, davri esa $T=2\pi\sqrt{LC}$ kabi aniqlanadi.

Vaqt davomida yo‘nalishi va kuchi o‘zgarib turadigan tok *o‘zgaruvchan tok* deyiladi.

Bir sekunnddagi to‘la tebranishlar soni o‘zgaruvchan tokning chastotasi deyiladi. Xalq xo‘jaligida foydalaniladigan tokning chastotasi: $\nu=50$Hz.

Turli xil energiyalarni elektr energiyaga aylantirib beradigan qurilmalarga *o‘zgaruvchan tok generatori* deyiladi.

Elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirib beradigan qurilmaga *elektrodvigatel* deyiladi.

O‘zgaruvchan tokning quvvati: $<P>=\frac{1}{2}RI_m^2$.

O‘zgaruvchan tokning ishi: $<A>=\frac{1}{2}RTI_m^2$.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

XVIII BOB. ELEKTROMAGNIT TO‘LQINLAR

Elektromagnit induksiya hodisasini chuqur tahlil qilgan ingliz fizigi J. Maksvell elektr va magnit maydonlar o‘zaro bir-birlariga bog‘liq degan xulosaga keldi. Ulardan birortasining o‘zgarishi ikkinchisini vujudga keltiradi. Ular yagona elektromagnit maydonning elektr yoki magnit maydonlar ko‘rinishida namoyon bo‘lishidir.

Elektromagnit maydon materiyaning maxsus ko‘rinishi bo‘lib, u bizning ongimizdan tashqarida mavjud.

Elektromagnit to‘lqinlar esa o‘zgaruvchan elektromagnit maydonning fazoda tarqalishidir.

117- §. Uyurmali elektr maydon. Siljish toki

Mazmuni: uyurmali elektr maydon; siljish toki.

Uyurmali elektr maydon. O‘zgaruvchan magnit maydonda turgan harakatsiz o‘tkazgichda induksiya EYK ning vujudga kelishi haqida yuqorida fikr yuritilgan edi. Lekin elektr toki vujudga kelishi uchun zaryad tashuvchilarni harakatga keltiruvchi tashqi kuchlar mavjud bo‘lmog‘i kerak. Unda mazkur holda elektronlarni qanday kuchlar harakatga keltiradi, degan savol tug‘iladi.

Tabiiyki, bu kuch issiqlik jarayonlariga ham, kimyoviy jarayonlarga ham bog‘liq emas. U Lorens kuchi ham emas. Chunki u harakatsiz zaryadga ta’sir etmaydi. Maksvell magnit maydonning har qanday o‘zgarishi elektr maydonni vujudga keltiradi va aynan ana shu elektr maydon harakatsiz o‘tkazgich ichidagi elektronlarni harakatga keltirib, zanjirda induksion EYK ning paydo bo‘lishiga sabab bo‘ladi, degan gipotezani olg‘a surdi.

Demak, elektr zaryadi hosil qilgan elektr maydondan farqli o‘laroq, magnit maydonning o‘zgarishi natijasida vujudga keladigan elektr maydonning kuch chiziqlari yopiq chiziq xarakteriga ega, ya’ni uyurmali maydondir.

Maksvell elektromagnit induksiya hodisasini tahlil qilib, induksiya EYK ning vujudga kelishiga sabab — uyurmali elektr maydonning vujudga kelishidadir, o‘tkazgich esa ikkinchi darajali rol o‘ynaydi va bu maydonni qayd qiluvchi asbobgina bo‘lib xizmat qiladi, degan fikrga keldi.

Shuning uchun ham, elektromagnit induksiya hodisasining asosiy ahamiyati elektr tokini vujudga keltirishda emas, balki uyurmali elektr

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

maydonning vujudga kelishini tasdiqlaganligidadir. Demak, magnit maydonning har qanday o‘zgarishi uyurmali elektr maydonni vujudga keltiradi.

Siljish toki. Agar magnit maydonning har qanday o‘zgarishi uyurmali elektr maydonni vujudga keltirsa, unda teskarisi, ya’ni elektr maydonning o‘zgarishi uyurmali magnit maydonni vujudga keltirmaydimi, degan savol tug‘iladi.

Maksvell bu savolga shunday javob beradi: elektr maydonning har qanday o‘zgarishi atrofda uyurmali magnit maydonni vujudga keltirishi kerak. O‘zgarayotgan elektr maydon va u vujudga keltiradigan magnit maydon o‘rtasida miqdoriy munosabatni o‘rnatish uchun Maksvell **siljish toki** tushunchasini kiritdi. Uning fikriga ko‘ra, magnit maydon mavjud bo‘lar ekan, uni vujudga keltiradigan tok ham mavjud bo‘lmog‘i darkor. Shuni ta’kidlash lozimki, siljish toki elektr toki ega bo‘ladigan faqat bittagina xususiyatga, ya’ni magnit maydon hosil qila olish xususiyatigagina egadir. U elektr toki ega bo‘lgan boshqa birorta ham xususiyatga ega emas.



Sinov savollari

1. Elektromagnit to‘lqinlar deb nimaga aytiladi? 2. O‘zgaruvchan magnit maydonda turgan harakatsiz o‘tkazgichda induksiya EYK vujudga keladimi? 3. Harakatsiz o‘tkazgich ichidagi zaryadlarni qanday kuch harakatga keltiradi? 4. Nima uchun bu kuch Lorens kuchi bo‘lolmaydi? 5. Maksvellning gipotezasi nimadan iborat? 6. Magnit maydon hosil qilgan elektr maydon qanday xarakterga ega? 7. Elektromagnit induksiya hodisasi haqida Maksvell xulosasi. 8. Elektromagnit induksiya hodisasining asosiy ahamiyati nimadan iborat? 9. Qachon uyurmali elektr maydon vujudga keladi? 10. Elektr maydonning o‘zgarishi nimani vujudga keltiradi? 11. Siljish toki tushunchasi nima maqsadda kiritilgan? 12. Siljish toki odatdagi elektr tokidan nimasi bilan farq qiladi?



118- §. Elektromagnit maydon uchun Maksvell nazariyasi

M a z m u n i: elektromagnit maydon; Maksvell nazariyasi; Maksvell nazariyasining xulosalari; elektromagnit maydon energiyasi.

Elektromagnit maydon. Shunday qilib, elektr va magnit hodisalari bir-birlari bilan bog‘langanligiga ishonch hosil qildik, endi ularni yagona sistemaga solishga harakat qilamiz. Chiqaradigan xulosalarimiz Maksvell nazariyasining asosini tashkil qiladi.

1. Elektr maydonning uyurmali xarakteri. Elektr maydon ikki xil maydonning yig‘indisidan iborat: ularning **birinchisi** potensial maydon bo‘lib $\left(\vec{E}_Q\right)$, bu maydonni elektr zaryadlari hosil qiladi. Shuning

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

uchun ham bunday maydonning kuch chiziqlari musbat zaryaddan boshlanib, manfiy zaryadda tugaydi. Kuch chiziqlarining oqimi mavjud. Uyurmali xarakterga ega emas.

Ikkinchisi esa potensial maydon emas. Uni magnit maydonning o‘zgarishi vujudga keltiradi $\left(\vec{E}_B\right)$. Kuch chiziqlarining boshlanish va tugash nuqtalari mavjud bo‘lmaganligi uchun ham oqimi yo‘q. Uyurmali xarakterga ega.

Elektr maydon kuchlanganligi shu kuchlanganliklarning vektor yig‘indisidan iborat.



J. Maksvell
(1831—1879)

$$\vec{E} = \vec{E}_Q + \vec{E}_B.$$

Shunday qilib, **elektr maydonni nafaqat elektr zaryadlari, balki magnit maydonning o‘zgarishi ham vujudga keltiradi.**

2. Magnit maydonning vujudga kelishi. Magnit maydon kuch chiziqlarining boshlanish va tugash nuqtasi bo‘lmay, ular uyurmali xarakterga ega bo‘ladi.

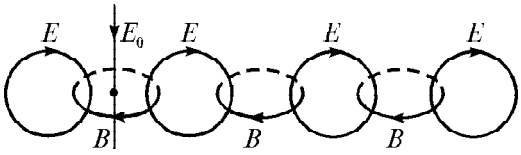
Magnit maydon elektr toki (zaryadlangan zarralarning harakati) yoki o‘zgaruvchan elektr maydon tomonidan hosil qilinadi.

3. Elektr maydon kuch chiziqlarining oqimi. Tabiatda elektr zaryadlari mavjud. Elektr maydon kuch chiziqlari zaryaddan boshlanib, zaryadda tugaydi. Shuning uchun ham elektr maydon kuch chiziqlari oqimini hisoblash mumkin.

4. Magnit maydon kuch chiziqlarining oqimi. Tabiatda magnit zaryadlari mavjud emas. Shuning uchun ham magnit maydon kuch chiziqlarining oqimi mavjud emas, ya’ni u nolga teng.

Maksvell shu to‘rtta xulosani mujassamlashtirgan tenglamalar sistemasini tuzdi. Ularga elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari deyilib, kelgusida bu tenglamalar bilan batafsil tanishasiz, degan umiddamiz.

Maksvell nazariyasining xulosalari. Maksvell nazariyasi, o‘zgaruvchan magnit maydon doimo o‘zi vujudga keltiradigan elektr maydon, o‘zgaruvchan elektr maydon esa doimo o‘zi vujudga keltiradigan magnit maydon bilan chambarchas bog‘liq deb ta’kidlaydi. Elektr va magnit maydonlar bir-birlari bilan chambarchas bog‘liq va yagona **elektromagnit maydonni** tashkil etadi (191- rasm).



191- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Maksvell nazariyasi o‘zgaruvchan elektromagnit maydonning fazoda chekli tezlik bilan tarqalishini, yani elektromagnit to‘lqinlarning mavjudligini bashorat qildi. Keyinchalik esa tajribalar bu to‘lqinning fazodagi tezligi $s = 3 \cdot 10^8$ m/s ekanligini va yorug‘lik ham elektromagnit to‘lqinlardan iboratligini ko‘rsatdi. Nemis fizigi G.Gers elektromagnit to‘lqinlarni tajribada hosil qildi va ularning vujudga kelishi, tarqalishi to‘laligicha Maksvell nazariyasiga mos kelishini ko‘rsatdi.

Elektromagnit maydon energiyasi. Elektromagnit maydon materiyaning ko‘rinishlaridan biridir. Uning energiyasi elektr va magnit maydon energiyalarining yig‘indisidan iborat:

$$W = W_e + W_m.$$

Shuningdek, elektromagnit maydon energiyasining zichligi ham elektr va magnit maydon energiyalari zichliklarining yig‘indisiga teng:

$$\omega = \omega_e + \omega_m$$

yoki

$$\omega = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2},$$

bu yerda $H = \frac{B}{\mu\mu_o}$



Sinov savollari

1. Elektromagnit hodisalari bir-biriga bog‘liqmi? 2. Elektr maydon qanday maydonlarning yig‘indisidan iborat? 3. Birinchi tur elektr maydon qanday vujudga keladi va uning tavsiflari? 4. Ikkinchi tur elektr maydon qanday vujudga keladi va uning tavsiflari? 5. Umumiy elektr maydon kuchlanganligi nimaga teng? 6. Magnit maydon qanday hosil qilinadi? 7. Elektr maydon kuch chiziqlari oqimi mavjudmi? 8. Magnit maydon kuch chiziqlari oqimi-chi? 9. Maksvellning to‘rtta xulosasi nimalardan iborat? 10. Elektromagnit maydon uchun Maksvell nazariyasi nimadan iborat? 11. Elektromagnit maydon qanday hosil bo‘ladi? 12. Elektromagnit to‘lqinlarning fazodagi tarqalish tezligi nimaga teng? 13. Yorug‘lik elektromagnit to‘lqinlarmi? 14. Gers tajribada nimani isbotladi? 15. Elektromagnit maydon materiyami? 16. Elektromagnit maydon energiyasi nimadan iborat? 17. Elektromagnit maydon energiyasi nimaga teng? 18. Elektromagnit maydon energiyasining zichligi nimaga teng.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

119- §. Elektromagnit to‘lqinlar va ularning xossalari

M a z m u n i : elektromagnit to‘lqinlar; to‘lqinning tarqalish tezligi; to‘lqin uzunligi; elektromagnit to‘lqinlarning xossalari; elektromagnit to‘lqinlar shkalasi.

Elektromagnit to‘lqinlar. Elektr maydonning o‘zgarishi natijasida vujudga keladigan magnit maydon induksiyasi B elektr maydon kuchlanganligining o‘zgarish tezligiga proporsional:

$$B \approx \frac{dE}{dt}.$$

Magnit maydonning o‘zgarishi natijasida vujudga keladigan elektr maydon kuchlanganligi esa Faradey qonuniga muvofiq, magnit maydon induksiyasining o‘zgarish tezligiga proporsional:

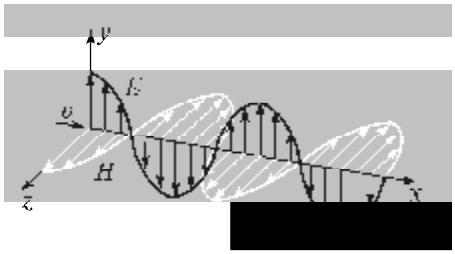
$$E \approx \frac{dB}{dt}.$$

Agar fazoning biror nuqtasida uyurmali elektr maydon paydo qilinsa, uning natijasida vujudga keladigan o‘zgaruvchan magnit maydonning kuch chiziqlari elektr maydon kuch chiziqlarini konsentrik aylanalar bilan o‘rab oladi. Shuningdek, magnit maydonning o‘zgarishi natijasida vujudga keladigan uyurmali elektr maydonning kuch chiziqlari ham magnit maydon kuch chiziqlarini o‘rab oladi va shunday tarzda davom etadi.

Demak, o‘zgaruvchi elektr va magnit maydonlar o‘zaro bog‘langan va fazoda elektromagnit to‘lqinlar sifatida tarqaladi.

O‘zgaruvchi elektromagnit maydonning fazoda tarqalishi elektromagnit to‘lqinlar deyiladi.

Maksvell nazariyasiga asosan **elektromagnit to‘lqinlar ko‘ndalang to‘lqinlardir,** ya’ni $\vec{E}$ va $\vec{B}$ vektorlar o‘zaro perpendikular va to‘lqinning tarqalish tezligi $\vec{v}$ vektorga perpendikular tekisliklarda yotishadi (192- rasm). Agar $\vec{E}$ dan $\vec{H}$ ga o‘tish o‘ng parma dastasining harakat yo‘nalishi bilan mos kelsa, parmaning ilgarilanma harakati elektromagnit to‘lqinlar yo‘nalishini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, elektromagnit to‘lqinlarning $\vec{E}$ va $\vec{B}$ vektorlari doimo bir xil fazalarda



192- rasm.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

tebranadi, bir paytda maksimumlariga erishadi, bir paytda nolga teng bo‘ladi.

To‘lqinning tarqalish tezligi. Maksvell nazariyasiga asosan elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligi chekli kattalikdir. U elektromagnit to‘lqin tarqalayotgan muhitning elektr va magnit xossalari bilan aniqlanadi:

$$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon \mu}}, \tag{119.1}$$

Bu yerda ε_0 va μ_0 elektr va magnit doimiylari; ε va μ muhitning dielektrik va magnit singdiruvchanliklari.

Agar elektromagnit to‘lqinlar vakuumda tarqalayotgan bo‘lsa, unda $\varepsilon = 1$, $\mu = 1$ bo‘ladi. Elektromagnit to‘lqinlarning vakuumda tarqalish tezligini hisoblaymiz:

$$\upsilon = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{8,85 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{F/m} \cdot \mathrm{m} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}\ \mathrm{N/m}}} = 3 \cdot 10^8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}.$$

Demak, elektromagnit to‘lqinlarning vakuumda tarqalish tezligi yorug‘likning vakuumda tarqalish tezligi $c = 3 \cdot 10^8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ ga teng.

To‘lqin uzunligi. Elektromagnit to‘lqinning bir tebranish davriga teng vaqt davomidagi ko‘chish masofasi to‘lqin uzunligi deyiladi.

Agar υ — elektromagnit to‘lqinlarning bir jinsli muhitda tarqalish tezligi, T — uning davri, ν — chastotasi, λ — to‘lqin uzunligi bo‘lsa, unda $\lambda = \upsilon T$ yoki $\lambda = \upsilon / \nu_0$. Vakuum uchun esa $\lambda_0 = cT$ yoki

$$\lambda_0 = \frac{c}{\nu} \tag{119.2}$$

bo‘ladi.

To‘lqinning tarqalish tezligi muhitni xarakterlovchi kattaliklar ε va μ larga bog‘liq bo‘lganligi uchun ham, bir muhitdan ikkinchisiga o‘tganda υ va λ o‘zgaradi, to‘lqin chastotasi esa o‘zgarmay qoladi. Agar to‘lqin vakuumdan dielektrik ε va magnit μ kirituvchanlikli muhitga o‘tsa, uning to‘lqin uzunligi kamayadi:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon \mu}},$$

bu yerda λ_0 — vakuumdagi to‘lqin uzunligi.

Elektromagnit to‘lqinlarning xossalari. Elektromagnit to‘lqinlar ko‘ndalang to‘lqinlar ekanligini ta’kidlab o‘tdik. Ular vakuumda, yorug‘likning vakuumdagi tezligiga teng $c = 3 \cdot 10^8\ \mathrm{m/s}$ tezlik bilan harakatlanadi. Elektromagnit to‘lqinlarning tezligi, to‘lqin uzunligi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

muhitning xususiyatlariga bog‘liq. Elektromagnit to‘lqinning chastotasi esa barcha muhitlar uchun bir xil kattalikdir. Shuningdek, yorug‘lik to‘lqinlari kabi to‘siqdan qaytadi, muhitlar chegarasida sinadi, interferensiyaga kirishadi va hokazolar.

Boshqacha aytganda, elektromagnit to‘lqinlarning barcha xossalari yorug‘likning xossalariga o‘xshab ketadi. Demak, bundan shunday xulosaga kelish mumkin: **yorug‘lik nuri elektromagnit to‘lqinlardan iboratdir.** Keyingi tajribalar shuni ko‘rsatdiki, faqat yorug‘lik nuri emas, balki infraqizil, ultrabinafsha, rentgen va gamma nurlari ham elektromagnit tabiatga egadir.

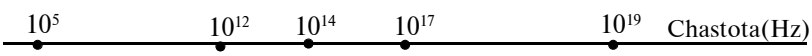
Elektromagnit to‘lqinlar shkalasi. Demak, elektromagnit to‘lqinlar juda keng diapazonda bo‘lib, bir-biridan hosil qilinish usullari, qayd qilinish usullari, chastotalari va ba’zi xossalari bilan farq qiladi. Turli elektromagnit to‘lqinlarning chegaralari ancha shartli bo‘lib, ular vakuumda bir xil tezlik bilan tarqaladi.

14- jadval

Elektromagnit to‘lqinlarning ba’zi turlari

Nurlanish	To‘lqin uzunligi, m	To‘lqin chastotasi, Hz	Nurlanish manbayi
Radioto‘lqinlar	$10^{3} - 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{5} - 3 \cdot 10^{12}$	Tebranish konturi, Gers vibratori, Massali nur tarqatuvchi, Lampali generator
Yorug‘lik to‘lqinlari			
Infraqizil nurlanish	$5 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{11} - 3{,}75 \cdot 10^{14}$	Lampalar, lazerlar
Oq yorug‘lik	$8 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}$	$3{,}75 \cdot 10^{14} - 7{,}5 \cdot 10^{14}$	
Ultrabinafsha nurlanish	$4 \cdot 10^{-7} - 10^{-9}$	$7{,}5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$	
Rentgen nurlari	$2 \cdot 10^{-9} - 6 \cdot 10^{-12}$	$1{,}5 \cdot 10^{17} - 5 \cdot 10^{19}$	Rentgen trubkasi
γ –nurlar	$<6 \cdot 10^{-12}$	$>5 \cdot 10^{19}$	Radioaktiv parchalanish, Yadro jarayonlari, Kosmik jarayonlar

Elektromagnit to‘lqinlar shkalasi



Radioto‘lqinlar, optik diapazon, rentgen nurlari, γ- nurlanish.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Magnit maydon induksiyasi elektr maydon kuchlanganligining o‘zgarishiga bog‘liqmi? 2. Elektr maydon kuchlanganligi-chi? 3. Elektromagnit to‘lqinlar qanday vujudga keladi? 4. Elektromagnit to‘lqinlar deb qanday to‘lqinlarga aytiladi? 5. Elektromagnit to‘lqinlarda E va B vektorlar qanday joylashgan? 6. Elektromagnit to‘lqinlarning E va B vektorlarining fazalari mos keladimi? 7. Maksvell nazariyasiga asosan elektromagnit to‘lqinlarning tezligi qanday aniqlanadi? 8. Elektromagnit to‘lqinlarning vakuumda tarqalish tezligi qancha? 9. To‘lqin uzunligi deb nimaga aytiladi? 10. To‘lqin uzunligi qanday aniqlanadi? 11. To‘lqinning tarqalish tezligi muhitga bog‘liqmi? To‘lqin uzunligi. 12. Vakuumdagi va muhitdagi to‘lqin uzunliklari qanday bog‘langan? 13. To‘lqin chastotasi muhitga bog‘liqmi? 14. Elektromagnit to‘lqinlarning qanday xossalarini bilasiz? 15. Elektromagnit to‘lqinlarning qanday xossalari yorug‘lik to‘lqini xossalariga o‘xshaydi? 16. Yorug‘lik elektromagnit to‘lqinlar emasmi? 17. Yana qanday nurlar elektromagnit tabiatga ega? 18. Elektromagnit to‘lqinlar nimalari bilan farq qiladi? 19. Barcha to‘lqinlarning tarqalish tezliklari bir xilmi? 20. Elektromagnit to‘lqinlarning to‘lqin uzunligi, chastotasi va nurlanish manbayini tahlil qiling.

120- §. Gers vibratori. Ochiq tebranish konturi



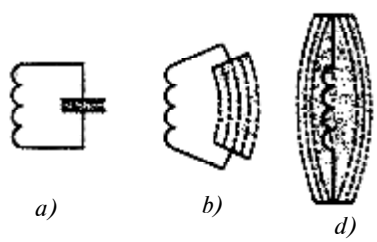
Genrix Gers
(1857 — 1894)

M a z m u n i: tebranish konturi; ochiq tebranish konturi.

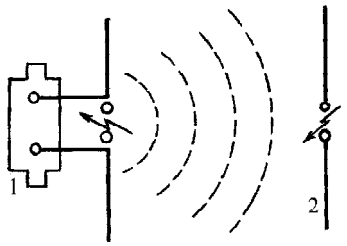
Tebranish konturi. Umuman olganda, o‘zgaruvchan elektr toki oqayotgan istalgan tebranish konturi yoki o‘tkazgich elektromagnit to‘lqinlar manbayi bo‘lib xizmat qilishi mumkin, chunki elektromagnit to‘lqinlarni uyg‘otish uchun elektromagnit maydonni vujudga keltirish kifoya. Lekin nurlanish sezilarli bo‘lishi uchun esa elektromagnit maydon hosil qilinadigan hajmni orttirish taqozo qilinadi. Shuning uchun ham 179-rasmda ko‘rsatilganga o‘xshash yopiq tebranish konturlari elektromagnit to‘lqinlarni hosil qilish uchun yaroqsizdir. Chunki bunday konturda elektr maydon kondensator qoplamlari orasida, magnit maydon esa induktiv g‘altak ichida mujassamlashgan bo‘ladi.

Ochiq tebranish konturi. Demak, elektromagnit maydonning fazoda tarqalishiga imkon yaratish uchun maydon hosil bo‘ladigan fazoni orttirishimiz kerak. Bunga qanday erishish mumkin. Buning yagona yo‘li — kondensator qoplamalari orasidagi masofani orttirishdir. Nemis

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



193- rasm.



194- rasm.

fizigi G . G e r s aynan shunday yo‘l tutdi. U g‘altakdagi o‘ramlar sonini va kondensator plastinkalari yuzasini kamaytirdi va kondensator qoplamlarini bir-biridan uzoqlashtirib (193- *a,b* rasmlar), uchqun hosil qiluvchi bo‘shliq bilan ajratilgan ikkita tayoqchadan iborat sistema holiga keltirdi. Natijada yopiq tebranish konturidan ochiq tebranish konturini (Gers vibratorini) hosil qildi (193- *d* rasm). Ochiq tebranish konturida elektromagnit maydon konturni o‘rab turgan bo‘shliqda mujassamlashgan bo‘ladi va shuning uchun ham elektromagnit nurlanishning intensivligi keskin ortadi. Bunday sistemada tebranish, kondensator qoplamalariga ulangan EYK manbayi hisobidan quvvatlab turiladi. Uchqunli bo‘shliq esa kondensator qoplamalari orasidagi potensiallar farqini dastlab zaryadlangan potensiallar farqigacha orttirish uchun ishlatiladi.

$\nu = \frac{1}{T}$ va $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$ bo‘lganligidan L va C ning kamayishi bilan tebranish chastotasi ortadi. Bu vibratorda endi o‘zgaruvchi elektr maydon kondensator ichida mujassamlashgan bo‘lmay, balki vibratorni tashqi tomondan o‘rab turadi. Natijada elektromagnit nurlanishning intensivligi keskin ortadi. Gers 1- ochiq vibrator tarqatadigan elektromagnit to‘lqinlarni shu to‘lqinlar chastotasiga moslangan 2- vibrator (rezonator) yordamida qayd etdi (194- rasm).

Elektromagnit to‘lqinlar 2- vibratorga yetganda unda elektromagnit tebranishlar vujudga keladi va uchqunli oraliqda uchqun chaqnashi ro‘y beradi. Elektromagnit to‘lqinlarning qayd qilinishi va chaqnash ro‘y berishi elektromagnit to‘lqinlar energiya tashishini ko‘rsatadi. Gers vibrator va rezonatordan foydalanib, elektromagnit to‘lqinlar boshqa to‘lqinlarga xos bo‘lgan xususiyatlarga ham ega ekanligini ko‘rsatdi.

Gers vibratori yordamida 0,6 m dan 10 m gacha to‘lqin uzunlikli yassi to‘lqinlar hosil qilindi va elektromagnit to‘lqinlar ko‘ndalang to‘lqinlar ekanligi ko‘rsatildi. Gers turg‘un elektromagnit to‘lqinlarni hosil qildi va ular yordamida elektromagnit to‘lqinlarning tezligini aniqlab, uning yorug‘lik tezligi bilan mos kelishini ko‘rsatdi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Sinov savollari

1. Elektromagnit to‘lqinlar manbayi qanday bo‘ladi? 2. Elektromagnit to‘lqinlarni tarqatish uchun nimani vujudga keltirish kerak? 3. Nima uchun yopiq tebranish konturi elektromagnit to‘lqinlar hosil qilish uchun yaroqsiz hisoblanadi? 4. Elektromagnit maydon fazoda tarqalishi uchun qanday sharoit bo‘lishi kerak? 5. Ochiq tebranish konturi, ya’ni Gers vibratorini hosil qilish uchun nima qilish kerak? 6. Ochiq tebranish konturida elektromagnit maydon qayerda mujassamlashgan bo‘ladi? 7. Ochiq tebranish konturining ish prinsipi? 8. Elektromagnit to‘lqinlar qanday qabul qilinadi? 9. Elektromagnit to‘lqinlar energiya tashiydimi? Buni qanday bilish mumkin? 10. Gers vibratorida qanday to‘lqinlar hosil qilindi? 11. Gers o‘z tajribalarida nimalarni aniqladi? 12. Elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezliklari yorug‘lik tezligiga tengmi?

121- §. Radioning kashf etilishi. Radioaloqa haqida tushuncha



A. S. Popov
(1859 — 1906)

M a z m u n i : birinchi radiopriyomnik; keyingi izlanishlar; radioaloqa haqida tushuncha; radiotelefon aloqa.

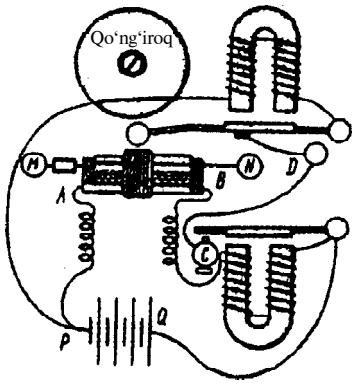
Birinchi radiopriyomnik. Uzoq masofalarga signal uzatishda elektromagnit to‘lqinlardan foydalanish g‘oyasi A. S. P o p o v (1859 — 1906) tomonidan 1889- yilda birinchi bo‘lib aytilgan. Uning o‘zi 1895- yilda birinchi radiopriyomnigini yasadi va namoyish qildi.

Popov o‘z radiopriyomnigida elektromagnit to‘lqinlarni sezuvchi detal sifatida **kogerrerdan** foydalandi. Kogerrer, qayd etuvchi apparat elektr qo‘ng‘iroqni energiya bilan ta’minlovchi manbani boshqarish uchun ishlatilgan. Birinchi radiopriyomnikning sxemasi 195- rasmda ko‘rsatilgan. *M* antenna orqali qabul qilingan elektromagnit tebranishlar *AB* kogerrerga keladi. Bu asbob ikkita elektrodli shisha naychadan iborat. Naycha ichiga metall qirindi solingan bo‘lib, uning ish prinsipi elektr zaryadlarining metall kukuniga ko‘rsatadigan ta’siriga asoslangan. Kukunning qarshiligi juda katta bo‘lib, odatdagi sharoitda undan tok o‘tmaydi, chunki metall qirindilar bir-birlariga yopishib turmaydi. Lekin kogerrerga elektromagnit to‘lqinlar kelganda, qirindilar go‘yoki bir-birlarining orqalaridan «ulashib» qoladi va qarshilik kamayib, ular orqali tok o‘tadi.

«Kogerrer» so‘zining o‘zi lotincha «kogirinsio» so‘zidan olingan bo‘lib, «ulashish» degan ma’noni anglatadi. (Popovning tajribalari-

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

da qarshilik 100 000 Ω dan 1000 — 500 Ω gacha (ya'ni 100 — 200 marta) kamaygan. Kogerrer silkitilsa, uning qarshiligi yana tiklanadi va undan yana tok o'tmaydi. Demak, elektromagnit to'lqinlar kogerrerning qarshiligini o'zgartirib, uni elektr tokini o'tkazadigan qiladi. Natijada yakorni tortuvchi rele chulg'amidan tok oqib, kontakt C yopiladi. Yakor rele kontaktini yopib, tokning qo'ng'iroq chulg'amidan oqishiga imkon beradi. Qo'ng'iroq o'z yakorchasini tortadi va bolg'acha urilib, tovush eshitiladi. Shu paytning o'zida qo'ng'iroq kontakti *D* zanjirni uzadi va qo'ng'iroq orqali tok oqishi to'xtaydi. Qo'ng'iroq yakori kogerrerga urilib, uning qarshiligini oshiradi va dastlabki holatiga qaytadi. Priyomnik elektromagnit to'lqinlarni yana qabul qilishga tayyor bo'ladi. 1895- yil 7- mayda A.Popov o'z ixtirosini namoyish qildi va shu kun radioning tug'ilgan kuni bo'lib qoldi.



195- rasm.

Keyingi izlanishlar. Radiopriyomnikning sezgirligini oshirish uchun A.S. Popov kogerrerdan chiqqan simlardan birini yerga, ikkinchisini esa baland ko'tarilgan o'tkazgich bo'lagiga uladi. Shunday qilib, dunyoda birinchi qabul qilish antennasi yaratildi. Kogerrerning bitta simini yerga ulash esa Yerning o'tkazuvchi sirtini ochiq tebranish konturining bir qismiga aylantirib, qabul qilish masofasini oshirdi.

Birinchi radioaloqa atigi 250 m masofada o'rnatilgan edi. Popov o'z kashfiyotini takomillashtirib, tez orada bu masofani 600 m ga yetkazdi. 1899- yilda esa aloqa o'rnatilgan masofa 20 km gacha uzaytirildi. 1901- yilda esa radioaloqa masofasi 150 km ga yetkazildi. Hozirgi zamon radiopriyomniklarining ish prinsi pi ham Popov radiopriyomnigidan farq qilmaydi. Zamonaviy radiopriyomniklar ham kuchsiz elektromagnit tebranishlarni antennalari orqali qabul qilishadi. Bu signallar zanjirlarni ta'minlovchi energiya manbalarini boshqaradi, xolos. Hozirgi paytda bunday boshqaruv elektron lampalar va tranzistorlar yordamida amalga oshiriladi.

Radioaloqa haqida tushuncha. Radioaloqaning ish prinsi pi quyidagicha. Uzatuvchi antennada yuzaga keltirilgan yuqori chastotali o'zgaruvchan tok atrofidagi fazoda o'zgaruvchan elektromagnit maydon vujudga keltiriladi. Bu maydon esa elektromagnit to'lqin tarzida tarqaladi. To'lqin qabul qiluvchi antennaga yetganidan so'ng, unda uzatuvchi stansiya chastotasiga teng chastotali o'zgaruvchan tok hosil qilinadi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1913- yilda so‘nmas elektromagnit tebranishlar generatorining kashf qilinishi radioaloqaning rivojlanishiga katta turtki bo‘ldi. Bu generator yuqori sifatli radioaloqa — nutq va musiqani elektromagnit to‘lqinlar yordamida uzatish imkoniyatini yaratdi.

Radiotelefon aloqa. Radiotelefon aloqa ham shunga o‘xshash prinsipda ishlaydi. Tovush to‘lqinlarining bosimi natijasida mikrofon membranasi tebranma harakatga keladi va tovush tebranishlari shaklidagi elektr tebranishlari vujudga keladi. Ammo bu to‘lqinlarni uzoq masofaga uzatishning iloji yo‘q. Chunki tovush chastotasidagi tebranishlar juda kuchsiz tebranishlar bo‘lib, bunday chastotadagi elektromagnit tebranishlar tarqalmaydi. Shuning uchun ham ular tarqatishdan oldin modulatsiyalanadi.



Sinov savollari

1. A. S. Popovning g‘oyasi nimadan iborat bo‘lgan? 2. U o‘zining birinchi radiopriyomnigini qachon yasagan va namoyish qilgan? 3. A.S. Popov elektromagnit to‘lqinlarni sezuvchi asbob sifatida nimadan foydalangan? 4. Kogerrerdan nima maqsadda foydalanilgan? 5. Birinchi radiopriyomnikning ish prinsipini tushuntirib bering. 6. Kogerrer qanday tuzilishga ega? 7. Kogerrerga elektromagnit to‘lqinlar kelganda qanday jarayon ro‘y beradi? 8. Kogerrer so‘zi qanday ma’noni anglatadi? 9. Popov tajribalarida uning qarshiligi qancha kamaygan? 10. Radiopriyomnikning sezgirligini oshirish uchun Popov qanday ish tutgan? 11. Birinchi radioaloqa qancha masofada o‘rnatilgan? 12. Keyingilari-chi? 13. Hozirgi radiopriyomniklar Popov radiopriyomnigiga nimasi bilan o‘xshaydi, nima farqlari bor? 14. Radioaloqaning ish prinsipi? 15. Radiotelefon aloqa nima?



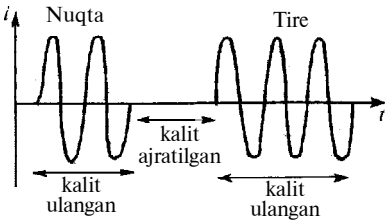
122- §. Modulatsiya va detektorlash

M a z m u n i : radioto‘lqinlarni uzatish; modulatsiya; modulatsiya jarayonining amalga oshirilishi; radiopriyomnik; detektorlash; zamonaviy radiouzatkich va radiopriyomnik; eng oddiy radiopriyomnik.

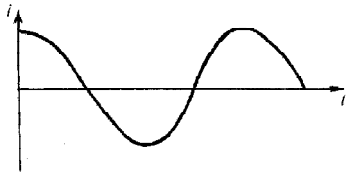
Radioto‘lqinlarni uzatish. Zamonaviy radiouzatkichning asosini vakuumli lampa yoki tranzistorda terilgan so‘nmas tebranishlar generatori tashkil qiladi. Generator «eltuvchi» deyiluvchi yuqori chastotali tebranishlarni hosil qiladi (196- rasm). Agar uzatkich shunday ko‘rinishdagi so‘nmas sinusoidal to‘lqinlarni uzatsa, unda qabul qiluvchi antenna ham hech qanday informatsiyaga ega bo‘lmagan garmonik tebranishlarni qayd qiladi. **Biror ma’lumotni, masalan, nutq yoki musiqani uzatish uchun esa yuqori chastotali tebranishlarning xarakterini, aytaylik, amplitudasini o‘zgartirish kerak. Bu jarayon modulatsiya deyiladi.**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

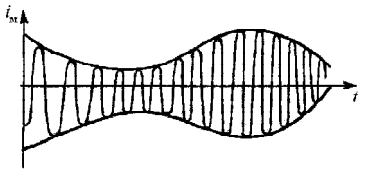
196- rasm.



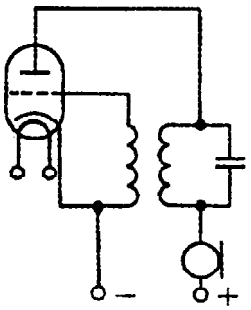
197- rasm.



198- rasm.



199- rasm.

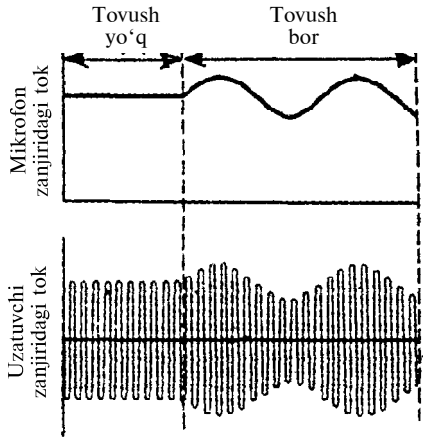


200- rasm.

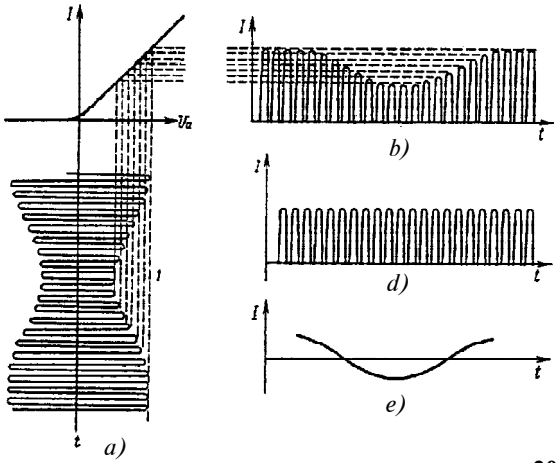
Modulatsiya. Modulatsiyasiz birorta ham: telegraf, telefon, televizion aloqani amalga oshirib bo‘lmaydi. Masalan, telegraf modulatsiyasi kalit yordamida nurlanishni kesishga, ya’ni qisqa (nuqta) va uzun (tire) (Morze alifbosi asosida) ma’lumotlarni uzatishga asoslangan (197-rasm). Shuningdek, biror tovush chastotasidagi tebranishlar (198-rasm) berilgan bo‘lsin. Bu tebranishlarga *modulatsiyalanuvchi tebranishlar* deyiladi. «Eltuvchi» tebranishlar tovush chastotasidagi tebranishlar yordamida o‘zgartiriladi, ya’ni tovush tebranishlari modulatsiyalanadi. Modulatsiyalangan tebranishlarning ko‘rinishi 199-rasmda ko‘rsatilgan. Modulatsiyalash ham ikki xil bo‘ladi. Masalan, biz yuqorida ko‘rganimizdek, yuqori chastotali tebranishlar amplitudasini tovush chastotasidagi tebranishlar bilan o‘zgartirish mumkin. Bunday modulatsiya *amplituda modulatsiyasi* deyiladi. Shuningdek, «eltuvchi» tebranishlar chastotasini moslab o‘zgartirish usulidan ham foydalaniladi. Bu usul *chastota modulatsiyasi* deyiladi.

Modulatsiya jarayonining amalga oshirilishi. Doimiy tebranishlar generatori zanjiriga tovush tebranishlarini uzatish uchun mikrofon ulanadi (200- rasm). Tushayotgan tovush to‘lqinlarining ta’sirida mikrofonning qarshiligi va natijada transformatorning birinchi chulg‘amidagi tok ham o‘zgaradi. Bu esa transformatorning ikkinchi

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



201- rasm.



202- rasm.

chulg‘amida o‘zgaruvchan EYK ning vujudga kelishiga va demak, lampaning to‘riga tovush chastotasidagi o‘zgaruvchan kuchlanish berilishiga olib keladi. Shu lampa tomonidan konturda vujudga keltirilayotgan yuqori chastotali tebranishlar chastotasi to‘rdagi past chastotali kuchlanishga moslashib o‘zgaradi. Natijada antenna tarqatayotgan radioto‘lqinlarning intensivligi ham o‘zgaradi.

Tovush bo‘lmaganda mikrofon zanjiridan o‘zgarmas tok oqadi (201- rasm). Tovush tebranishlarining paydo bo‘lishi bilan mikrofon zanjiridagi tok o‘zgaradi. Shunda yuqori chastotali tebranishlar

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

amplitudasi tovush tebranishlari qonuniyatlariga muvofiq o‘zgaradi, ya’ni amplitudaning modulatsiyasi ro‘y beradi.

Radiopriyomnik. Radiopriyomnik, asosan, quyidagi elementlardan tashkil topgan bo‘ladi: antenna, tebranish konturi, kuchaytirgich, detektor (qayd qilgich), radiokarnay. Radiopriyomnikning antennasiga bir paytning o‘zida ko‘plab stansiyalardan tarqatilayotgan modullashtirilgan signallar keladi. Ularning orasidan aynan bizni qiziqtirayotgan ma’lumotni ajratib olish uchun tebranish konturidan foydalaniladi. Konturda o‘zgaruvchan sig‘imli kondensator kiritilgan bo‘lib, uning sig‘imini o‘zgartirish bilan konturning xususiy chastotasini o‘zgartirish mumkin. Priyomnik konturini qabul qilinadigan elektromagnit tebranishlar bilan rezonansga moslashtirish shu tariqa amalga oshiriladi. Natijada, tebranish konturida yuqori chastotali modullashtirilgan kuchsiz tok paydo bo‘ladi (202- *a* rasm). Bu tok oldin kuchaytirgichga, keyin esa detektorga keladi. Detektorlangan tok radiokarnayga uzatiladi va mikrofonga tushgan tovush to‘lqinlari tarqatiladi, ya’ni mikrofonga aytilgan tovush eshitiladi.

Detektorlash. Detektorlash deb, yuqori chastotali eltuvchi tebranishlardan tovush tebranishlarini ajratib olish jarayoniga aytiladi.

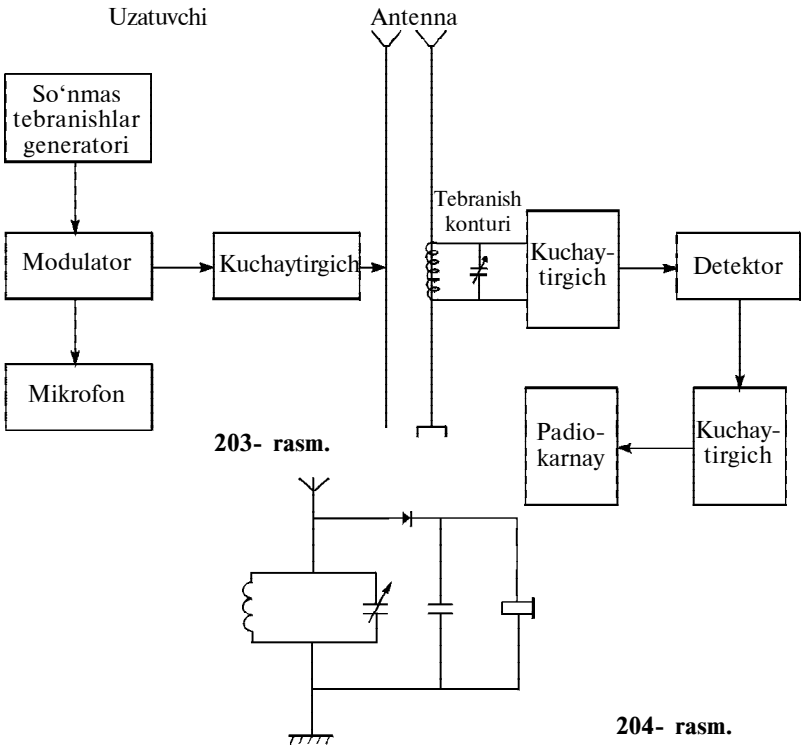
Detektorda yuqori chastotali eltuvchi va tovush tebranishlarining ajratilishi, ya’ni detektorlash ro‘y beradi. Detektor vazifasini bir tomonlama o‘tkazish xususiyatiga ega bo‘lgan ikki elektrodli elektron lampa yoki yarim o‘tkazgichli diod bajarishi mumkin. Dioddan o‘tgan yuqori chastotali modullashgan tok uzilib-uzilib oqadi (202- *b* rasm). Past chastotali signalni parallel ulangan kondensator va qarshilikdan iborat filtr ajratib beradi. Past (tovush) chastotali tok uchun kondensatorning qarshiligi juda katta bo‘ladi va shuning uchun u qarshilik orqali oqadi (202- *d* rasm). Yuqori chastotali tok esa kondensator orqali oqadi (202- *e* rasm).

Zamonaviy radiouzatgich va radiopriyomnik. Zamonaviy radiouzatgich va radiopriyomnikning ish sxemasi 203- rasmda keltirilgan.

So‘nmas tebranishlar generatori yuqori chastotali tebranishlarni hosil qiladi. Ayni paytda tovush tebranishlari mikrofon yordamida elektr tebranishlariga aylanadi. Har ikkala tebranish ham modulatorga uzatiladi. Modulatorda amplituda yoki chastotaning modulatsiyasi amalga oshadi. Gapni va musiqani uzatish uchun modulatsiya tovush chastotalari $(10 \div 13) \cdot 10^3$ Hz da amalga oshiriladi. Modulatsiyalangan tebranishlar kuchaytirilib, elektromagnit to‘lqinlarni efirga tarqatuvchi ochiq tebranish konturi bo‘lgan antennaga uzatiladi.

Qabul qiluvchining antennasiga yetib kelgan elektromagnit to‘lqinlar tebranish konturida elektromagnit tebranishlarni vujudga keltiradi. So‘ngra bu tebranishlar kuchaytiriladi va detektorlanadi. Ajratilgan past chastotali tebranishlar yana kuchaytirilib, radiokarnayga uzatiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



203- rasm.

204- rasm.

Eng oddiy radiopriyomnik. Eng oddiy radiopriyomnikning sxemasi 204- rasmda ko‘rsatilgan. U antenna, tebranish konturi, detektor, kondensator va telefondan tuzilgan zanjirdan iborat.

Sinov savollari

1. Radiouzatgichning asosini nima tashkil qiladi? 2. So‘nmas tebranishlar generatori nima vazifani bajaradi? 3. «Eltuvchi» tebranishlar deb qanday tebranishlarga aytiladi? 4. Modulatsiya deb nimaga aytiladi? 5. Modulatsiyasiz radiolokator o‘rnatish mumkinmi? 6. Modulatsiyalanuvchi tebranishlar deb qanday tebranishlarga aytiladi? 7. Tovush tebranishlari qanday qilib modulatsiyalanadi? 8. Modulatsiyaning turlari. 9. Modulatsiyalash jarayoni. 10. Amplitudaviy modulatsiya jarayoni? 11. Radiopriyomnikda tebranish konturi nimaga kerak? 12. Konturdagi o‘zgaruvchan sig‘imli kondensatorning vazifasi nimadan iborat? 13. Konturda qabul qilingan tebranishlar mikrofongacha qanday jarayonlardan o‘tadi? 14. Detektorlash deb nimaga aytiladi? 15. Diod qanday vazifani bajaradi?

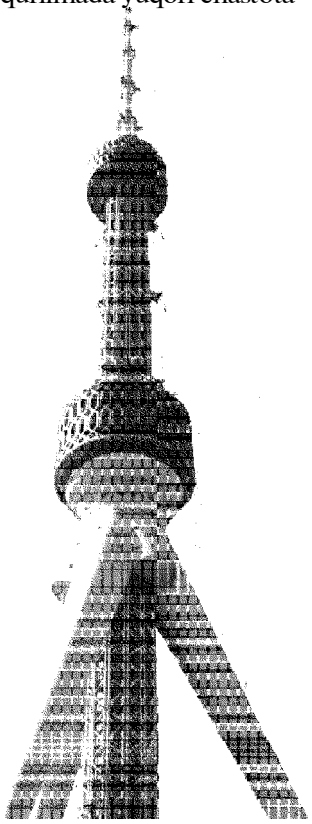
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

16. Tovush tebranishlarini nima ajratib beradi? 17. Ajratish jarayonini tushuntiring. 18. Zamonaviy radiopriyomnikda tovush qaysi chastotalarda modulatsiyalanadi? 19. Radioto‘lqinlarni tarqatish va qabul qilish jarayonini tushuntiring. 20. Eng oddiy radiopriyomnikning ish prinsipini tushuntiring.

123- §. Teleko‘rsatuvlarning fizik asoslari. Toshkent — televideniye vatani

M a z m u n i : teleko‘rsatuvlarning fizik asoslari; teleko‘rsatuvlarni yo‘ldosh orqali uzatish va qabul qilish; Toshkent — televideniye vatani.

Teleko‘rsatuvlarning fizik asoslari. Teleko‘rsatuvlarni amalga oshirish prinsipi radioeshittirishlar sxemasidan uncha katta farq qilmaydi. Farqi shundan iboratki, uzatuvchi qurilmada yuqori chastotali tebranishlar faqat tovush signallari bilan emas, balki tasvir signallari bilan ham modullashtiriladi. Narsalarning tasvirlarini elektr signallariga aylantirish ikonoskop deb ataluvchi elektron nurli trubka yordamida amalga oshiriladi.



205- rasm.

Ikonoskopdan olinadigan elektr tebranishlar radiouzatuvchiga uzatiladi va ular tarqatilayotgan to‘lqinlarni, tovush uzatganda mikrofon zanjiridagi o‘zgaruvchan tok radioto‘lqinlarni qanday modullashtirgan bo‘lsa, xuddi shunday usulda modullashtiradi.

Qabul qiluvchida olingan signallarni ko‘rinuvchi tasvirga aylantirish vakuumli elektron-nurli trubka — kineskop yordamida amalga oshiriladi. Elektron dasta uzatgichda qanday harakat qilgan bo‘lsa, kineskopdagi elektron dasta ham ekranda xuddi shunday harakatni takrorlaydi. Teleko‘rsatuvlar signallarini uzatish ultraqisqa to‘lqinlar diapazonida amalga oshiriladi. Bu signallarni qabul qilish to‘g‘ridan-to‘g‘ri ko‘rish chegarasida amalga oshiriladi. Masalan, balandligi 540 m «Ostankino» teleminorasi 130 km ga teleko‘rsatuvlarning ishonchli qabulini ta’minlay oladi. 1985- yilda qurib bitirilgan,

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

balandligi 375 m bo‘lgan Toshkent teleminorasi esa teleko‘rsatuvlarni 100 km ga ta’minlaydi (205- rasm).

Teleko‘rsatuvlarni yo‘ldosh orqali uzatish va qabul qilish. Teleko‘rsatuvlarni uzoq masofalarga uzatish uchun maxsus qurilmalar (retranslyator) dan foydalaniladi. Aloqa yo‘ldoshlaridan foydalanish esa teleko‘rsatuvlarni Yer sharining istalgan nuqtasiga uzatishga va qabul qilishga imkon beradi. Signallar yo‘ldoshga uzatiladi, yo‘ldosh esa ularni belgilangan maydondagi antennalarga yo‘llaydi. Bunday yo‘ldoshlar, odatda, geostatsionar orbitalarda faoliyat ko‘rsatadi. Masalan, hozir Rossiyaning shu orbitada faoliyat ko‘rsatayotgan o‘ndan ortiq yo‘ldoshlari mavjud. Bu yo‘ldoshlarda 70 ta uzatkich (translyator) bo‘lib, ularning 50 tasi teleko‘rsatuvlarni uzatishga ajratilgan. Shuni ta’kidlash lozimki, yo‘ldoshni kosmosning biror nuqtasida joylashtirish uchun elektr aloqaning xalqaro uyushmasidan ruxsatnoma olinadi.

Toshkent — televideniye vatani. Toshkent — televideniye vatani ekanligini hamma ham bilmasa kerak. Zamonaviy televizorlarning birinchi namunasi aynan vatanimizda ixtiro qilingan. 1928- yilda toshkentlik ixtirochilar B. Grabovskiy va I. Belyanskiylar elektron nur yordamida harakat qilayotgan tasvirni bir joydan ikkinchi joyga uzatadigan va qabul qiladigan apparat — «radiotelefon»ni yaratdilar. 1928- yil 4- avgustda bu sodda «televizor» jamoatchilikka ishlab turgan holda namoyish qilindi. Afsuski, bu ixtiroga o‘z paytida tegishli e’tibor berilmadi. O‘zbekistonda televizion ko‘rsatuvlar rasman 1956- yil 5- noyabrda boshlandi. Hozir eng zamonaviy texnik vositalar bilan jihozlangan O‘zbekiston televideniyesi besh dasturda ishlaydi.



Sinov savollari

1. Teleko‘rsatuvlarni amalga oshirish prinsipi radio eshittirishlar sxemasiga o‘xshaydimi? 2. Ularning farqi nimada? 3. Tasvirlar qanday qilib elektr signallariga aylantiriladi? 4. Ikonoskopdan olingan elektr tebranishlari qayerga uzatiladi? 5. Qabul qilingan signallarni qanday qurilma ko‘rinuvchi tasvirga aylantirib beradi? 6. Teleko‘rsatuvlar qanday to‘lqinlar diapazonida amalga oshiriladi? 7. Ostankino teleminorasining balandligi qancha va qancha masofaga teleko‘rsatuvlarning ishonchli qabulini ta’minlay oladi? 8. Toshkent teleminorasi-chi? 9. Toshkent teleminorasining balandligi qancha va qachon ishga tushirilgan? 10. Teleko‘rsatuvlar uzoq masofalarga qanday uzatiladi? 11. Teleko‘rsatuvlarni uzatishda sun’iy yo‘ldoshlardan ham foydalanish mumkinmi? 12. Teleko‘rsatuvlarni yo‘ldosh orqali uzatish qanday amalga oshiriladi? 13. Bunday yo‘ldoshlar

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

qayerga joylashtiriladi? 14. Zamonaviy televizorlarning birinchi namunasi qayerda ixtiro qilingan? 15. Ixtirochilar kimlar bo‘lgan? 16. «Sodda televizor» qachon namoyish qilingan. 17. O‘zbekistonda televizion ko‘rsatuvlar rasman qachon boshlangan? 18. Hozir O‘zbekiston televideniyesining nechta dasturi ishlaydi?



124- §. Elektromagnit to‘lqinlarning foydalanilishi

M a z m u n i : radiolokatsiya; radioastronomiya.

Radiolokatsiya. Radioto‘lqinlar yordamida narsalarning turgan joyini aniqlash, ulargacha bo‘lgan masofani o‘lchash usuli ***radiolokatsiya*** deyiladi. Radiolokatsiya o‘rganilayotgan narsadan qaytgan ultraqisqa to‘lqinlarni qayd etishga asoslangan. Radiolokator (radar) umumiy antennaga ega bo‘lgan radioperedatchik va radiopriyomniklardan iborat bo‘lib, qabuldan uzatishga o‘tkazuvchi moslama bilan ta’minlangan. Antenna, radionur — qat’iy yo‘naltirilgan nurlanish hosil qiladi. Nurlanish 10^{-6} s davom etadigan qisqa impulslar ko‘rinishida amalga oshiriladi. Nurlanish impulsi chiqarilgandan so‘ng antenna avtomatik ravishda o‘rganilayotgan narsadan qaytgan elektromagnit to‘lqinlarni qabul qilish rejimiga o‘tadi. Radiosignal jo‘natilgan va qaytgan vaqtlar qayd etilib, narsagacha bo‘lgan masofa yoki uning harakat tezligi aniqlanadi.

Radiolokatsiya va shu usulda ishlovchi asboblar ham harbiy, ham tinch maqsadlarda keng qo‘llaniladi. Ular yordamida havo va dengiz kemalari harakatini boshqarish vazifalari va boshqa sayyoralargacha bo‘lgan masofalarni aniqlash, meteorit va boshqa fazoviy jismlarning harakatini kuzatish kabi ishlar amalga oshiriladi.

Radioastronomiya. Astronomiyaning osmon jismlarining chiqaradigan xususiy radionurlariga asosan o‘rganadigan bo‘limi — radioastronomiya deyiladi. Radioastronomik kuzatishlar radioteleskoplar yordamida amalga oshiriladi. Radioteleskop antenna va kuchaytirgichli sezgir radiopriyomnikdan iborat. Yer sirtidagi kuzatish, nurlanish to‘lqin uzunligining o‘nlab metridan toki millimetrgacha oralig‘ida olib boriladi. To‘lqin uzunligi yanada kattaroq bo‘lgan nurlar kosmosda kuzatiladi.

Radioteleskopning eng ko‘p tarqalgan turi parabola shaklidagi (diametri 100 metrgacha) oynasimon antennali teleskopdir. Antennaga tushadigan nurlarning parallel dastasi fokusda joylashgan antenna nurlanuvchisiga tushadi. Bunday teleskop to‘lqin uzunliklari santimetr va hattoki millimetrgacha bo‘lgan radionurlanishlarni ham qayd qila oladi. Eng katta radioteleskoplardan biri Kavkazda joylashgan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

RATAN — 600 teleskopidir. U 900 ta 7,4 × 2m li qaytargichlardan iborat bo‘lib, 588 m diametrli halqa sifatida joylashtirilgan.

Radioastronomiyada galaktika, yulduzlararo galaktik muhit, yulduzlar, quyosh, sayyoralar, oy va boshqalar nurlanish manbalari bo‘lib xizmat qiladi.

1963- yilda radioastronomlar yangi yulduzsimon obyektlar — kvazarlarni (lotincha «yulduzsimon radiomanba») ochishdi. Fanga ma’lum bo‘lgan pulsarlardan biri qisqichbaqasimon tumanligida qayd etilgan.

Zamonaviy izlanishlar fazoviy nurlanish manbalarini (neytron yulduzlar, kvazarlar va hokazo) emas, balki ularning spektrlarini ham o‘rganishga imkon berdi. Ko‘plab kimyoviy elementlarning, organik va noorganik molekulalarning spektrlari o‘rganildi va ular asosida yulduzlar va sayyoralar sistemasining vujudga kelish jarayonlari tahlil qilindi. Bunday tekshirishlar hamon davom etmoqda.

Elektromagnit to‘lqinlarning qo‘llanilishi bilan bog‘liq bo‘lgan yana ko‘plab fanlar va fan bo‘limlari vujudga keldi. Ular jumlasiga: radiospektroskopiya, radiogolografiya, radiografiya, radiometriya, radioelektronika va boshqalar kiradi.

Sinov savollari

1. Radiolokatsiya deb nimaga aytiladi? 2. Radiolokatsiyaning ish prinsipi qanday? 3. Radiolokatorning tuzilishi. 4. Radiolokatorning ish prinsipi. 5. Radiolokatsiyaning qo‘llanilishi. Unga uchta misol keltiring. 6. Radioastronomiya astronomiyaning qanday bo‘limi? 7. Radioastronomik kuzatishlar qanday amalga oshiriladi? 8. Radioteleskopning tuzilishi. 9. Parabola shaklidagi oynasimon antennali teleskopning tuzilishi. 10. Bunday teleskopning ish prinsipi. 11. Bunday teleskop qanday to‘lqinlarni qabul qiladi? 12. RATAN radioteleskopi to‘g‘risida nimalarni bilasiz? 13. Radioteleskoplar yordamida qanday kashfiyotlar qilingan? 14. Elektromagnit to‘lqinlar yordamida molekulalarning spektrlarini ham o‘rganish mumkinmi? 15. Elektromagnit to‘lqinlarning qo‘llanilishi bilan bog‘liq bo‘lgan qanday fanlar va fan bo‘limlarini bilasiz?

125- §. Zamonaviy aloqa vositalari. O‘zbekistonda aloqa tizimi

M a z m u n i : zamonaviy aloqa vositasi; O‘zbekistonda telefon aloqasi; uyali aloqa vositasi; elektron pochta va internet sistemasi.

Zamonaviy aloqa vositasi. XX asrgacha aloqa majmuasi, asosan, feld’egerlik aloqasi va maxsus aloqadan iborat bo‘lgan. Lekin o‘tgan

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

asr aloqa tarmog‘ining keskin o‘zgarib ketishiga olib keldi. Ularning ichida keng tarqalgani telefon aloqasidir. Telefon kommutatorining yaratilishi XX asrning eng buyuk ixtirolaridan biri deb bekorga tan olinmagan. Bugungi kunda esa uyali aloqa vositasi, elektron pochta va internet aloqa tizimi turmush tarzining ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Bu tizimlarning ish prinsipi ham dastlabki radiotelefon aloqadan keskin farq qilmaydi, faqat ular fan va texnikaning so‘nggi yutuqlari, zamonaviy kompyuterlar va kosmik yo‘ldoshlar vositasida amalga oshiriladi.

O‘zbekistonda telefon aloqasi. O‘zbekistonda dastlabki 200 raqamli telefon stansiyasi Toshkentda 1904- yilda ishga tushirilgan. Hozir Respublikamizning barcha shaharlari va tuman markazlari raqamli telekommunikatsiya tarmoqlari bilan qamrab olingan. 2008-yil 1-yanvar holatiga ko‘ra ikki mingdan ziyod ATS faoliyat ko‘rsatmoqda, ularning umumiy sig‘imi 2,08 millionni tashkil qiladi. Raqamli aloqaning ulushi esa 86,1 foizni tashkil qiladi. 1992- yilda Yaponiyaning «NEK» firmasi yetkazib bergan asbob-uskunalardan abonentlarning jahon telefon tarmog‘iga chiqishini hamda ikki tomonlama xalqaro teleko‘rsatuvlarni ta’minlaydigan 150 kanalli raqamli kosmik telefon stansiyasi qurildi va foydalanishga topshirildi. Keyinchalik yana bir 30 kanalli xalqaro kosmik telefon stansiyasi ishga tushirildi.

Uyali aloqa vositasi. 1991- yilda O‘zbekiston va AQSH ning «Interneyshnl — kommunikeyshn grupp» firmasi bilan tashkil etilgan «UZDUNROBITA» qo‘shma korxonasi 1995- yilgacha Toshkent, Samarqand, Urganch, Qarshi, Andijon, Buxoro shaharlarida xalqaro va shahar, shaharlararo telefon stansiyalari bilan bog‘lanish imkoniyatiga ega bo‘lgan uyali telefon aloqasi stansiyalarini ishga tushirdi.

Bugungi kunda O‘zbekistonda «MTS- O‘zbekiston » (Uzdunrobita), «Unitel», «Coskom», «Perfektum Mobile» va «O‘zbektelekom» aksiyadorlik kompaniyasining «O‘zbektelekom mobayl» filiali kabi beshta mobel aloqa operatorlari faoliyat yuritishmoqda. Hozir mamlakatimizda bunday aloqadan foydalanayotganlarning soni o‘n ikki millionni tashkil qilmoqda.

Elektron pochta va internet sistemasi. Kompyuter texnologiyasi sohasidagi yutuqlarni aloqa sohasidagi yutuqlar bilan bog‘lash yangi elektron pochta va internet aloqa sistemalarining vujudga kelishiga olib keldi. Hozirgi paytda juda ko‘p ma’lumotlar va hujjatlar kompyuterlar orqali modemlar vositasida uzatiladi yoki qabul qilinadi. Internet esa o‘z navbatida ham butun jahon ma’lumot tarqatish, ham odamlarning kompyuterlar yordamida muloqot va aloqa vositasiga aylanib qoldi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2008- yilning oxirida O‘zbekistonda internet tarmog‘iga ulanishni ta’minlovchi xalqaro kanallarning o‘tkazish qobiliyati 511 Mbit/s ni tashkil qildi. Ayniqsa, o‘quv yurtlarining, jumladan, akademik litseylar va kasb-hunar kollejlarining ham Internet sistemasiga ulanayotganligi quvonarli holdir.



Sinov savollari

1. XX asrgacha aloqa vositasi nimalardan iborat bo‘lgan? 2. XX asrning buyuk ixtirolaridan biri nima? 3. Zamonaviy aloqa vositalarining ish prinsipi dastlabki radiotelefon aloqadan farq qiladimi? 4. O‘zbekistonda dastlabki telefon stansiyasi qachon va qayerda qurilgan? Uning hajmi qancha bo‘lgan? 5. Hozir O‘zbekistonda umumiy foydalaniladigan telefon nomerlar soni qancha? 6. Shaharlararo aloqada nechta kanal bor? 7. Hozir O‘zbekistonda xalqaro telefon so‘zlashuvlarining necha foizi sun’iy yo‘ldoshlar orqali amalga oshiriladi? 8. O‘zbekistonda uyali aloqa vositasi qachon ish boshlagan? 9. Hozir nechta korxona uyali aloqa xizmatini ko‘rsatadi? 10. Elektron pochta va internet sistemasining ish prinsipi. 11. Internet tarmog‘ining qulayliklari. 12. Butun dunyoda Internet tarmog‘idan qancha odam foydalanadi? O‘zbekistonda-chi?



Masalalar yechish namunalari

1 - m a s a l a . Radiopriyomnikda ikkita qisqa to‘lqinli diapazon bor: 41 — 75 m va 24,8 — 33,3 m. Tegishli chastotaviy diapazonni hisoblang.

Berilgan:
$\lambda_1 \to 41 - 75\text{m};$
$\lambda_2 \to 24{,}8 - 33{,}3\text{m}.$

$\nu_1 = ?,\ \nu_2 = ?$

Yechish. Elektromagnit to‘lqinlarning chastotasi va to‘lqin uzunligi quyidagicha bog‘langan

$$\nu = \frac{c}{\lambda},$$

bu yerda $c = 3 \cdot 10^8$ m/s — elektromagnit to‘lqinlarning (yorug‘likning) vakuumdagi tezligi. Berilganlar yordamida topamiz:

$$\nu_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{41}\text{Hz} = 7{,}3\text{MHz}, \quad \nu_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{75}\text{Hz} = 4\text{MHz},$$
$$\nu_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{24{,}8}\text{Hz} = 12{,}1\text{MHz}, \quad \nu_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{33{,}3}\text{Hz} = 9\text{MHz},$$

J a v o b : $\nu_1 = 4\text{ MHz} \div 7{,}3\text{ MHz};$
$\nu_2 = 9\text{ MHz} \div 12{,}1\text{ MHz}.$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2 - m a s a l a . Agar obyektdan qaytgan radiosignal radar antennasiga 200 μs dan keyin qaytib kelsa, obyekt radardan qancha masofada joylashgan bo‘ladi?

Berilgan:

$t = 200\ \mu s = 2 \cdot 10^{-4} s$;
$s = 3 \cdot 10^8$ m/s.

l =?

Yechish. Demak, elektromagnit to‘lqinlar obyektgacha borib-kelishga, ungacha bo‘lgan masofadan ikki marta ko‘p yo‘lni bosib o‘tadi (bir marta borishga + bir marta qaytishga). Shunday qilib,

$$2l = c \cdot t,$$

$$l = \frac{c \cdot t}{2}.$$

Kattaliklarning son qiymatlari yordamida topamiz.

$$l = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{2}\ \text{m} = 3 \cdot 10^4\ \text{m} = 30\ \text{km},$$

J a v o b : l =30 km.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Agar priyomnikning tebranish konturidagi kondensatorning sig‘imi 50 dan 500 pF gacha o‘zgarib, g‘altakning induktivligi 2 mkH bo‘lib, o‘zgarmay qolsa, bunday priyomnik qanday diapazondagi to‘lqin uzunliklarida ishlay oladi? (60 ÷ 190 m.)
2. Biror muhitda elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligi 250 km/s ni tashkil qiladi. Agar bu to‘lqinlarning vakuumdagi chastotasi 1 MHz ni tashkil qilsa, ularning muhitdagi to‘lqin uzunligi aniqlansin. (λ = 250 m.)
3. Radiolokatordan 30 km uzoqlikdagi nishonni qidirishda radiolokator 1 s da chiqarayotgan impulslarning maksimal soni qancha bo‘lishi kerak? (N = 5000.)

Test savollari

1. Elektromagnit to‘lqinlarning fazoda tarqalish tezligi cheklimi va u qanday tezlik bilan tarqaladi?

A. Chekli, 300 000 km/s.
B. Cheksiz.
C. Chekli, 30 000 km/soat.
D. Chekli 300 000 000 m/s.
E. To‘g‘ri javob A va D.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2. Tebranish konturi deb nimaga aytiladi?
A. Tranzistorli yopiq zanjirdan iborat sistemaga.
B. G‘altak va kondensatordan iborat yopiq zanjirga.
C. Avtotebranishli yopiq sistemaga.
D. Dedektorli yopiq sistemaga.
E. To‘g‘ri javob yo‘q.

3. Past chastotali tovush tebranishlarini yuqori chastotali tebranishlar bilan o‘zgartirish usuli radioaloqa prinsipida nima deb ataladi?
A. Modulatsiyalash. B. Detektorlash.
C. Uzatish. D. Qabul qilish.
E. Amplituda modulatsiyasi.

4. Radioto‘lqinlar yordamida narsalarning turgan joyini aniqlash, ulargacha bo‘lgan masofani o‘lchash usuli nima deyiladi?
A. Radioastronomiya. B. Radiolokasiya.
C. Radioteleskop. D. Radiopriyomnik.
E. Modulatsiyalash.

Asosiy xulosalar

Elektromagnit maydonining fazoda tarqalishiga elektromagnit to‘lqinlar deyiladi.

Elektr va magnit maydonlar bir-birlari bilan chambarchas bog‘liq va yagona elektromagnit maydonni tashkil qiladi.

Elektromagnit maydon energiyasi:

$$W = W_e + W_m,\ \omega = \omega_e + \omega_m,\ \omega = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}.$$

Elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligi: $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ga teng. Chastotasi $\nu = \frac{c}{\lambda_0}$ bo‘lgan elektromagnit to‘lqinlar tarqatadigan qurilmaga *tebranish konturi* deyiladi.

Ochiq tebranish konturini nemis fizigi G.Gers kashf etgan.

„Eltuvchi“ tebranishlarning tovush tebranishlari yordamida o‘zgartirilishi *modulatsiya* deyiladi.

Yuqori chastotali eltuvchi tebranishlardan tovush tebranishlarini ajratib olish jarayoni *detektorlash* deyiladi.

Radioto‘lqinlar yordamida narsalarning turgan joyini aniqlash, ulargacha bo‘lgan masofani o‘lchash usuli *radiolokatsiya* deyiladi.

Astronomiyaning osmon jismlari chiqaradigan xususiy radionurlariga asosan o‘rganadigan bo‘lim *radioastronomiya* deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2008- yilning oxirida O‘zbekistonda internet tarmog‘iga ulanishni ta’minlovchi xalqaro kanallarning o‘tkazish qobiliyati 511 Mbit/s ni tashkil qildi. Ayniqsa, o‘quv yurtlarining, jumladan, akademik litseylar va kasb-hunar kollejlarining ham Internet sistemasiga ulanayotganligi quvonarli holdir.



Sinov savollari

1. XX asrgacha aloqa vositasi nimalardan iborat bo‘lgan? 2. XX asrning buyuk ixtirolaridan biri nima? 3. Zamonaviy aloqa vositalarining ish prinsipi dastlabki radiotelefon aloqadan farq qiladimi? 4. O‘zbekistonda dastlabki telefon stansiyasi qachon va qayerda qurilgan? Uning hajmi qancha bo‘lgan? 5. Hozir O‘zbekistonda umumiy foydalaniladigan telefon nomerlar soni qancha? 6. Shaharlararo aloqada nechta kanal bor? 7. Hozir O‘zbekistonda xalqaro telefon so‘zlashuvlarining necha foizi sun’iy yo‘ldoshlar orqali amalga oshiriladi? 8. O‘zbekistonda uyali aloqa vositasi qachon ish boshlagan? 9. Hozir nechta korxona uyali aloqa xizmatini ko‘rsatadi? 10. Elektron pochta va internet sistemasining ish prinsipi. 11. Internet tarmog‘ining qulayliklari. 12. Butun dunyoda Internet tarmog‘idan qancha odam foydalanadi? O‘zbekistonda-chi?



Masalalar yechish namunalari

1 - masala. Radiopriyomnikda ikkita qisqa to‘lqinli diapazon bor: 41 — 75 m va 24,8 — 33,3 m. Tegishli chastotaviy diapazonni hisoblang.

Berilgan:

$\lambda_1 \to 41 - 75\text{m};$

$\lambda_2 \to 24{,}8 - 33{,}3\text{m}.$

$\nu_1 = ?,\ \nu_2 = ?$

Yechish. Elektromagnit to‘lqinlarning chastotasi va to‘lqin uzunligi quyidagicha bog‘langan $\nu = \frac{c}{\lambda}$ bu yerda $c = 3 \cdot 10^8$ m/s — elektromagnit to‘lqinlarning (yorug‘likning) vakuumdagi tezligi. Berilganlar yordamida topamiz:

$$\nu_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{41}\text{Hz} = 7{,}3\text{MHz}, \qquad \nu_1 = \frac{3 \cdot 10^8}{75}\text{Hz} = 4\text{MHz},$$

$$\nu_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{24{,}8}\text{Hz} = 12{,}1\text{MHz}, \qquad \nu_2 = \frac{3 \cdot 10^8}{33{,}3}\text{Hz} = 9\text{MHz},$$

Javob: $\nu_1 = 4\ \text{MHz} \div 7{,}3\ \text{MHz};$

$\nu_2 = 9\ \text{MHz} \div 12{,}1\ \text{MHz}.$

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2 - m a s a l a . Agar obyektdan qaytgan radiosignal radar antennasiga 200 μs dan keyin qaytib kelsa, obyekt radardan qancha masofada joylashgan bo‘ladi?

Berilgan:

$t = 200\ \mu s = 2 \cdot 10^{-4} s$;
$s = 3 \cdot 10^8$ m/s.

l =?

Yechish. Demak, elektromagnit to‘lqinlar obyektgacha borib-kelishga, ungacha bo‘lgan masofadan ikki marta ko‘p yo‘lni bosib o‘tadi (bir marta borishga + bir marta qaytishga). Shunday qilib,

$$2l = c \cdot t,$$

$$l = \frac{c \cdot t}{2}.$$

Kattaliklarning son qiymatlari yordamida topamiz.

$$l = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{2}\ \text{m} = 3 \cdot 10^4\ \text{m} = 30\ \text{km},$$

J a v o b : l =30 km.



Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Agar priyomnikning tebranish konturidagi kondensatorning sig‘imi 50 dan 500 pF gacha o‘zgarib, g‘altakning induktivligi 2 mkH bo‘lib, o‘zgarmay qolsa, bunday priyomnik qanday diapazondagi to‘lqin uzunliklarida ishlay oladi? (60 ÷ 190 m.)
2. Biror muhitda elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligi 250 km/s ni tashkil qiladi. Agar bu to‘lqinlarning vakuumdagi chastotasi 1 MHz ni tashkil qilsa, ularning muhitdagi to‘lqin uzunligi aniqlansin. ($\lambda = 250$ m.)
3. Radiolokatordan 30 km uzoqlikdagi nishonni qidirishda radiolokator 1 s da chiqarayotgan impulslarning maksimal soni qancha bo‘lishi kerak? ($N = 5000$.)

Test savollari

1. Elektromagnit to‘lqinlarning fazoda tarqalish tezligi cheklimi va u qanday tezlik bilan tarqaladi?

A. Chekli, 300 000 km/s.
B. Cheksiz.
C. Chekli, 30 000 km/soat.
D. Chekli 300 000 000 m/s.
E. To‘g‘ri javob A va D.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2. Tebranish konturi deb nimaga aytiladi?
A. Tranzistorli yopiq zanjirdan iborat sistemaga.
B. G‘altak va kondensatordan iborat yopiq zanjirga.
C. Avtotebranishli yopiq sistemaga.
D. Dedektorli yopiq sistemaga.
E. To‘g‘ri javob yo‘q.

3. Past chastotali tovush tebranishlarini yuqori chastotali tebranishlar bilan o‘zgartirish usuli radioaloqa prinsipida nima deb ataladi?
A. Modulatsiyalash.
B. Detektorlash.
C. Uzatish.
D. Qabul qilish.
E. Amplituda modulatsiyasi.

4. Radioto‘lqinlar yordamida narsalarning turgan joyini aniqlash, ulargacha bo‘lgan masofani o‘lchash usuli nima deyiladi?
A. Radioastronomiya.
B. Radiolokasiya.
C. Radioteleskop.
D. Radiopriyomnik.
E. Modulatsiyalash.

Asosiy xulosalar

Elektromagnit maydonining fazoda tarqalishiga elektromagnit to‘lqinlar deyiladi.

Elektr va magnit maydonlar bir-birlari bilan chambarchas bog‘liq va yagona elektromagnit maydonni tashkil qiladi.

Elektromagnit maydon energiyasi:

$$W = W_e + W_m,\ \omega = \omega_e + \omega_m,\ \omega = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}.$$

Elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligi: $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ga teng. Chastotasi $\nu = \frac{c}{\lambda_0}$ bo‘lgan elektromagnit to‘lqinlar tarqatadigan qurilmaga *tebranish konturi* deyiladi.

Ochiq tebranish konturini nemis fizigi G.Gers kashf etgan.

„Eltuvchi“ tebranishlarning tovush tebranishlari yordamida o‘zgartirilishi *modulatsiya* deyiladi.

Yuqori chastotali eltuvchi tebranishlardan tovush tebranishlarini ajratib olish jarayoni *detektorlash* deyiladi.

Radioto‘lqinlar yordamida narsalarning turgan joyini aniqlash, ulargacha bo‘lgan masofani o‘lchash usuli *radiolokatsiya* deyiladi.

Astronomiyaning osmon jismlari chiqaradigan xususiy radionurlariga asosan o‘rganadigan bo‘lim *radioastronomiya* deyiladi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Xususiy nomga ega bo‘lgan fizik kattaliklarning SI dagi birliklari

Kattalik	Birlik	
	nomi	belgisi
Uzunlik	metr	m
Massa	kilogramm	kg
Vaqt	sekund	s
Yassi burchak	radian	rad
Fazoviy burchak	steradian	sr
Kuch, vazn	nyuton	N
Bosim	paskal	Pa
Kuchlanish (mexanik)	paskal	Pa
Elastiklik moduli	paskal	Pa
Ish, energiya	joul	J
Quvvat	vatt	W
Tebranish chastotasi	gers	Hz
Termodinamik temperatura	kelvin	K
Temperatura farqi	kelvin	K
Issiqlik, issiqlik miqdori	joul	J
Modda miqdori	mol	mol
Elektr zaryadi	kulon	C
Tok kuchi	amper	A
Elektr maydonning potensiali, elektr kuchlanish	volt	V
Elektr sig‘im	farada	F
Elektr qarshilik	om	Ω
Elektr o‘tkazuvchanlik	simens	S
Magnit induksiya	tesla	T
Magnit oqim	veber	Wb
Induktivlik	genri	H

O‘nga karrali va ulushli birliklarni hosil qilishning ko‘paytuvchilari, old qo‘shimchalari va ularning nomlari

Ko‘paytuvchi	Old qo‘shimcha	Old qo‘shimchaning belgisi		Ko‘paytuvchi	Old qo‘shimcha	Old qo‘shimchaning belgisi	
		xalqaro	ruscha			xalqaro	ruscha
10^{18}	eksa	E	Э	10^{-1}	detsi	d	д
10^{15}	peta	P	П	10^{-2}	santi	c	с
10^{12}	tera	T	Т	10^{-3}	milli	m	м
10^{9}	giga	G	Г	10^{-6}	mikro	μ	мк
10^{6}	mega	M	М	10^{-9}	nano	n	н
10^{3}	kilo	k	к	10^{-12}	piko	p	п
10^{2}	gekto	h	г	10^{-15}	femto	f	ф
10^{1}	deka	d	да	10^{-18}	atto	a	а

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Astronomiyaning ba'zi kattaliklari

Yerning radiusi	$6{,}37 \cdot 10^6$ m
Yerning massasi	$5{,}98 \cdot 10^{24}$ kg
Quyoshning radiusi	$6{,}95 \cdot 10^8$ m
Quyoshning massasi	$1{,}98 \cdot 10^{30}$ kg
Oyning radiusi	$1{,}74 \cdot 10^6$ m
Oyning massasi	$7{,}33 \cdot 10^{22}$ kg
Yerning markazidan Quyoshning markazigacha bo'lgan masofa	$1{,}49 \cdot 10^{11}$ m
Yerning markazidan Oyning markazigacha bo'lgan masofa	$3{,}84 \cdot 10^8$ m
Oyning Yer atrofida aylanish davri	27,3 kech.kun.= $2{,}36 : 10^6$ s

Qattiq jismlarning va suyuqliklarning zichliklari (10^3 kg/m^3).

Qattiq jismlar

Aluminiy	2,70
Vismut	9,80
Volfram	19,3
Temir (cho'yan, po'lat)	7,87
Oltin	19,3
Osh tuzi	2,20
Jez	8,55
Marganes	7,40
Mis	8,93
Nikel	8,80
Platina	21,4
Qo'rg'oshin	11,3
Kumush	10,5
Uran	18,7

Suyuqliklar (15 °C da)

Suv (sof 4 °C da)	1,00
Glitserin	1,26
Kerosin	0,8
Moy (zaytun moyi, moylash uchun ishlatiladigan)	0,9
Kanakunjut moyi	0,96
Simob	13,6
Uglerod sulfid	1,26
Spirt	0,8
Efir	0,7

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Normal sharoitlarda gazlarning zichliklari (kg/m³)

Azot	1,25
Argon	1,78
Vodorod	0,09
Havo	1,29
Geliy	0,18
Kislorod	1,43

Qattiq jismlarning elastiklik doimiysi (yaxlitlangan qiymatlar)

Modda	Yung moduli, GPa	Siljish moduli, GPa
Aluminiy	69	24
Volfram	380	140
Temir (po‘lat)	200	76
Mis	98	44
Kumush	74	27

Kritik parametrlar va Van-der-Vaals tuzatmalari

Gaz	Kritik temperatura, T_{kr}, K	Kritik bosim, p_{kr}, MPa	Van-der-Vaals tuzatmasi	
			a, N · m⁴/mol²	b, 10^{-5} m³/mol
Azot	126	3,39	0,135	3,86
Argon	151	4,86	0,134	3,22
Suv bug‘i	647	22,1	0,45	3,04
Kislorod	155	5,08	0,136	3,17
Neon	44,4	2,72	0,209	1,07
Karbonat anaidrid	304	7,38	0,361	4,28
Xlor	417	7,71	0,650	5,62

20 °C da suyuqliklarning sirt tarangliklari, σ (mN/m)

Suv	73
Glitserin	62
Sovunli suv	40
Simob	5,0 · 10^2
Spirt	22

Tovushning tezligi c, m/s

Suvda	1450
Havoda(normal sharoitlarda, quruq)	332

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Mexanikaga va termodinamikaga oid fizik kattaliklarning Xalqaro sistema (SI) dagi birliklari

Fizik kattaliklar va ularning belgilari	O‘lchov birligiga asos bo‘lgan ifoda	Fizik kattalikning birligi va o‘lchamligi	Birlikning fizik ma’nosi
1	2	3	4
Uzunlik $[L]$		1 m (L)	Izohi jadvalga berilgan matnda keltirilgan.
Yuz $[S]$	$S = L^2$	1 m^2 (L^2)	Tomonlari L =1 metrdan bo‘lgan kvadratning yuzi.
Hajm $[V]$	$V = L^3$	1 m^3 (L^3)	Tomonlari L =1 metrdan bo‘lgan kubning hajmi.
Massa $[M]$		1 kg (M)	Izohi jadvalga berilgan matnda keltirilgan.
Zichlik $[r]$	$\rho = \frac{F}{V}$	1 kg/m^3 (ML^{-3})	Tomonlari L=1 metrdan bo‘lgan kubda bir tekisda taqsimlangan 1 kg massaning zichligi.
Tezlik $[\upsilon]$	$\upsilon = \frac{s}{t}$	1 m/s (LT^{-1})	Bir sekundda 1 metr uzunlik o‘tiladi.
Tezlanish $[a]$	$a = \frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}$	1 m/s^2 (LT^{-2})	Bir sekundda tezlik 1 m/s ga o‘zgaradi.
Kuch $[F]$	$F = ma$	1 N=1 kg·m/s^2 (LMT^{-2})	1 Nyuton kuch ta’sirida massasi 1 kg bo‘lgan jism 1 m/s^2 tezlanish oladi.
Bosim $[p]$	$P = \frac{F}{S}$	$1\text{Pa} = 1\frac{N}{m^2}$ (L^{-1}MT^{-2})	1 m^2 yuzga nomal yo‘nalgan. 1 N kuchdan hosil bo‘lgan bosim 1 paskal deb olingan.
Ish $[A]$	$A = F \cdot s$	1 J = 1 N·m (L^{2}MT^{-2})	1 N kuchning 1 m masofada bajargan ishi hisobiga jismning energiyasi 1 J ga o‘zgaradi.
Energiya $[E]$	$\Delta E = A$	1 J (L^{2}MT^{-2})	1 J energiya o‘zgarishi hisobiga 1 J ish bajariladi.
Impuls $[P]$	$P = m\upsilon$	1 kg·m/s (L^{2}MT^{-2})	1 m/s tezlik bilan harakatlanayotgan 1 kg massaning ta’sirchanligi.
Kuch momenti $[M]$	$M = F \cdot l$	1 N·m (L^{2}MT^{-2})	Yelkasi 1 m bo‘lgan 1 N kuchning ta’siri.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Fizik kattalik-lar va ularning belgilari	O‘lchov birligiga asos bo‘lgan ifoda	Fizik kattalikning birligi va o‘lchamligi	Birlikning fizik ma’nosi
1	2	3	4
Inersiya momenti $[I]$	$I = mr^2$	1 kg/m^2 (L^2M)	Radiusi 1 m bo‘lgan aylana bo‘ylab harakatlanayotgan 1 kg jismning inersiyasi.
Impuls momenti $[L]$	$L = mvr$	$1\ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{c}} \cdot \text{m}$ (L^2MT^{-1})	Radiusi 1 m bo‘lgan aylana bo‘ylab 1 m/s chiziqli tezlik bilan harakatlanayotgan 1 kg massali jismning ta’sirchanligi.
Burchak tezlik $[\omega]$	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	1 rad/s (T^{-1})	Moddiy nuqta 1 sekundda bir radian burchakka buriladi.
Burchak tezlanish $[\beta]$	$\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$	1 rad/s^2 (T^{-2})	1 sekundda burchak tezlik bir rad/s ga o‘zgaradi.
Ichki ishqalanish koeffitsiyenti $[\eta]$	$\eta = \frac{f}{S \cdot \frac{dv}{dx}}$	$1\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = 1\,\text{Pa} \cdot \text{s}$ ($L^{-1}MT^{-1}$)	Tezlik gradiyenti $\frac{dv}{dx} = 1\ \text{s}^{-1}$ ga o‘zgarganda bir-biriga tegib turgan ikki qatlamning $S = 1$ m^2 sirtida 1 N ichki ishqalanish kuchi paydo bo‘lishini ko‘rsatadi.
Diffuziya koeffitsiyenti $[D]$	$D = \frac{M}{\frac{d\rho}{dx} \cdot S \cdot t}$	1 m^2/s (L^2T^{-1})	Zichlik gradiyenti $\frac{d\rho}{dx} = 1\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^3}{\text{m}}$ bir metr masofada 1 kg/m^3 o‘zgarganda $S = 1$ m^2 yuzdan 1 s vaqt ichida olib o‘tilgan massa miqdori bilan o‘lchanadigan kattalik.
Issiqlik o‘tkazuvchianlik koeffitsiyenti $[æ]$	$æ = \frac{Q}{\frac{dT}{dx} \cdot t}$	1 W/s·K ($LMT^{-3}\theta$)	Temperatura gradiyenti $\frac{d\rho}{dx} = 1\frac{\text{k}}{\text{m}}$ bir metr masofada bir K o‘zgarganda $S = 1$ m^2 yuzdan 1 s vaqt ichida olib o‘tilgan issiqlik miqdori bilan o‘lchanadigan kattalik.
Issiqlik miqdori	$Q = \Delta U$	1 J (L^2MT^{-2})	1 J issiqlik miqdori hisobiga ichki energiya 1 J ga o‘zgaradi.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Fizik kattalik-lar va ularning belgilari	O‘lchov birligiga asos bo‘lgan ifoda	Fizik kattalikning birligi va o‘lchamligi	Birlikning fizik ma’nosi
1	2	3	4
$[Q]$ Issiqlik sig‘imi $[S]$	$C = \frac{dQ}{dT}$	1 J/K ($L^2MT^{-2}\theta^{-1}$)	1 kg massali jismning temperaturasini 1 K ga oshirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdorini ko‘rsatadi.
Molar issiqlik sig‘imi $[S]$	$C = \frac{dQ}{Td}$	1 J/K·mol ($L^2MT^{-2}\theta^{-1}$)	Bir mol gaz massasining temperaturasini 1 K ga oshirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori.
Solishtirma issiqlik sig‘imi $[c]$	$c = \frac{C}{m}$	1 J/kg·K ($L^2T^{-2}\theta^{-1}$)	1 kg massali moddaning temperaturasini 1 K ga oshirish uchun zarur bo‘l-gan issiqlik miqdori.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

MUNDARIJA

So‘zboshi 3
Tabiatni o‘rganishda fizikaning o‘rni va uning boshqa fanlar taraqqiyotidagi ahamiyati 4
Fizikaning rivojlanish tarixidan ma’lumotlar 6
Sharq allomalarining tabiatni o‘rganish ilmiga qo‘shgan hissalari 7
O‘zbekistonda fizika taraqqiyoti sohasida olib borilayotgan ishlar 10
Fizik kattaliklar. Birliklar sistemasi 12

MEXANIKA

I bob. Kinematika

1- §. Harakat haqida umumiy tushuncha. Sanoq sistemasi 15
2- §. Vektor kattaliklar. Vektorlar ustida amallar bajarish 17
3- §. Ko‘chish va yo‘l 21
4- §. To‘g‘ri chiziqli tekis harakat. Tezlik 22
5- §. Tezlanish va uning tashkil etuvchilari 24
6- §. To‘g‘ri chiziqli tekis o‘zgaruvchan harakatda tezlik va yo‘l formulalari. Harakatni grafik ravishda tasvirlash 26
7- §. Egri chiziqli harakat va uni xarakterlovchi kattaliklar 31
Masala yechish namunalari 35
Test savollari 36
Asosiy xulosalar 37

II bob. Dinamika

8- §. Nyutonning birinchi qonuni 38
9- §. Nyutonning ikkinchi qonuni. Kuchlar ta’sirining mustaqillik prinsipi. Markazga intilma kuch, markazdan qochma kuch 40
10- §. Nyutonning uchinchi qonuni 44
11- §. Ishqalanish kuchlari 45
12- §. Gorizontga qiya otilgan jismning holati 48
Masala yechish namunalari 51
Test savollari 53
Asosiy xulosalar 53

III bob. Saqlanish qonunlari

13- §. Impulsning saqlanish qonuni 54
14- §. Energiya, ish va quvvat 56
15- §. Mexanik energiya 58
16- §. Energiyaning saqlanish qonuni 60
17- §. Jismlarning absolut elastik va noelastik urilishi 61
Masala yechish namunalari 62

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Test savollari 64
Asosiy xulosalar 65
IV bob. Tortishish kuchlari
18- §. Butun olam tortishish qonuni 66
19- §. Tortishish maydoni. Og‘irlik kuchi va vazn. Vaznsizlik 68
20- §. Kosmik tezliklar 71
Masala yechish namunalari 72
Test savollari 74
Asosiy xulosalar 75
V bob. Qattiq jismlar mexanikasi
21- §. Inersiya va kuch momentlari. Qattiq jism aylanma harakati dinamikasining tenglamasi 76
22- §. Impuls momenti va uning saqlanish qonuni 79
23- §. Qattiq jismning deformatsiyasi 81
24- §. Qattiq jismning muvozanati. Statika elementlari 83
Masala yechish namunalari 85
Test savollari 87
Asosiy xulosalar 88
VI bob. Suyuqliklar va gazlar mexanikasi
25- §. Suyuqliklarda va gazlarda bosim. Paskal va Arximed qonunlari 89
26- §. Uzluksizlik va Bernulli tenglamalari 91
27- §. Jismlarning suyuqlik va gazlardagi harakati 92
Masala yechish namunalari 93
Test savollari 95
Asosiy xulosalar 96
VII bob. Tebranishlar va to‘lqinlar
28- §. Garmonik tebranishlar va ularning xarakteristikalari. Prujinali va matematik mayatniklar 97
29- §. To‘lqinlar. To‘lqin xarakteristikalari, to‘lqinlarning qaytishi va sinishi 101
30- §. Tovush to‘lqinlari 103
Masala yechish namunalari 106
Test savollari 108
Asosiy xulosalar 109
VIII bob. Maxsus nisbiylik nazariyasi asoslari
31- §. Mexanikada nisbiylik prinsipi. Galiley almashtirishlari 110
32- §. Maxsus nisbiylik nazariyasining postulatlari 113
33- §. Lorens almashtirishlari va ularning natijalari 114
34- §. Tezliklarni qo‘shishning relativistik formulasi 119
35- §. Relativistik massa va relativistik impuls. Massa va energiyaning bog‘lanishi 120
Masala yechish namunalari 123

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Test savollari 124
Asosiy xulosalar 125

MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA ASOSLARI

IX bob. Molekular-kinetik nazariya asoslari

36- §. Molekulalarning xarakteristikalari. Molekulaning kattaligi 128
37- §. Ideal gaz va uning parametrlari 131
38- §. Molekulalararo o‘zaro ta’sir kuchlari va energiyasi 135
39- §. Ideal gazning tajribaviy qonunlari. Klapeyron — Mendeleyev tenglamasi 138
40- §. Ideal gaz molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi 142
Masala yechish namunalari 145
Test savollari 147
Asosiy xulosalar 148

X bob. Termodinamika asoslari

41- §. Sistemaning ichki energiyasi. Ichki energiyaning erkinlik darajalari bo‘yicha tekis taqsimoti 151
42- §. Ichki energiyaning o‘zgarishi 154
43- §. Issiqlik sig‘imi. Solishtirma issiqlik sig‘imi. Issiqlik balansi tenglamasi 155
44- §. Termodinamikaning birinchi qonuni va uning tatbiqlari 158
45- §. Termodinamikaning ikkinchi qonuni 160
46- §. Issiqlik mashinasining ish prinsipi. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti. Karno sikli 162
47- §. Issiqlik dvigatellari. Tabiatni muhofaza qilish 165
Masala yechish namunalari 169
Test savollari 171
Asosiy xulosalar 172

XI bob. Moddalarning agregat holatlari

48- §. Real gaz. Real gazning holat tenglamasi 173
49- §. Bug‘lanish va kondensatsiya. To‘yingan bug‘. Van-der-Vaals izotermalari. Kritik holat 175
50- §. Gazlarni suyultirish 179
51- §. Havoning namligi. Shudring nuqtasi 180
52- §. Atmosfera va gidrosfera. Sayyoralarning atmosferasi 182
53- §. Qaynash. Bug‘ hosil bo‘lishi va kondensatsiyasida issiqlik balansi tenglamasi 187
54- §. Suyuqlikning xossalari. Sirt tarangligi. Sirt qatlami energiyasi 189
55- §. Ho‘llash. Egri sirt ostidagi bosim. Kapillarlik 195
56-§. Qattiq jismlar. Mono va polikristallar. Polimerlar 196
57- §. Qattiq jisnilarng erishi va qotishi. Faza. Fazoviy o‘tishlar. Uchlamchi nuqta 201
58- §. Qattiq jismlarning mexanik xossalari 204

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

59- §. Moddalarning issiqlikdan kengayishi 207
Masala yechish namunalari 212
Test savollari 213
Asosiy xulosalar 214

ELEKTRODINAMIKA ASOSLARI

XII bob. Elektr maydon

60- §. Elektr zaryadi. Elektr zaryadining saqlanish qonuni 216
61- §. Kulon qonuni 219
62- §. Elektrostatik maydon. Elektrostatik maydon kuchlanganligi 221
63- §. Elektrostatik maydon uchun superpozitsiya prinsipi. Dipol maydoni 224
64- §. Elektrostatik maydon kuchlarining ishi 226
65- §. Potensial. Potensiallar farqi 228
66- §. Elektrostatik maydon kuchlanganligi va potensiallar farqi orasidagi bog‘lanish. Ekvipotensial sirtlar 230
67- §. Dielektriklar. Dielektriklarning qutblanishi 233
68- §. Elektr maydondagi o‘tkazgichlar 237
69- §. Elektr sig‘imi. Kondensatorlar. Kondensatorlarni ulash 239
70- §. Zaryadlangan kondensator energiyasi 243
71- §. Elektrostatik maydon energiyasi 244
Masala yechish namunalari 245
Test savollari 248
Asosiy xulosalar 248

XIII bob. O‘zgarmas tok qonunlari

72- §. Tok kuchi va tok zichligi 250
73- §. Tashqi kuchlar. Elektr yurituvchi kuch va kuchlanish 253
74- §. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni 256
75- §. O‘tkazgichlarning qarshiligi. O‘tkazgich qarshiligining temperaturaga bog‘liqligi 257
76- §. To‘la zanjir uchun Om qonuni 260
77- §. O‘tkazgichlarni ulash 261
78- §. Elektr energiya manbalarini ulash 263
79- §. Tokning ishi va quvvati. Joul — Lens qonuni 264
Masala yechish namunalari 266
Test savollari 268
Asosiy xulosalar 269

XIV bob. Turli muhitlarda elektr toki

80- §. Metallarda elektr toki 270
81- §. Chiqish ishi 272
82- §. Emissiya hodisalari va ularning qo‘llanilishi 274
83- §. Gazlarda elektr toki. Mustaqil va nomustaqil razryadlar 277
84- §. Plazma haqida tushuncha 282

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

85- §. Elektrolitlarda elektr toki. Elektrolitik dissotsiatsiya. Elektroliz 285
86- §. Elektroliz uchun Faradey qonunlari 287
87- §. Elektrolizning texnikada qo‘llanilishi 289
88- §. Kimyoviy energiyani elektr energiyaga aylantirish 290
89- §. Yarim o‘tkazgichlarning tuzilishi 293
90- §. Yarim o‘tkazgichlarning o‘tkazuvchanligi va uning temperaturaga, yoritilganlikka bog‘liqligi 295
91- §. Yarim o‘tkazgichli asboblar 298
Masala yechish namunalari 301
Test savollari 303
Asosiy xulosalar 304

XV bob. Magnit maydon

92- §. Magnit maydon. Tokli kontur 305
93- §. Magnit maydonning induksiya vektori. Magnit maydon kuchlanganligi 309
94- §. Bio—Savar—Laplas qonuni 313
95- §. Amper qonuni 315
96- §. Parallel toklarning o‘zaro ta’siri 317
97- §. Magnit oqimi 319
98- §. Tokli o‘tkazgichni magnit maydonda ko‘chirishda bajarilgan ish 320
99- §. Magnit maydonning harakatlanayotgan zaryadga ta’siri. Lorens kuchi 321
100- §. Yerning magnitosferasi va uning quyosh shamoli bilan o‘zaro ta’siri 323
101- §. Dia-, para- va ferromagnetiklarning tabiati 324
102- §. Axborotlarni magnit usulida yozish. EHMning magnit xotirasi. Magnit disklari va ularning qo‘llanilishi 329
Masala yechish namunalari 331
Test savollari 333
Asosiy xulosalar 334

XVI bob. Elektromagnit induksiya

103- §. Elektromagnit induksiya hodisasi. Faradey tajribalari 335
104- §. Uyurmali elektr maydon. Uyurmali toklar 338
105- §. Konturning induktivligi. O‘zinduksiya. O‘zaro induksiya 340
106- §. Transformatorlar 343
107- §. Magnit maydon energiyasi 347
Masala yechish namunalari 349
Test savollari 350
Asosiy xulosalar 350

XVII bob. Elektromagnit tebranishlar

108- §. Erkin elektromagnit tebranishlar. Tebranish konturida energiyaning almashinishi 352

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

109- §. Avtotebranishlar. So‘nmas tebranishlar generatori 356
110- §. Majburiy elektromagnit tebranishlar. Rezonans 358
111- §. O‘zgaruvchan tok. O‘zgaruvchan tok generatori 360
112- §. O‘zgaruvchan tok zanjiridagi faol, sig‘im va induktiv qarshiliklar 362
113- §. O‘zgaruvchan tok zanjiri uchun Om qonuni 366
114- §. O‘zgaruvchan tokning ishi va quvvati 369
115- §. Uch fazali tok haqida tushuncha 371
116- §. O‘zbekistonda elektrlashtirish istiqbollari 372
Masala yechish namunalari 375
Test savollari 377
Asosiy xulosalar 378

XVIII bob. Elektromagnit to‘lqinlar

117- §. Uyurmali elektr maydon. Siljish toki 379
118- §. Elektromagnit maydon uchun Maksvell nazariyasi 382
119- §. Elektromagnit to‘lqinlar va ularning xossalari 383
120- §. Gers vibratori. Ochiq tebranish konturi 386
121- §. Radioning kashf etilishi. Radioaloqa haqida tushuncha 388
122- §. Modulatsiya va detektorlash 390
123- §. Teleko‘rsatuvlarning fizik asoslari. Toshkent — televideniye vatani 395
124- §. Elektromagnit to‘lqinlarning foydalanilishi 397
125- §. Zamonaviy aloqa vositalari. O‘zbekistonda aloqa tizimi 398
Masala yechish namunalari 400
Test savollari 401
Asosiy xulosalar 402
Ilova 403

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Abduqahhor Gadoyevich G‘aniyev,
Abdurashid Karimovich Avliyoqulov,
Gulnora Ashurovna Almardonova

F I Z I K A

I qism

Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik

9-nashri

„O‘qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent — 2010

Muharrirlar: *N. Gaipov, M. Po‘latov*
Rasmlar muharriri *Sh. Xo‘jayev*
Texnik muharrir *S. Tursunova*
Musahhihlar: *Z. Sodiqova, M. Mirsalikov*
Kompyuterda sahifalovchi *M. Avazova*

Original maketdan bosishga ruxsat etildi. 12. 08.2010. Bichimi $60\times90^{1}/_{16}$.
Kegli 11 shponli. Tayms garn. Ofset bosma usulida bosildi. Shartli b. t. 26,0.
Nashr. t. 23,6. 2902 nusxada bosildi. Buyurtma №

O‘zbekiston Matbuot va axborot agentligining „O‘qituvchi“ nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent — 129, Navoiy ko‘chasi,
30-uy. //Toshkent, Yunusobod dahasi, Murodov ko‘chasi, 1-uy.
Shartnoma № 07—89—10.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

22.3
G‘21

G‘aniyev A. G.

Fizika: Akad. litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik/ A. G‘. G‘aniev, A. K. Avliyoqulov, G. A. Almardonova; (A. G‘. G‘aniev tahriri ostida); O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta-maxsus ta’lim vazirligi, O‘rta maxsus, kasb-hunar ta’limi markazi. 9-nashr. — T: „O‘qituvchi“nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2010.- Q.I. 416 b.

I. Avliyoqulov A. K. Almardonova G. A.

ББК 22.3 я 722

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com