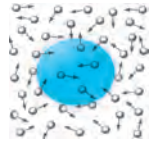
FIZIKA

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

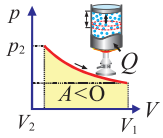
Qayta ishlangan va to‘ldirilgan uchinchi nashri

O‘zbekiston Respublikasi Xalq ta’limi vazirligi
tomonidan tasdiqlangan

MODDA TUZILISHINING MOLEKULYAR – KINETIK NAZARIYASI ASOSLARI



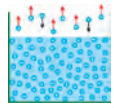
TERMODINAMIKA ELEMENTLARI



ISSIQLIK DVIGATELLARI



SUYUQLIK VA QATTIQ JISMLARNING XOSSALARI



OPTIKA



G‘afur G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent – 2019

UO‘K 372.853(075)
KBK 22. 3 ya 72
F 58

Mualliflar: P. HABIBULLAYEV, A. BOYDEDAYEV, A. BAHROMOV, K. SUYAROV, J. USAROV, M. YULDASHEVA

M a x s u s m u h a r r i r :
K. Tursunmetov – fiz.-mat. fanlari doktori, O‘zbekiston Milliy universiteti professori

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

A.T. MAMADALIMOV – fizika-matematika fanlari doktori, O‘zR FA akademigi.
M. DJORAYEV – Nizomiy nomidagi TDPU professori, ped.fan.doktori.
E. XUJANOV – TDPU «Fizika va astronomiya o‘qitish kafedrasi» o‘qituvchisi.
Z. SANGIROVA – RTM «Aniq va tabiiy fanlar» bo‘limi fizika fani metodisti.
SH. SODIQOVA O‘zMU «Umumiy fizika» kafedrasi o‘qituvchisi, falsafa fanlari doktori.
V. SAIDXO‘JAYEVA – Toshkent viloyati Pskent tumani 5-maktab fizika fani o‘qituvchisi, O‘zbekistonda xizmat ko‘rsatgan xalq ta’limi xodimi.
M. SAIDARIPOVA – Yunusobod tumani 63-maktab fizika fani o‘qituvchisi.
E. JUMANIYOZOV – Sergeli tumani 8-maktab fizika fani o‘qituvchisi.

Shartli belgilar

– e’tibor bering va esda saqlang
– savollarga javob bering
– eslab qoling
– masalalarni yeching
– amaliy topshiriqlarni bajaring va daftaringizga yozing

* – yechilishi nisbatan murakkab bo‘lgan masala

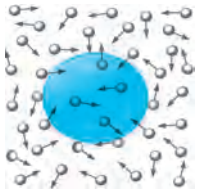
Respublika maqsadli kitob jamg‘armasi mablag‘lari hisobidan chop etildi.

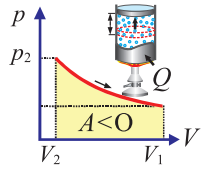
Habibullayev P.
Fizika. Umumiy o‘rta ta’lim maktablarining 9-sinfi uchun darslik /P.Habibullayev [va boshq]. – T.: G‘afur G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2019. –176 b.

UO‘K 372.853(075)
KBK 22. 3 ya 72

ISBN 978-9943-5551-2-9

© G‘afur G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2019





MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA ASOSLARI

Molekulyar fizika va termodinamika – fizikaning bo‘limlaridan biri bo‘lib, unda jismning fizik xossalari uni tashkil qilgan son-sanoqsiz zarralarning orasida yuz beradigan jarayonlarga bog‘lab o‘rganiladi.

Molekulyar fizika va termodinamika o‘rganadigan masalalar doirasi juda keng bo‘lib, u:

– moddalarning tuzilishini;

– moddaning turli holatidagi fizik xossalarini;

– moddaning bir holatdan boshqa holatga o‘tish qonuniyatlarini;

– moddaning sirt hodisalari, ikki modda chegarasida sodir bo‘ladigan hodisalarni;

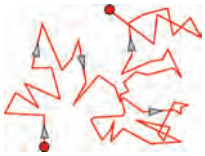
– moddani tashkil qilgan zarralarning harakati va ular orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlarining yuzaga kelish sabablarini o‘rganadi va tushuntiradi.

Molekulyar fizika va termodinamikani o‘rganishda statistik va termodinamik metodlardan foydalaniladi.

1. Statistik metod. «*Statistika*» so‘zi «*hisoblash*», «*umumlashtirish*» degan ma’nolarni anglatadi. Statistik metodda moddadagi har bir zarraning harakati emas, balki ularning natijaviy o‘rtacha harakati o‘rganiladi. Masalan, molekulalarning o‘rtacha tezligi, kinetik energiyasi va hokazo. Zarralarning natijaviy o‘rtacha harakati alohida zarralarning harakat qonuniyatlari asosida aniqlanadi. Bu metod modda tuzilishining molekulyar-kinetik nazariyasiga asos qilib olingan.

2. Termodinamik metod. «*Termodinamika*» so‘*zi* «*termo*» — «*issiqlik*» va «*dinamika*» — «*kuch*», «*harakat*» so‘zlaridan olingan. Termodinamik metodda o‘rganilayotgan moddaning holati temperatura, bosim, hajm kabi termodinamik parametrlar bilan aniqlanadi.

Molekulyar fizikani o‘rganishda har ikkala statistik va termodinamik metodlar bir-birini to‘ldiradi. Bu metodlardan gaz, suyuq va qattiq holatdagi moddalarning tuzilishi va ularda bo‘ladigan jarayonlarni o‘rganishda foydalaniladi.



I BOB

MODDA TUZILISHINING MOLEKULYAR – KINETIK NAZARIYASI ASOSLARI

1-§. MODDA TUZILISHINING MOLEKULYAR – KINETIK NAZARIYASI

Modda tuzilishi to‘g‘risidagi ta’limotga dastlab miloddan oldingi V – IV asrlarda yashagan grek faylasufi Demokrit tomonidan asos solingan. Demokrit tabiat hodisalarini o‘rganish uchun jismlarning ichki tuzilishini o‘rganish zarur ekanligini o‘z asarlarida yozgan. Uning fikricha, barcha moddalar juda kichik zarralardan tashkil topgan. U moddaning eng kichik bo‘linmas zarrasini atom deb ataganligi haqidagi ma’lumot bilan siz 6-sinfda tanishgansiz.

Moddaning tuzilishi va xossalarini uni tashkil qilgan molekulalarning harakatiga hamda molekulalar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchining mavjudligiga bog‘lab o‘rganuvchi nazariya molekulyar - kinetik nazariya (MKN) deb ataladi.

Modda tuzilishining molekulyar-kinetik nazariyasi XVIII asrdan uzviy nazariya sifatida rivojlana boshladi. Molekulyar-kinetik nazariyaning rivojlanishida rus olimlari M.V.Lomonosov, D.I.Mendeleyev, ingliz olimlari D.Dalton, J.Maksvell, nemis olimi O.Shtern, avstriya fizigi L.Bolsman, italyan olimi A.Avogadro va boshqalar o‘zlarining hissalarini qo‘shganlar.

Molekulyar-kinetik nazariya tajribalarda isbotlangan uchta qoidaga asoslanadi:

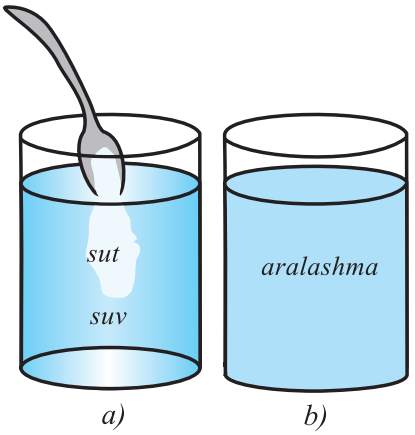
1. Moddalar zarralardan — atom va molekulalardan tashkil topgan.
2. Atom va molekulalar to‘xtovsiz va tartibsiz harakat qiladi.
3. Atom va molekulalar orasida o‘zaro tortishish va itarilish kuchlari mavjud.

Bu qoidalar quyidagi amaliy misollarda yaqqol ko‘rinadi.

1. Xonaning bir chekkasiga atir sepilsa, uning hidi xonaning boshqa chekkasiga ham yetib keladi. Bu hid, atir molekulalaridan tashkil topgan. Atir molekulalari xona bo‘ylab to‘xtovsiz va tartibsiz harakat qilishi natijasida tarqaladi. Atir hidi bizga yetib kelguncha ma’lum vaqt o‘tadi. Bunga sabab – atir molekulalari o‘z yo‘lida son-sanoqsiz havo molekulalari bilan to‘qnashadi va o‘z harakat yo‘nalishini ko‘p marta o‘zgartiradi.

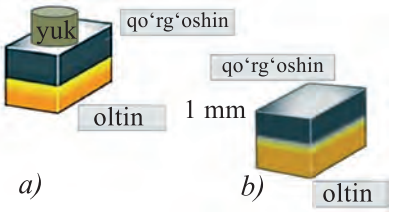
2. Stakandagi suv ustiga bir choy qoshiq sut quysak, suv bilan sut tezda aralashib ketmaydi (1-*a* rasm). Ularning aralashishi uchun ma'lum vaqt o'tadi (1-*b* rasm).

Suv va sutning o'zaro aralashishi ular zarralardan tashkil topganligi va bu zarralar to'xtovsiz va tartibsiz harakatda ekanligini ko'rsatadi. Aralashishiga vaqt ketishi esa zarralarning **o'zaro ta'sirlashib harakatlanishini** ko'rsatadi.



1-rasm.

3. Oltin va qo'rg'oshin metallarining sirtlari silliqlanib, ustma-ust joylashtirilgan holda ularning ustiga og'ir yuk qo'yilgan (2-*a* rasm). Besh yildan keyin metallar ustidagi yuk olinganda, ularning bir-biriga yopishib qolganligi kuzatilgan. Oltin atomlari qo'rg'oshin moddasi ichiga, qo'rg'oshin atomlari esa oltin moddasining ichiga taxminan 1 mm kirib borgan (2-*b* rasm). Bu esa oltin va qo'rg'oshin moddalarining aralashishi qattiq jismlarning ham zarralardan tashkil topganligini bildiradi. Qattiq jism zarralarining sekin aralashishi esa, metall zarralarining o'zaro ta'sir kuchi suyuqlik yoki gazlarga nisbatan kuchliroq ekanligini ko'rsatadi.



2-rasm.

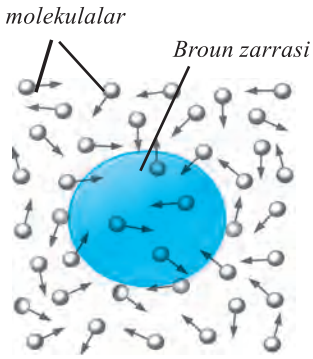
Broun harakati

Moddadagi molekulalarning tartibsiz harakatini tasdiqlovchi tajriba ingliz botanigi Robert Broun tomonidan 1827-yilda kuzatilgan. Broun suv ustiga o'simlik gulining changi (spora-urug') ni sepib, uni mikroskopda kuzatadi. Broun gul changining suv ustida to'xtovsiz va tartibsiz harakatini ko'rib, uni biror mayda jonzot deb o'ylagan. Harakatlanayotgan narsa nimaligini va bunday harakat sabablarini aniqlash uchun Broun qator tajribalar o'tkazgan. U tajribalar asosida tabiatda zarralarning uzluksiz va tartibsiz (xaotik) harakat qilishini aniqlagan. Bunday harakat fanda **Broun harakati** degan nom oldi.

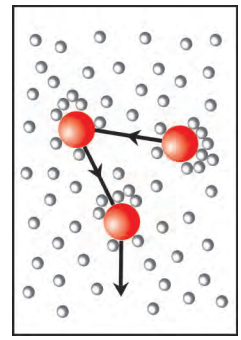
Suyuqlik yoki gazdagi atom va molekulalarning to'xtovsiz va tartibsiz harakati *xaotik* harakat deb ataladi.

«Xaotik» so'zi lotincha *«xaos»* so'zidan olingan bo'lib, *«tartibsiz»* degan ma'noni bildiradi. Broun harakatining yuzaga kelish sabablari modda tuzilishining molekulyar – kinetik nazariyasi asosida quyidagicha tushuntiriladi. Broun harakatining molekulyar-kinetik nazariyasi 1905-yili Albert Eynshteyn tomonidan yaratilgan. Suyuqlikda muallaq turgan gul changi (Broun zarrasi) ga modda molekulalari uzluksiz va tartibsiz urilib turadi. Agar Broun zarra-

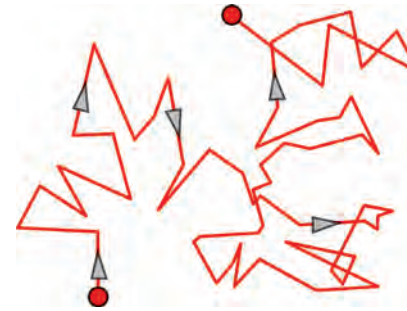
sining o‘lchami 1 mikrometrdan katta bo‘lsa, unga turli tomonlardan urilayotgan molekulalarning zarb kuchlari zarrani harakatga keltira olmaydi (3-rasm). Broun zarrasining o‘lchami 1 nanometr atrofida bo‘lsa, unga bir tomondan urilayotgan molekulalar soni boshqa tomondan urilayotgan molekulalar sonidan farq qiladi. Broun zarrasiga ta’sir etuvchi natijaviy kuch zarrani harakatlantiradi (4-rasm). Demak, Broun harakati biror muhitda muallaq turgan zarraga, shu muhit molekulalarining to‘xtovsiz urilishlari natijasida yuzaga keladi.



3-rasm.



4-rasm.



5-rasm.

Modda tuzilishini o‘rganishga oid tadqiqotlarda Broun harakatining kashf etilishi katta ahamiyatga ega bo‘ldi. Broun harakati molekulalarning tartibsiz harakat qilishidan tashqari, moddaning molekulalardan tashkil topganligini ham tasdiqlaydi.

Broun harakatini fransuz fizigi ***Jan Perren*** tajribada o‘rganib, xaotik harakat qilayotgan zarraning teng vaqtlar oralig‘idagi holatlarini suratga olgan. Bunda Broun zarrasining trayektoriyasi 5-rasmda tasvirlangandek turli uzunliklardagi siniq chiziqlardan iborat ekan. 1926-yili J.Perrenga moddaning molekulalardan tashkil topganligining tajribaviy isboti uchun Nobel mukofoti berilgan.

Broun harakati to‘xtovsiz va tartibsiz harakatdan iborat.
Broun harakatining trayektoriyasi murakkab siniq chiziqlardan iborat.
Broun harakati zarraning o‘lchamiga bog‘liq.

1. Qanday tajribalar modda tuzilishining molekulyar - kinetik nazariyasining asosiy qoidalarini tasdiqlaydi?
2. Broun harakatining yuzaga kelish sababini tushuntirib bering.
3. Nima uchun ikkiga bo‘lingan plastilinni bir-biriga biriktirish mumkin, ammo ikkiga bo‘lingan qalam bo‘laklarini bir-biriga qaytadan biriktirib bo‘lmaydi?
4. Qattiq jismlarning ham zarralari to‘xtovsiz va tartibsiz harakat qiladi. Nega qattiq jismlar sochilib ketmaydi?

Broun harakatini kuzatish. Kechasi yotoqxonangizdagi chiroqni o‘chirib, fonar yordamida nur shu’lasini hosil qiling. Biror gazlama matoni nur shu’lasi yo‘liga silkiting. Yorug‘lik nurida havodagi chang zarralarining to‘xtovsiz va tartibsiz harakat qilayotgani ko‘rinadi. Xulosangizni yozing.

Mexanik model asosida molekulalarning tartibsiz harakatini ko‘rsatish.

Kerakli jihozlar: oq va qora rangdagi sharchalar, tarelka, flomaster.

Maqsad: molekulalar tartibsiz harakatlanadi, degan gipotezani mexanik model asosida o‘rganish.

1. Molekula modeli sifatida oq va qora rangdagi sharchalarni olamiz. Masalan, taxminan 20 tadan oling.
2. Pastki asosi tekis bo‘lgan chuqurroq idish, oling (masalan, tarelka).
3. Idishning ichki asosini flomasterda chizib, teng ikkiga ajrating.
4. Idish asosining birinchi yarmiga oq rangdagi sharcha donalarini, ikkinchi yarmiga qora rangdagi sharcha donalarini soling (6-*a* rasm).
5. Idishni silkitib uning ichidagi sharcha donalarini harakatga keltiring va idish ichidagi sharcha donalarining joylashuvini kuzating (6-*b* rasm) hamda o‘z xulosangizni yozing.



a) *b)*

6-rasm.

2-§. MOLEKULANING MASSASI VA O‘LCHAMI

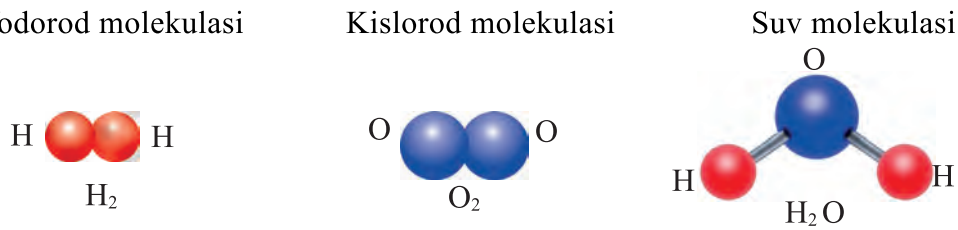
Molekulalar

Moddalar mayda zarralardan – molekula va atomlardan tashkil topganligini bilib oldingiz.

Moddaning kimyoviy xossasini o‘zida saqlab qoladigan eng kichik zarrasiga molekula deyiladi.

Molekula bir xil yoki har xil kimyoviy elementlarning bir nechta atomidan tashkil topadi. Metallar va inert gazlar tabiatda atom holda uchraydi. Metall va inert gazlardan boshqa moddalarning molekulasi eng kamida ikkita atomdan tashkil topgan bo‘ladi. Masalan, vodorod gazi vodorod (H_2) molekulalaridan, har

bir vodorod molekulasi esa 2 ta vodorod (H) atomidan iborat. Havodagi kislorod moddasi kislorod (O_2) molekulalaridan, har bir kislorod molekulasi 2 ta kislorod (O) atomidan tuzilgan. Suv moddasi suv (H_2O) molekulalaridan tashkil topgan. Har bir suv molekulasi 2 ta vodorod (H) va 1 ta kislorod (O) atomidan iborat (7-rasm).



7-rasm

Molekulalarning o‘lchami

Molekulalar juda kichik bo‘lganligidan ularni ko‘z bilan ko‘rib bo‘lmaydi. Ammo mana shu ko‘zga ko‘rinmas, nihoyatda mayda zarralar birikib, biz ko‘ra oladigan jismlar va moddalarni hosil qiladi. Molekulalarning o‘lchami qanday? Ularning o‘lchamini aniqlash mumkinmi?

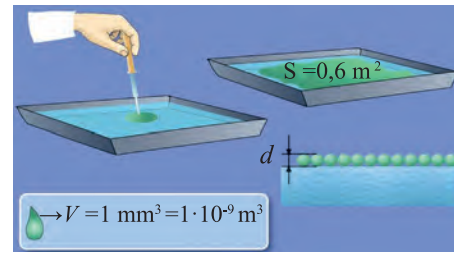
Molekulaning o‘lchamini aniqlash imkonini beradigan ko‘pgina usullar mavjud. Shunday usullardan biri, zaytun moyi tomchisining suv sirtida yoyilishini ko‘rib chiqaylik. Agar idish katta bo‘lsa, moy qatlami suv ustini to‘liq qoplamaydi (8-rasm). Hajmi 1 mm^3 bo‘lgan zaytun moyi tomchisi suv sirtida taxminan 0,6 m^2 yuzani egallar ekan. Moy tomchisi suv yuzida eng katta yuzaga yoyilganda moy qatlamining qalinligini bitta molekula diametriga yaqin deb tasavvur qilish mumkin. Demak, moy qatlamining qalinligini aniqlab, molekula o‘lchamini taqriban hisoblash mumkin.

Moy qatlamining qalinligini quyidagicha aniqlaymiz. Moy qatlamining hajmi V, uning yoyilgan yuzasi S bilan qalinligi d ning ko‘paytmasiga teng:

$$V = S \cdot d. \quad (1)$$

Bu tenglikdan moy qatlamining qalinligi, ya’ni zaytun moyi molekulasining diametri quyidagiga teng bo‘ladi:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{1\,\text{mm}^3}{0{,}6\,\text{m}^2} = \frac{10^{-9}\,\text{m}^3}{0{,}6\,\text{m}^2} \approx 1{,}7 \cdot 10^{-9}\,\text{m}.$$

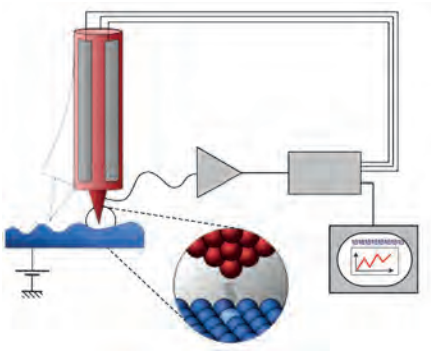


8-rasm.

Bunday o‘lchamdagi molekulani eng kuchli optik mikroskopda ham ilg‘ab bo‘lmaydi. O‘lchashda olingan natijalar asosida biz atomni radiusi 10^{-10} m ga yaqin bo‘lgan shar ko‘rinishida tasavvur qilishimiz mumkin. Molekulalar bir nechta atomlardan tarkib topganligi uchun ularning diametri atomning diametri-

dan kattaroq bo‘ladi. Masalan, vodorod molekulasining diametri $d \approx 2{,}3 \cdot 10^{-10}\,m$, suv molekulasining diametri $d \approx 3 \cdot 10^{-10}\,m$ ga teng.

Bu o‘lchamlar shu qadar kichikki, ularni tasavvur qilish juda qiyin. Bunday hollarda tasavvur etishga o‘zaro solishtirish yordam beradi. Masalan, agar molekulani olmadek bo‘lguncha kattalashtirilsa, shuncha marta kattalashtirilgan olma Yer sayyorasidek bo‘ladi. Yana shunday bir qiyoslash: agar tabiatdagi hamma narsa 10^8 marta kattalashsa, bo‘yi 1 m bo‘lgan bolaning bo‘yi 100 000 km ga yetadi.



9-rasm.

Hozirgi kunda maxsus asboblar yordamida alohida atomlar va molekulalarning joylashish manzarasini hamda ularning o‘lchamini aniq o‘lchash imkoni mavjud. Shunday zamonaviy asboblardan biri **tunnelli mikroskop** (9-rasm) bo‘lib, u 1980-yillarda mashhur IBM[1] firmasi xodimlari tomonidan yaratilgan (bu kashfiyotning mualliflari bo‘lgan Gerd Binning va Genrix Rorerga 1986-yili Nobel mukofoti berilgan). Tunnelli mikroskop o‘lchamni 100 million marta kattalashtirish imkoniyatiga ega. Bu esa atom o‘lchamini juda katta aniqlikda o‘lchashga imkon beradi. Tunnelli mikroskop yordamida uglerod atomining diametri $1{,}4 \cdot 10^{-10}$ m ga teng ekanligi va boshqa atomlarning o‘lchamlari ham aniqlangan. Tunnelli mikroskop yordamida moddani tashkil qilgan zarra tasvirining olinishi, moddaning atom va molekulalardan tashkil topganligiga ishonch hosil qilindi.

Molekulaning massasi

Molekulaning o‘lchami haqidagi ma’lumotlardan foydalanib, ularning massasini hisoblaymiz. Aytaylik, suv molekulasining diametri taxminan $d \sim 3 \cdot 10^{-10}$ m bo‘lsa, u holda uning hajmi ham taxminan $V \sim d^3 = (3 \cdot 10^{-10}\ \text{m})^3$ ga teng bo‘ladi. Suv molekulalari bir-biriga zich tegib turadi deb, 1m^3 suvdagi molekulalar sonini hisoblaymiz:

$$N = \frac{1\,\text{m}^3}{(3 \cdot 10^{-10}\,\text{m})^3} \approx 3{,}7 \cdot 10^{28}\,\text{ta}.$$

$1\ \text{m}^3$ suvning massasi 1000 kg ga teng ekanligidan suv molekulasining massasini hisoblaymiz:

$$m_0 = \frac{1000\,\text{kg}}{3{,}7 \cdot 10^{28}} \approx 2{,}7 \cdot 10^{-26}\,\text{kg}.$$

[1] IBM (Internasional Business Machines) dasturlash ta’minoti bo‘yicha Amerikadagi yirik kompaniya.

Hisoblash natijasiga ko‘ra, suv molekulasining massasi nihoyatda kichik ekanligi ko‘rinib turibdi. Atom (yoki molekula)larning o‘lchamlari qanchalik kichik bo‘lmasin, ularning massalari aniqlangan. Masalan, suv molekulasining massasi $m_{H_2O} \approx 2{,}7 \cdot 10^{-26}$ kg, kislorod molekulasi $m_{O_2} \approx 5{,}32 \cdot 10^{-26}$ kg, uglerod atomi $m_C \approx 1{,}992 \cdot 10^{-26}$ kg, simob atomi $m_{Hg} \approx 3{,}337 \cdot 10^{-25}$ kg ga teng ekan.

Nisbiy atom (molekulyar) massa

Yuqorida moddani tashkil qilgan molekulaning massasi juda kichik ekanligi ta’kidlab o‘tildi. Ammo bunday kichik massani tarozida o‘lchab bo‘lmaydi. Shu sababli atomning massasini ifodalash uchun maxsus **massa atom birligi unit (u)**[2] tushunchasi kiritilgan. Xalqaro kelishuvga muvofiq barcha modda atomlarining massasini ${}^{12}_{6}C$ uglerod atomi massasining 1/12 qismi bilan taqqoslash qabul qilingan. U holda massa atom birligi:

$$m_{0C} \cdot \frac{1}{12} = 1{,}992 \cdot 10^{-26}\,\text{kg} \cdot \frac{1}{12} \approx 1{,}66 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}.$$

Demak,

$$1\text{u} \approx 1{,}66 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}.$$

Berilgan modda atomi massasining (m_0) uglerod atom massasi (m_{0C}) $^1/_{12}$ qismining nisbatiga, shu moddaning nisbiy atom massasi deyiladi.

Ta’rifga ko‘ra nisbiy atom massasi quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{Nisbiy atom massasi} = \frac{\text{Element bitta atomining massasi}}{\text{Uglerod atom massasining 1/12 qismi}}$$ yoki

$$A_n = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0C}}. \quad (2)$$

(2) ifodaga ko‘ra kislorod atomining nisbiy atom massasi:

$$A_n = \frac{2{,}66 \cdot 10^{-26}\,\text{kg}}{1{,}66 \cdot 10^{-27}\,\text{kg}} = 16\text{u}.$$

[2] «unit» – inglizchada – «unifed mass unit» – massa atom birligi

Nisbiy atom massa o‘lchamsiz kattalikdir. Barcha kimyoviy elementlarning nisbiy atom massasi D.I.Mendeleyevning kimyoviy elementlar davriy sistemasida berilgan. Murakkab modda molekulasining nisbiy molekulyar massasini topish uchun uning tarkibiga kiruvchi elementlarning nisbiy atom massalarini qo‘shish kerak. Masalan, suv (H_2O) molekulasining nisbiy molekulyar massasini topish uchun ikkita vodorod atomining nisbiy massasiga bitta kislorod atomining nisbiy massasini qo‘shamiz, ya’ni: $M_{H_2O} = 1 \cdot 2 + 16 = 18$ u.

Masala yechish namunasi

Bir dona suv molekulasining massasi $3 \cdot 10^{-26}$ kg ga teng bo‘lsa, 12 cm^3 suvda qancha molekula bor?

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$m_0 = 3 \cdot 10^{-26}$ kg $V = 12\ cm^3 = 12 \cdot 10^{-6}\ m^3$ $\rho = 1000\ kg/m^3$.	$m = \rho \cdot V;\quad N = \frac{m}{m_0};$ $N = \frac{\rho \cdot V}{m_0}.$	$N = \frac{10^3 \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-26}} = 4 \cdot 10^{23}$ ta. **Javob:** $N = 4 \cdot 10^{23}$ ta.
Topish kerak: $N = ?$	$[N] = \frac{kg}{kg} = birliksiz.$	

1. Molekulaga ta’rif bering va misollar keltiring.
2. Molekulaning o‘lchamini qanday aniqlash mumkin?
3. Atom va molekulaning o‘lchami qanday tartibda bo‘ladi?
4. Massaning atom birligi qilib qanday kattalik olingan?
5. Moddaning nisbiy molekulyar massasi qanday aniqlanadi?

1. Massasi 2,4 kg bo‘lgan ko‘mirda qancha uglerod atomi borligini hisoblang. Uglerod atomining massasini $2 \cdot 10^{-26}$ kg ga teng deb oling.
2. Hajmi 0,2 mm^3 bo‘lgan moy suv ustida yoyilib, taxminan 0,8 m^2 yuzali yupqa parda hosil qildi. Moy molekulalari suv yuzasida bir qavat bo‘lib tekis yoyilgan deb hisoblab, moy molekulasining chiziqli o‘lchamini aniqlang.
3. Bitta suv molekulasining massasi $3 \cdot 10^{-26}$ kg. Hajmi 5 cm^3 bo‘lgan suvda qancha suv molekulasi bor?
4*. Idishdagi suvda 10^{24} ta suv molekulasi bo‘lsa, suvning hajmi qanday? Suv molekulasining diametrini $3 \cdot 10^{-10}$ m ga teng deb oling.
5*. Moy molekulasining diametri taxminan $2{,}6 \cdot 10^{-10}$ m bo‘lsa, 35 cm^3 moyda qancha moy molekulasi borligini aniqlang.

6. Jadvalni to‘ldiring.

№	Modda	Kimyoviy formulasi	Nisbiy molekulyar massasi (u)
1	Azot		
2	Ozon		
3	Osh tuzi		
4	Metan gazi		
5	Karbonat angidrid		

3-§. MODDA MIQDORI

Modda miqdori

Makroskopik («makro» – so‘zi yunoncha «katta» degan ma’noni anglatadi) jismning tarkibida atom (yoki molekula)lar nihoyatda ko‘p bo‘lganligidan ularning sonini massasi 12 g bo‘lgan uglerod moddasidagi atomlar soni bilan taqqoslash qabul qilingan.

1 mol – moddaning shunday miqdoriki, undagi atom (molekula)-lar soni 12 g ugleroddagi atomlar soniga teng.

Bu ta’rifdan barcha moddalarning 1 mol miqdoridagi molekula (atom)lar soni o‘zaro teng degan xulosa kelib chiqadi. XBS da modda miqdorini «mol» da ifodalash qabul qilingan. Modda miqdori **ν** (nyu) harfi bilan belgilanadi.

Avogadro doimiysi

Miqdori 1 mol bo‘lgan moddadagi molekulalar soni italyan olimi Amedeo Avogadro sharafiga ***Avogadro doimiysi*** deb ataladi va uni N_A deb belgilash qabul qilingan.

Avogadro doimiysi fundamental fizik kattalik bo‘lib, uning son qiymati $N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}$ mol^{-1} ga teng.

Agar modda miqdori ν ga teng bo‘lsa, undagi molekulalar soni quyidagicha aniqlanadi:

$$N = \nu \cdot N_A. \qquad (1)$$

Modda miqdorini topish uchun modda tarkibidagi molekulalar sonini Avogadro soniga bo‘lish kerak, ya’ni

$$\nu = \frac{N}{N_A}. \qquad (2)$$

Molyar massa

Miqdori bir mol bo‘lgan moddaning massasiga molyar massa deyiladi va M harfi bilan belgilanadi.

Bu ta’rifga ko‘ra, moddaning molyar massasi uning bitta molekulasining massasi bilan Avogadro doimiysining ko‘paytmasiga teng, ya’ni:

$$M = m_0 N_A. \qquad (3)$$

Molyar massaning birligi qilib kg/mol qabul qilingan. (3) ifodaga ko‘ra modda molekulasining massasini hisoblash mumkin:

$$m_0 = \frac{M}{N_A}. \qquad (4)$$

Demak, har qanday modda molekulasining massasini aniqlash uchun uning molyar massasini Avogadro doimiysiga bo‘lish kerak.

Nisbiy molekulyar massa $M_n = \dfrac{m_0}{\frac{1}{12}m_{0C}}$ ifodasidan m_0 ni topib, uni (3) ifodaga qo‘ysak, $M = \dfrac{1}{12}m_{0C} \cdot M_n \cdot N_A$ ifoda hosil bo‘ladi. Endi bu ifodaga uglerod atom massasi va Avogadro doimiysining son qiymatini qo‘yib soddalashtirilsa quyidagi munosabat hosil bo‘ladi:

$$M = M_n \cdot 10^{-3}\ \text{kg/mol} \quad \text{yoki} \quad M = M_n\ \text{g/mol}.$$

Demak, molyar massa nisbiy molekulyar massaga son jihatdan teng qilib grammlar hisobida olingan massa ekan. Mendeleyev davriy sistemasi asosida har qanday modda molekulasining nisbiy molekulyar massasini aniqlash mumkin. Masalan: karbonat angidrid gazining molekulasi (CO_2) uchun nisbiy molekulyar massa M_{CO_2}= 44u ga teng, u holda karbonat angidrid (CO_2) gazi uchun molyar massasi M = 44 g/mol ga teng bo‘ladi.

Molekulalar soni

Ixtiyoriy moddaning massasini topish uchun uni tashkil qilgan molekulalar sonini bitta molekulaning massasiga ko‘paytirish kerak, ya’ni:

$$m = m_0 N. \qquad (5)$$

(4) tenglikni (5) ifodaga qo‘ysak, quyidagi ifoda hosil bo‘ladi:

$$m = \frac{M}{N_A} N. \qquad (6)$$

(1) ifodani inobatga olsak (6) ifodadan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\nu = \frac{m}{M}. \qquad (7)$$

U holda (1) tenglikni (7) ifodaga ko‘ra yozamiz:

$$N = \frac{m}{M} N_A. \qquad (8)$$

Bu ifodaga ko‘ra massasi aniq bo‘lgan har qanday turdagi moddaning molekulalar (yoki atomlar) sonini aniqlash mumkin.

Molekulalar konsentratsiyasi

Hajm birligidagi molekulalar soniga modda molekulalarining konsentratsiyasi deb ataladi va *n* harfi bilan belgilanadi.

Ta’rifga ko‘ra, modda molekulalarining konsentratsiyasi quyidagicha aniqlanadi:

$$n = \frac{N}{V}, \qquad (9)$$

bunda N – idishdagi molekulalarning soni, V – idish hajmi.

Modda molekulalarining konsentratsiyasi Xalqaro birliklar sistemasida $[n] = \text{m}^{-3}$ birligida o‘lchanadi.

(9) ifodadagi N ning o‘rniga (8) ifodani qo‘yib modda molekulalarining konsentratsiyasini aniqlashning yana bir ifodasi hosil qilinadi:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{1}{V} \cdot \frac{m}{M} N_A = \frac{\rho}{m_0}. \qquad (10)$$

Bu ifodadan modda zichligini aniqlashning yana bir ifodasi kelib chiqadi, ya’ni $\rho = n \cdot m_0$.

Masala yechish namunasi

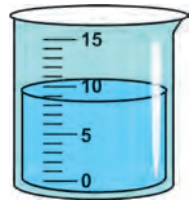
1-masala. Hajmi 54 cm^3 bo‘lgan suvdagi molekulalar sonini aniqlang.

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$V = 54\ \text{cm}^3$ $\rho = 1\ \text{g/cm}^3$ $M = 18\ \text{g/mol}$ $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$.	$m = \rho \cdot V; \quad N = \frac{m}{M} N_A.$ $[m] = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \text{cm}^3 = \text{g}.$ $[N] = \frac{\text{g}}{\text{g/mol}} \cdot \frac{1}{\text{mol}} = 1$	$m = 54 \cdot 1\text{g} = 54\ \text{g}.$ $N = \frac{54}{18} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} = 1{,}806 \cdot 10^{24}$ ta. **Javob:** $N = 1{,}806 \cdot 10^{24}$ ta.
Topish kerak: $N = ?$		

2-masala. 136 mol simob qancha hajmni egallaydi? Simobning zichligi 13,6 g/cm^3, molyar massasi 200 g/mol.

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$\nu = 136$ mol $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3$ kg/m^3 $M = 200 \cdot 10^{-3}$ kg/mol. *Topish kerak:* $V = ?$	$\nu = \frac{m}{M}; \quad m = \nu \cdot M.$ $V = \frac{m}{\rho} = \frac{\nu \cdot M}{\rho}.$ $[V] = \frac{\text{mol} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \text{m}^3.$	$V = \frac{136 \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{13{,}6 \cdot 10^3}\ \text{m}^3 = 2 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3.$ **Javob:** $V = 2 \cdot 10^{-3}$ m$^3 = 2$ *l*.

1. Modda miqdori deb nimaga aytiladi? Uning o‘lchov birligi nima?
2. Avogadro doimiysining son qiymatini ayting va uni izohlang.
3. Molyar massa deb qanday kattalikka aytiladi? Ozon, karbonat angidrid va metan gazi uchun molyar massa nimaga teng?
4. Moddadagi molekulalar soni qanday hisoblanadi?
5. Idishdagi suv molekulalarining konsentratsiyasini qanday aniqlaysiz (10-rasm)? Idishning o‘lchov darajasi *ml* da berilgan.



10- rasm.

1. Massasi 270 g bo‘lgan suvdagi modda miqdorini aniqlang.
2. Miqdori 8 mol bo‘lgan karbonat angidrid (CO_2) gazining massasi nimaga teng?
3. Massasi 7 g bo‘lgan azot (N_2) tarkibidagi molekulalar sonini aniqlang.
4. Moddaning molyar massasi 36 g/molga teng bo‘lsa, shu modda bitta molekulasining massasini aniqlang.
5. Jadvalni to‘ldiring.

№	**Moddaning turi**	**Kimyoviy formulasi**	**Molyar massasi (g/mol)**	**Molekulaning massasi (g)**
1	Osh tuzi	NaCl		
2	Ozon	O_3		
3	Azot	N_2		
4	Metan gazi	CH_4		

6. Bir dona gaz molekulasining massasi $7{,}33 \cdot 10^{-26}$ kg ga teng. Shu gazning molyar massasini aniqlang.

4-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Uzunligi 15 cm va ko‘ndalang kesim yuzi 4 mm^2 bo‘lgan grafit qalamchasida qancha uglerod atomi borligini aniqlang. Grafitning zichligi 1,6 g/cm^3. Bir dona uglerod atomining massasi $2\cdot10^{-26}$ kg ga teng.

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$l = 15\ \text{cm} = 15\cdot10^{-2}\ \text{m}$ $S = 4\ \text{mm}^2 = 4\cdot10^{-6}\ \text{m}^2$ $\rho = 1{,}6\ \text{g/cm}^3 = 1{,}6\cdot10^3\ \text{kg/m}^3$ $m_0 = 2\cdot10^{-26}\ \text{kg}$. *Topish kerak:* $N = ?$	$V = S\cdot l,\quad m = \rho\cdot V$ bundan: $m = \rho\cdot S\cdot l.$ $N = \frac{m}{m_0} = \frac{\rho\cdot S\cdot l}{m_0}.$ $[N] = \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = 1$	$N = \frac{1{,}6\cdot10^3\cdot4\cdot10^{-6}\cdot15\cdot10^{-2}}{2\cdot10^{-26}} =$ $= 4{,}8\cdot10^{22}\ \text{ta}.$ **Javob:** $N = 4{,}8\cdot10^{22}$ ta.

2-masala. Hajmi 5 *l* bo‘lgan idishga 140 g massali azot gazi solingan. Idishdagi gaz molekulalarining konsentratsiyasini aniqlang.

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$V = 5\ l = 5\cdot10^{-3}\ \text{m}^3$ $m = 140\ \text{g} = 0{,}14\ \text{kg}$ $M = 28\cdot10^{-3}\ \text{kg/mol}$ $N_A = 6\cdot10^{23}\ \text{mol}^{-1}$. *Topish kerak:* $n = ?$	$N = \frac{m}{M}\cdot N_A;$ $n = \frac{N}{V}.\quad [n] = \frac{1}{m^3}.$	$N = \frac{0{,}14}{28\cdot10^{-3}}\cdot6\cdot10^{23} = 3\cdot10^{24}\ \text{ta}.$ $n = \frac{3\cdot10^{24}}{5\cdot10^{-3}} = 6\cdot10^{26}\ \frac{1}{\text{m}^3}.$ **Javob:** $n = 6\cdot10^{26}\ \text{m}^{-3}$.

3-masala. Sirt yuzasi 20 cm^2 bo‘lgan buyumga 1,5 μm qalinlikda kumush qatlami qoplandi. Qoplamda qancha kumush atomi borligini aniqlang. Kumushning zichligi $10{,}5\cdot10^3\ \text{kg/m}^3$, molyar massasi 108 g/mol ga teng.

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$S = 20\ \text{cm}^2 = 2\cdot10^{-3}\ \text{m}^2$ $h = 1{,}5\ \mu\text{m} = 1{,}5\cdot10^{-6}\ \text{m}$ $\rho = 10{,}5\cdot10^3\ \text{kg/m}^3$ $M = 108\cdot10^{-3}\ \text{kg/mol}$ $N_A = 6\cdot10^{23}\ \text{mol}^{-1}$. *Topish kerak:* $N = ?$	$m = \rho\cdot V = \rho\cdot S\cdot h,$ $\nu = \frac{m}{M},\quad N = \nu\cdot N_A$ $N = \frac{m}{M}\cdot N_A = \frac{\rho S h}{M}\cdot N_A.$ $[N] = \frac{\text{kg}}{\text{kg/mol}}\cdot\frac{1}{\text{mol}} = 1$	$N = \frac{10{,}5\cdot10^3\cdot2\cdot10^{-3}\cdot1{,}5\cdot10^{-6}}{108\cdot10^{-3}}$ $\cdot6\cdot10^{23} = 1{,}75\cdot10^{20}\ \text{ta}.$ **Javob:** $N = 1{,}75\cdot10^{20}$ ta.

M 3

1. Massasi 81g bo‘lgan buyum alyuminiydan yasalgan. Buyumda qancha alyuminiy atomi bor?
2. $4 \cdot 10^{24}$ ta temir atomi bo‘lgan jismning massasi qanday?
3. Idishga solingan gazning massasi 5,5 kg ga teng. Idishda $7{,}5 \cdot 10^{25}$ ta gaz molekulasi mavjud bo‘lsa, bu gaz turini aniqlang.
4. Idishga massasi 72 g bo‘lgan suv solingan. Idishdagi suv molekulalarining konsentratsiyasini aniqlang.
5. Hajmi 6 cm^3 bo‘lgan olmosdagi atomlar sonini aniqlang. Olmosning zichligi 3500 kg/m^3 va molyar massasi 12 g/mol.
6. Modda miqdori 200 mol bo‘lgan misdan qalinligi 2 mm bo‘lgan tekis mis plastinkasi yasalgan. Plastinkaning yuzasi nimaga teng? Misning zichligi 8900 kg/m^3 va molyar massasi 64 g/mol.
7. Moddaning zichligi 5 g/cm^3 bo‘lsa, to‘la sirtining yuzi 24 cm^2 bo‘lgan kubning massasi qanday bo‘ladi?
8. Modda miqdori 34 mol simob qancha hajmni egallaydi? Simobning zichligi 13,6 g/cm^3, molyar massasi 200 g/mol ga teng deb oling.
9. 10 *l* hajmli idishga 1,6 kg massali kislorod solingan. Idishdagi gaz molekulalarining konsentratsiyasini aniqlang.
10*. Suv molekulasining diametrini $3 \cdot 10^{-10}$ m deb, 3 g suvdagi barcha molekulalar bir-biriga zich qilib bir qatorga joylashtirilsa, qanday uzunlik hosil bo‘lishini hisoblang. Bu uzunlikni Yerdan Oygacha bo‘lgan masofa ($3{,}84 \cdot 10^5$ km) bilan taqqoslang.
11*. Idishdagi suvda $3 \cdot 10^{24}$ ta suv molekulasi bo‘lsa, suvning hajmi qanday? Suv molekulasining diametri $3 \cdot 10^{-10}$ m ga teng.
12*. Moy molekulasining diametri taxminan $2 \cdot 10^{-10}$ m ga teng bo‘lsa, 24 cm^3 moyda qancha moy molekulasi borligini aniqlang.
13. Biror modda molekulasining diametri fotosuratda 0,5 mm ga teng. Agar fotosurat elektron mikroskop yordamida 200 000 marta kattalashtirib olingan bo‘lsa, ayni modda molekulasining haqiqiy diametiri qancha?
14. Nima uchun gulxandan chiqayotgan tutun yuqoriga ko‘tarilgan sari hatto shamol bo‘lmaganda ham ko‘zga ko‘rinmay ketadi?
15. Nima sababdan singan chinni yoki sopol idishni yelim bilan yopishtirmasa ularni butun holga keltirib bo‘lmaydi? Axir jism molekulalari orasida tortishish kuchi mavjud-ku!

5-§. IDEAL GAZ

Ideal gaz

Siyraklashtirilgan gazda molekulalar orasidagi masofa ularning o‘lchamlaridan juda katta bo‘ladi. Bunday holda molekulalar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlarini e’tiborga olinmaydigan darajada kichik deb hisoblash mumkin. Gazni tashkil qiluvchi molekulalar orasidagi masofa katta bo‘lganligi sababli gaz molekulasining xususiy hajmi hisobga olinmasa ham bo‘ladi. Shu bois gaz molekulasiga moddiy nuqta deb qaraladi. Shuning uchun siyrak gazni shartli ravishda ideal gaz deb qarasa bo‘ladi.

Ideal gaz – molekulalari moddiy nuqtalar deb qaraladigan hamda ular orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari e’tiborga olinmaydigan darajada kichik bo‘lgan gazdir.

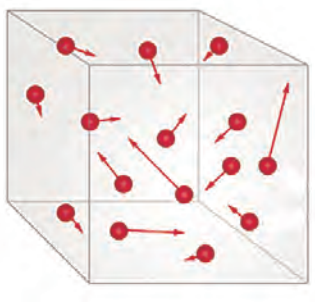
Tabiatda mutloq ideal gaz uchramaydi. Mavjud bo‘lgan gazlar real gazlardir. Chunki ularni tashkil etuvchi molekulalar orasida kichik bo‘lsa-da, o‘zaro ta’sir kuchlari mavjud.

Xossalari molekulalarining o‘zaro ta’siriga bog‘liq bo‘lgan gaz real gaz deb ataladi.

Siyrak gazning xossalari biz tasavvur qilgan ideal gazning xossalariga yaqinroq bo‘lgan gaz. Molekulalarining kinetik energiyasi ularning o‘zaro ta’sir potensial energiyasidan ancha katta bo‘lganligi tufayli bunday gazni ideal gaz deb hisoblash mumkin.

Ideal gazning bosimi

Yopiq idishda gaz bo‘lsin. Idish ichidagi har bir gaz molekulasi xaotik harakat qilib, idish devorlariga uriladi. U har bir urilganda idish devorlariga ma’lum kuch bilan ta’sir qiladi. Bitta molekulaning ta’sir etadigan kuchi juda kichik. Ko‘p sondagi molekulalarning devorga deyarli uzluksiz urilishidan devor sirtida bosim kuchi vujudga keladi (11-rasm).



11- rasm.

Idish ichidagi gaz molekulalari xaotik harakat davomida bir-birlari bilan to‘qnashganda ular tezligining yo‘nalishi va son qiymati o‘zgaradi. Bunday holda molekulaning harakat tezligi o‘rtacha kvadratik tezligi orqali tavsiflanadi. Molekulaning o‘rtacha kvadratik tezligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi, ya’ni:

$$\overline{\upsilon^2} = \frac{\upsilon_1^2 + \upsilon_2^2 + ... + \upsilon_N^2}{N}$$

Gazning bosimi gaz molekulalarining idish devorlariga urilishi natijasida unga $(m_0\vec{v})$ impuls berishi tufayli hosil bo‘ladi. Gazning bosimi idish devorlariga urilayotgan molekulalar soniga, molekulaning massasi va molekula harakatining o‘rtacha kvadratik tezligiga bog‘liq bo‘ladi. Birlik vaqt ichida idish devoriga urilayotgan molekulalar soni esa gaz molekulalarining konsentratsiyasiga to‘g‘ri proporsional. Gaz molekulalarining beradigan bosimini hisoblash uchun quyidagi formula keltirib chiqarilgan:

$$p = \frac{1}{3} n\, m_o\, \overline{v^2}. \quad (1)$$

Bunda n – gaz molekulalarining konsentratsiyasi, m_0 – bitta molekulaning massasi, $\overline{v^2}$ – molekulalarning o‘rtacha kvadratik tezligi.

(1) ifodaning o‘ng tomonining surat va maxrajini 2 ga ko‘paytirib, kinetik energiya $\overline{E}_k = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$ ekanligini e’tiborga olsak, (1) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} \quad \text{yoki} \quad p = \frac{2}{3} n \overline{E}_k. \quad (2)$$

Gaz bosimi hajm birligidagi molekulalar kinetik energiyasining o‘rtacha qiymatiga to‘g‘ri proporsional.

(1) ifodadagi $n \cdot m_0$ ko‘paytma gaz zichligini berganligi uchun (1) ifodani quyidagi ko‘rinishda ham yozish mumkin:

$$p = \frac{1}{3} \rho\, \overline{v^2}. \quad (3)$$

(1), (2) va (3) ifodalar **gazlar molekulyar – kinetik nazariyasining asosiy tenglamalaridir**.

Masala yechish namunalari

1-masala. Ideal gazning zichligi 1,5 kg/m^3 va bosimi 180 kPa bo‘lsa, gaz molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi qanday bo‘ladi?

Berilgan:

$\rho = 1{,}5$ kg/m^3

$p = 180 \cdot 10^3$ Pa.

Topish kerak:

$\overline{v} = ?$

Formulasi:

$$p = \frac{1}{3} \rho\, \overline{v^2}; \quad \overline{v} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}.$$

$$[\overline{v}] = \sqrt{\frac{\text{Pa}}{\text{kg/m}^3}} = \sqrt{\frac{\text{N/m}^2}{\text{kg/m}^3}} =$$

$$= \sqrt{\frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{kg/m}}} = \text{m/s}.$$

Hisoblash:

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 180 \cdot 10^3}{1{,}5}}\ \text{m/s} = 600\ \text{m/s}.$$

Javob: $\overline{v} = 600$ m/s.

2-masala. Agar gazning bosimi 120 kPa, molekulalarining konsentratsiyasi $5 \cdot 10^{26}\ m^{-3}$ bo‘lsa, gaz molekulalari ilgarilanma harakat kinetik energiyasining o‘rtacha qiymati qanday bo‘ladi?

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$p = 120 \cdot 10^3$ Pa $n = 5 \cdot 10^{26}\ m^{-3}$.	$p = \frac{2}{3} n \cdot \overline{E}_k$ bundan $\overline{E}_k = \frac{3p}{2n}$ $\left[\overline{E}_k\right] = \frac{3p}{2n} = \frac{Pa}{m^{-3}} =$ $= \frac{N/m^2}{m^{-3}} = N \cdot m = J.$	$\overline{E}_k = \frac{3 \cdot 120 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 10^{26}} = 3,6 \cdot 10^{-22}$ J. **Javob:** $\overline{E}_k = 3,6 \cdot 10^{-22}$ J.
Topish kerak: $\overline{E}_k = ?$		

1. Qanday shartlarni qanoatlantirgan gaz ideal gaz deb ataladi?
2. Real gazning ideal gazdan farqi qanday?
3. Molekulaning o‘rtacha kvadratik tezligi deganda qanday tezlikni tushunasiz?
4. Molekulalarning o‘rtacha arifmetik va o‘rtacha kvadratik tezliklari qanday aniqlanadi?
5. Molekulyar-kinetik nazariyasi asosida ideal gazning beradigan bosimini tushuntirib bering.
6. Gazning idish devoriga beradigan bosimi molekulalarning qanday parametrlariga bog‘liq bo‘ladi?

M 4

1. Idish vodorod gazi bilan to‘ldirilgan. Idishdagi gaz molekulalarining konsentratsiyasi $4,5 \cdot 10^{24}\ m^{-3}$ ga teng. Idishdagi gaz bosimini hisoblang. Gaz molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligini 400 m/s ga teng deb oling.
2. Ideal gaz molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi 600 m/s va zichligi 0,9 kg/m^3 bo‘lsa, idishdagi gaz bosimini aniqlang.
3. Idishdagi gazning zichligi 1,5 kg/m^3 va bosimi 7,2 kPa bo‘lgan gaz molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi nimaga teng?
4. Idishdagi hajm birligidagi molekulalar soni $3 \cdot 10^{25}\ m^{-3}$ va bosimi 80 kPa bo‘lgan gaz molekulalarining o‘rtacha kinetik energiyasini hisoblang.
5. Idishga solingan kislorod gazi, idish devoriga 90 kPa bosim bermoqda. Agar kislorod molekulalari 600 m/s o‘rtacha kvadratik tezlik bilan harakatlanayotgan bo‘lsa, idishdagi gaz zichligi qanday bo‘lgan?
6. Massasi 0,3 kg bo‘lgan gaz 400 kPa bosimda 1 m^3 hajmni egallasa, uning molekulalari harakatining o‘rtacha kvadratik tezliklari qanday bo‘ladi?
7. 30 kPa bosimda bir atomli gaz molekulasining o‘rtacha kinetik energiyasini toping. Berilgan bosimda bu gaz molekulalarining konsentratsiyasi $4 \cdot 10^{25}\ m^{-3}$ ga teng.

6-§. TEMPERATURA

Issiqlik muvozanati

Issiqlik hodisalarini o‘rganishda temperatura tushunchasi muhim o‘rinni egallaydi. Temperatura molekulyar fizika va termodinamikaning asosiy kattaliklaridan biridir.

Turli idishdagi suvlarga barmog‘imizni tiqib, ulardan qaysi biri issiqroq, qaysinisi sovuqroq ekanini ayta olamiz. Issiq suvning temperaturasini yuqori, sovuq suvnikini esa past deymiz. Shuningdek, havoning kunlik temperaturasini bilishga ham hech kim befarq qaramaydi.

Temperatura – moddaning issiqlik darajasini miqdor jihatdan aniqlaydigan fizik kattalikdir.

«Temperatura» lotinchada «holat» degan ma’noni bildiradi. Odam tanasining temperaturasini o‘lchashda tana bilan termometr ichidagi simob orasida issiqlik muvozanati qaror topguncha ma’lum vaqt o‘tadi. Issiqlik muvozanati qaror topgandan keyin termometr ko‘rsatishi o‘zgarmaydi.

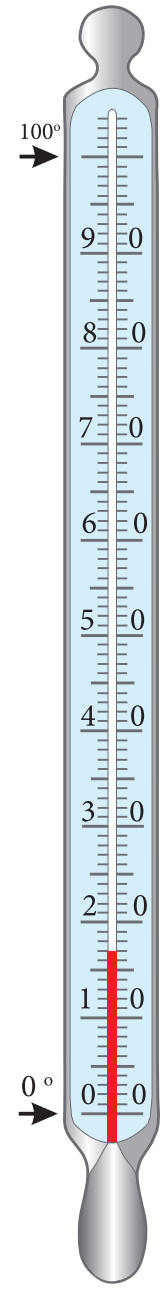
Moddalarda issiqlik almashinishi natijasida ularning temperaturalari tenglashishiga issiqlik muvozanati deyiladi.

Issiqlik muvozanatida bo‘lgan sistemaning hamma qismlarida temperatura bir xil qiymatga ega bo‘ladi. Ikki jismning temperaturasi bir xil bo‘lganda ular orasida issiqlik almashinuv jarayoni bo‘lmaydi. Agar jismlarning temperaturalari har xil bo‘lsa, ular bir-biriga tekkizilganda jismlar o‘rtasida issiqlik almashinuvi yuzaga keladi. Bunda temperaturasi yuqori bo‘lgan jism past temperaturali jismga issiqlik uzatadi. Issiqlik almashinuvi ularning temperaturalari tenglashguncha davom etadi. Masalan, choynakdan piyolaga issiq choy quyib, stol ustiga qo‘ying. Ma’lum vaqt o‘tgandan keyin uning temperaturasi xona temperaturasi bilan tenglashadi, ya’ni muvozanat holatiga keladi.

Temperaturaning Selsiy shkalasi

Temperatura termometr yordamida o‘lchanadi. Odatda, ko‘p foydalaniladigan termometr – simobli termometrdir (12-rasm). Bunday termometr rezervuarida simob bo‘ladi. Temperatura ortganda rezervuardagi simob hajmi kengayadi va simob naycha orqali yuqoriga ko‘tariladi.

Termometr shkalasi darajalangan bo‘lib, simobning qancha ko‘tarilganligiga qarab temperaturani bilib olish mumkin. Tem-



12-rasm.

peraturaning o‘lchov birligi qilib *gradus* olingan. Normal atmosfera bosimida muzning erish temperaturasi nol gradus deb, suvning qaynash temperaturasi 100 gradus deb olingan. Bu oraliq 100 ta teng bo‘laklarga bo‘lingan va har bir bo‘lak ***1 gradus*** deb qabul qilingan. «*Gradus*» lotinchada «*qadam*» degan ma’noni bildiradi.

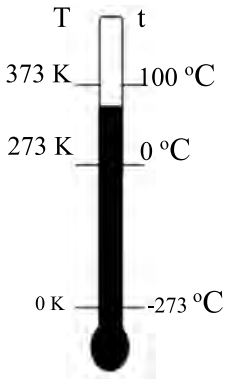
Bunday shkala 1742-yilda shved olimi ***Anders Selsiy*** tomonidan tavsiya etilgan va u temperaturaning ***Selsiy shkalasi*** deb ataladi.

Selsiy shkalasida o‘lchangan temperatura ^{o}C shaklida belgilanadi va «gradus selsiy» deb o‘qiladi.

Termometrlar qo‘llanish maqsadlariga ko‘ra ular turlicha darajalangan bo‘ladi. Masalan, suvning temperaturasini o‘lchaydigan termometrlar 0 ^{o}C dan 100 ^{o}C gacha, odam temperaturasini o‘lchaydigan tibbiyot termometri 35 ^{o}C dan 42 ^{o}C gacha, havo temperaturasini o‘lchaydigan termometr esa, odatda, 20 ^{o}C dan 50 ^{o}C gacha darajalangan bo‘ladi. Selsiy shkalasida temperatura t harfi bilan belgilanadi.

Absolyut temperatura

Turmushda, asosan, Selsiy shkalasida ifodalangan t temperatura qo‘llaniladi. Lekin moddalardagi issiqlik hodisalarini o‘rganishda ***absolyut temperatura*** deb ataladigan temperaturadan foydalaniladi. Absolyut temperatura T harfi bilan belgilanadi.



13-rasm.

Ingliz olimi Uilyam Tomson ***(Kelvin)*** 1848-yilda temperaturaning absolyut shkalasini taklif qildi. Absolyut temperaturaning bu shkalasi **Kelvin shkalasi** deb ataladi. Absolyut temperaturaning birligi XBS da **Kelvin** deb ataladi va K harfi bilan belgilanadi.

Kelvin shkalasida olingan temperatura birligining qadamlari qiymati Selsiy shkalasidagi qiymatga teng qilib olingan. Selsiy shkalasida o‘lchanganda absolyut nol temperatura -273,15 °C ga teng ekanligi aniqlangan. Bu $t = 0$ °C da $T = 273{,}15$ K bo‘ladi. Agar 273,15 K ni yaxlitlab 273 K deb olsak, Selsiy shkalasidan Kelvin shkalasiga o‘tish formulasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$T = t + 273. \qquad (1)$$

Temperaturaning Selsiy va Kelvin shkalalari orasidagi bog‘lanish diagrammasi 13-rasmda ko‘rsatilgan. Biroq absolyut temperaturaning o‘zgarishi ΔT temperaturaning Selsiy shkalasi bo‘yicha o‘zgarishi Δt ga teng, ya’ni $\Delta T = \Delta t$. Absolyut shkaladagi nol temperatura absolyut nolga mos keladi.

Absolyut nol temperatura mumkin bo‘lgan eng past temperatura. Bunday temperaturada modda molekulalarining issiqlik harakati to‘xtaydi.

Temperaturaning molekulyar-kinetik talqini

Har qanday modda atom va molekulalardan tashkil topgan. Moddani tashkil qilgan atom va molekulalar to‘xtovsiz va tartibsiz harakat qiladi. Modda qizigan-da bu betartib harakat yanada jadallashadi. ***Molekulalarning tartibsiz harakati issiqlik harakati deb ataladi.***

Temperatura **– gaz molekulalari ilgarilanma harakati o‘rtacha kinetik energiyasining o‘lchovidir.**

Makroskopik nuqtayi nazardan ***temperatura*** modda issiqlik holatining miqdoriy o‘lchovidir. Molekulyar-kinetik nazariyaga ko‘ra, temperatura va molekulalarning o‘rtacha kinetik energiyasi orasidagi bog‘lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT. \qquad (2)$$

Bunda k koeffitsiyent gazlar molekulyar-kinetik nazariyasi asoschilaridan biri bo‘lgan avstriyalik fizik Lyudvig Bolsman sharafiga ***Bolsman doimiysi*** deb ataladi. Uning son qiymati $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$ ga teng.

Bolsman doimiysi **– energiya birligi bilan temperatura birligi orasidagi munosabatni ifodalovchi kattalikdir.**

Issiqlik muvozanati holatida barcha gaz molekulalarining ilgarilanma harakatining o‘rtacha kinetik energiyasi bir xil bo‘ladi. Absolyut nol temperatu-rada molekulalarning ilgarilanma harakati to‘xtaydi.

Gazlar molekulyar – kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi bo‘lgan $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$ ifodadagi $\bar{E}_k$ o‘rniga (2) ifoda qo‘yilsa, ideal gaz bosimining temperaturaga bog‘liqlik ifodasi kelib chiqadi:

$$p = \frac{2}{3} n \cdot \frac{3}{2} kT = nkT \qquad \text{yoki} \qquad \boxed{p = nkT.} \qquad (3)$$

Ideal gazning bosimi gaz molekulalarining konsentratsiyasi va uning temperaturasiga to‘g‘ri proporsionaldir.

Masala yechish namunasi

Hajmi 4 *l* bo‘lgan idish ichidagi gaz bosimi 120 kPa. Idish ichidagi gaz molekulalarining ilgarilanma harakatining to‘la kinetik energiyasini hisoblang.

Berilgan:

$V = 4 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$

$p = 12 \cdot 10^4\ \text{Pa}.$

Topish kerak:

$E_{\text{to‘la}} = ?$

Formulasi:

$$p = \frac{2}{3} \cdot n\overline{E}_k = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V}\overline{E}_k.$$

$$E_{\text{to‘la}} = N \cdot \overline{E}_k; \quad E_{\text{to‘la}} = \frac{3}{2}pV.$$

$$[E] = \text{Pa} \cdot \text{m}^3 = \frac{N}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^3 = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}.$$

Hisoblash:

$$E_{\text{to‘la}} = \frac{3}{2} \cdot 12 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 720\ \text{J}.$$

Javob: $E_{\text{to‘la}} = 720$ J.

1. Temperaturaning qanday o‘lchov birliklarini bilasiz?
2. Selsiy temperaturasi bilan Kelvin temperaturasini bog‘lovchi formulani yozing va ular orasidagi bog‘lanishni izohlang.
3. Gazning temperaturasi bilan uning molekulalarining o‘rtacha kinetik energiyasi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi ifodani yozing va uni izohlang.
4. Gaz bosimining absolyut temperaturaga va gaz molekulalarining konsentratsiyasiga bog‘liqlik ifodasini yozing va uni izohlang.
5. Normal sharoitda havo molekulalarining konsentratsiyasi qanday bo‘ladi?

M 5

1. Quyidagi Selsiy shkalasida ifodalangan temperaturalarni Kelvin shkalasida ifodalang: 0 °C, 27 °C, 100 °C, 127 °C, -73 °C, -223 °C, -200 °C.
2. Quyidagi Kelvin shkalalarida ifodalangan temperaturalarni Selsiy shkalalarida ifodalang: 0 K, 73 K, 273 K, 300 K, 773 K, 1000 K, 2000 K.
3. Yopiq idishdagi gaz 27 °C dan 627 °C gacha qizdirildi. Bunda gaz molekulalarining idish devoriga beradigan bosimi qanday o‘zgaradi?
4. Idishdagi gaz molekulalarining konsentratsiyasi $3 \cdot 10^{27}\text{m}^{-3}$ga teng. Idish ichidagi temperatura 60 °C bo‘lganda gaz molekulalarining idish devoriga beradigan bosimi qanday bo‘ladi?
5. Idish ichidagi gazning temperaturasi 400 K bo‘lganda, manometr idishdagi gaz bosimi 276 kPa ga teng bo‘lganligini ko‘rsatdi. Idishdagi gaz molekulalarining konsentratsiyasi nimaga teng?
6. Normal sharoitda 1 m^3 hajmdagi havo molekulalarining sonini baholang. Normal sharoit uchun bosimni 100 kPa, temperaturani 273 K ga teng deb oling.
7. Maxsus so‘ruvchi nasos yordamida idishdan havo so‘rilib, uning ichida 1 pPa bosimdagi vakuum hosil qilindi. Vakuumning 1cm^3 hajmida qancha gaz molekulasi bor? Idish ichidagi temperatura 300 K.

7-§. GAZ MOLEKULALARINING HARAKAT TEZLIGI

Harakatlanayotgan m_0 massali gaz molekulalarining o‘rtacha kinetik energiyasi $\overline{E}_k = \frac{m_0 \overline{\upsilon^2}}{2}$ ifoda orqali aniqlanishini bilamiz. Shuningdek, gazning absolyut temperaturasi T ga teng bo‘lsa, uning o‘rtacha kinetik energiyasi quyidagi $\overline{E}_k = \frac{3}{2} \cdot kT$ ko‘rinishda ham ifodalanishini ko‘rdik.

Bu ikkala ifodani o‘zaro tenglashtirib yozsak:

$$\frac{m_o \overline{\upsilon^2}}{2} = \frac{3}{2} kT \quad \text{dan} \quad \overline{\upsilon^2} = \frac{3kT}{m_0}. \qquad (1)$$

(1) ifodadan molekulalar tezliklari kvadratlarining o‘rtacha qiymatini topish ifodasini keltirib chiqaramiz, ya’ni:

$$\overline{\upsilon} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}. \qquad (2)$$

Molyar massa ta’rifiga ko‘ra $M = m_o \cdot N_A$ ekanligini e’tiborga olsak (2) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\overline{\upsilon} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}}. \qquad (3)$$

Bolsman doimiysi k bilan Avogadro doimiysi N_A ning ko‘paytmasiga universal (molyar) gaz doimiysi deb atash qabul qilingan.

Universal gaz doimiysi R harfi bilan belgilanadi, ya’ni:

$$R = k \cdot N_A. \qquad (4)$$

(4) ifodaga ko‘ra, universal (molyar) gaz doimiysining son qiymatini keltirib chiqaramiz: $R = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 8{,}31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.

Demak, gazlarning universal gaz doimiysining qiymati quyidagiga teng:

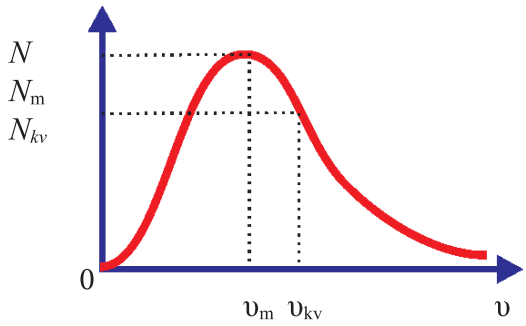
$$R = 8{,}31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}.$$

(4)- tenglikka ko‘ra, gaz molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligini hisoblash ifodasini quyidagicha yozamiz:

$$\overline{\upsilon} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \qquad (5)$$

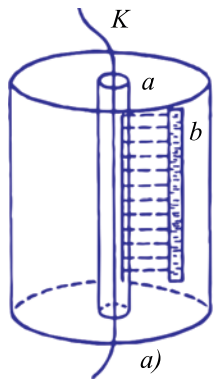
(5) formula asosida turli gaz molekulalarining turli temperaturadagi o‘rtacha kvadratik tezligini hisoblash mumkin.

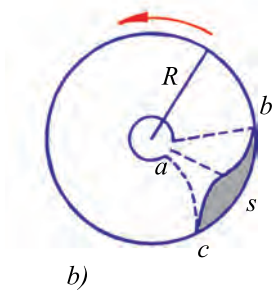
Ingliz fizigi ***J. Maksvell*** 1859-yilda nazariy yo‘l bilan gaz molekulalari turli tezliklar bilan harakatlanishini, ya’ni molekulalarning tezliklar bo‘yicha taqsimotini aniqladi. Bunday taqsimot 14-rasmda grafik tarzda ifodalangan. Grafikda eng ko‘p molekulalarning erishgan tezligi υ_m deb belgilangan. Molekulalarning υ_{kv} o‘rtacha kvadratik tezligi bu υ_m tezlikdan birmuncha katta bo‘ladi.



14- rasm.

Gaz molekulalarining harakat tezligini tajribada 1920-yilda nemis fizigi ***Otto Shtern*** (1888–1969) aniqlagan. Shternning tajriba qurilmasi bir-biriga mahkam biriktirilgan umumiy o‘qqa ega bo‘lgan ikkita silindrdan iborat bo‘lib, uning sxematik ko‘rinishi 15-*a* rasmda keltirilgan. Bunda ichki silindrning radiusi va tashqi silindrning radiusi *r* va *R* ga teng bo‘lgan. Ichki silindrning o‘qi bo‘ylab ustiga kumush yuritilgan platinadan qilingan ***K*** sim tortilgan va silindrdan ingichka ***a*** tirqish ochilgan. Tajriba boshlanishidan oldin silindrlar orasidagi havo so‘rilib, idishlar vakuum holatiga keltiriladi. Agar platina simdan tok o‘tkazilsa, uning sirtidagi kumush qatlami bug‘lana boshlaydi. Ichki silindr devoridagi tirqishdan kumush atomlari chiqib tashqi silindrning ichki devoriga o‘tiradi. Natijada tirqish ro‘parasida ensizgina ***b*** kumush qatlami hosil bo‘ladi.





15-rasm.

Kumush atomlarining tezligini o‘lchash maqsadida silindrlarni juda katta tezlik bilan harakatga keltiriladi. Natijada kumush atomlari ichki silindrning tirqishi qarshisida emas, balki bu joydan aylanish yo‘nalishiga nisbatan orqaroqqa o‘tiradi va tashqi silindrning ichki sirtida ensizgina *b* izning o‘rnida qalinligi bir xil bo‘lmagan kengroq *bc* kumush qatlami hosil bo‘lgan (15-*b* rasm).

Tashqi silindr ichida hosil bo‘lgan *bc* kumush qatlamining uzunligini silindrning burchak tezligi orqali ifodalaymiz:

$$s = \omega R t. \qquad (6)$$

Shtern tajriba natijalariga ko‘ra, katta tezlik bilan harakatlanayotgan kumush atomlari *b* nuqtaga yaqinroq,

tezligi kichik bo‘lgan atomlar yo‘lning c oxiriga yaqin joylarga kelib tushadi (15-*b,* rasm) degan xulosaga kelgan. Demak, kumush atomlari aynan bir xil tezlik bilan harakatlanmagan. U holda kumush atomlarining tezligi o‘rtacha tezlikka mos keladi deb, uning qiymati quyidagi ifoda orqali hisoblanadi:

$$\upsilon_{o'rt} = \frac{R-r}{t}. \qquad (7)$$

(6) ifodadan t ning qiymatini topib (7) ifodaga qo‘yib, o‘rtacha tezlikni hisoblash ifodasini keltirib chiqaramiz: $\upsilon_{o'rt} = \frac{\omega R(R-r)}{s}.$ (8)

15-*b* rasmda ko‘rinib turibdiki, kumush qatlamining shakli molekulalarning tezliklar bo‘yicha Maksvell taqsimoti grafigining shakliga o‘xshashligi aniqlangan. Demak, Shtern tajribasi Maksvell taqsimotini tajribada tekshirish imkonini berdi.

Shtern tajribasi ideal gaz molekulyar-kinetik nazariyasining hamda Maksvellning gaz molekulalari tezliklari bo‘yicha taqsimoti haqidagi ta’limotining to‘g‘riligini tasdiqladi.

Masala yechish namunasi

Massasi $2\cdot10^{-26}$ kg bo‘lgan uglerod atomining kinetik energiyasi $2{,}5\cdot10^{-21}$ J bo‘lsa, uning harakat tezligi qanday bo‘ladi?

Berilgan:
$m_o = 2\cdot10^{-26}$ kg
$E_k = 2{,}5\cdot10^{-21}$ J.

Topish kerak:
$\upsilon = ?$

Formulasi:
$E_k = \frac{m_o\upsilon^2}{2}$; $\upsilon = \sqrt{\frac{2E_k}{m_o}}.$

$[\upsilon] = \sqrt{\frac{\text{J}}{\text{kg}}} = \sqrt{\frac{\text{kg}\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{kg}}} = \text{m/s}.$

Hisoblash:
$\upsilon = \sqrt{\frac{2\cdot2{,}5\cdot10^{-21}}{2\cdot10^{-26}}}\text{m/s} = 500$ m/s.

Javob: $\upsilon = 500$ m/s.

1. Havoda kislorod va vodorod molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezliklari qanday farq qiladi?
2. Maksvellning molekulalar tezligi bo‘yicha taqsimotini tahlil qiling va uning mohiyatini tushuntirib bering.
3. Gazning absolyut temperaturasi ikki marta ortganda undagi molekulalarning o‘rtacha kinetik energiyasi qanday o‘zgaradi?
4. Gazning absolyut temperaturasi to‘rt marta ortganda undagi molekulalarning o‘rtacha kvadratik tezligi qanday o‘zgaradi?

8-§ MASALALAR YECHISH

1-masala. *O.Shtern* tajribasi natijalariga ko‘ra kumush atomlarining harakat tezligini aniqlang. Platina tolasidan tok o‘tganda va u 1500 K temperaturagacha qiziganda undan kumush atomlari bug‘lana boshladi. Shtern silindrlari 280 rad/s burchak tezlik bilan harakatlantirilganda tashqi silindrda 1,12 cm uzunlikdagi kumush qatlami hosil bo‘lgan. Tajriba qurilmasining ichki va tashqi silindrlarining radiuslari mos ravishda 1,2 cm va 16 cm ga teng bo‘lgan. Tezlikning tajribada olingan qiymatini nazariy yo‘l bilan hisoblangan qiymati bilan taqqoslang.

Berilgan:

$T = 1500\ K$

$\omega = 280$ rad/s

$s = 1{,}12\cdot10^{-2}$ m

$r = 1{,}2\cdot10^{-2}$ m

$R_t = 16\cdot10^{-2}$ m

$R = 8{,}31$ J/(mol·K)

$M = 108\cdot10^{-3}$ kg/mol.

Topish kerak:

$\overline{\upsilon} = ?$

Formulasi:

$s = \omega \cdot R_t \cdot \Delta t;$

$\Delta t = \dfrac{R_t - r}{\overline{\upsilon}};$

$\overline{\upsilon} = \dfrac{\omega \cdot R_t \cdot (R_t - r)}{s}.$

$[\overline{\upsilon}] = \dfrac{\frac{1}{\text{s}} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{m}} = \dfrac{\text{m}}{\text{s}}.$

Hisoblash:

$$\overline{\upsilon} = \frac{280\cdot16\cdot10^{-2}\cdot14{,}8\cdot10^{-2}}{1{,}12\cdot10^{-2}}\frac{\text{m}}{\text{s}} = 592\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$\overline{\upsilon} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3\cdot8{,}31\cdot1500}{108\cdot10^{-3}}}\frac{\text{m}}{\text{s}} = 588\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Xulosa: tezlikni nazariy yo‘l bilan hisoblangan qiymati, tajriba natijalariga ko‘ra hisoblangan tezlikning qiymatiga juda yaqin.

2-masala. Qanday temperaturadagi vodorod molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi 580 K temperaturadagi geliy gazi molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligiga teng bo‘ladi?

Berilgan:

$M_1 = 2\cdot10^{-3}$ kg/ mol

$M_2 = 4\cdot10^{-3}$ kg/ mol

$T_2 = 580$ K

$\overline{\upsilon}_1 = \overline{\upsilon}_2.$

Topish kerak:

$T_1 = ?$

Formulasi:

$$\overline{\upsilon}_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{M_1}}, \quad \overline{\upsilon}_2 = \sqrt{\frac{3RT_2}{M_2}}$$

Bundan

$$T_1 = \frac{M_1 T_2}{M_2}.$$

$$[T_1] = \frac{M_1 \cdot T_2}{M_2} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot \text{K}}{\frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = \text{K}.$$

Hisoblash:

$$T_1 = \frac{2\cdot10^{-3}\cdot580}{4\cdot10^{-3}}\text{K} = 290\text{K}.$$

Javob: $T_1 = 290$ K.

3-masala. Gaz temperaturasi 150 K ga oshirilganda, molekulalarning o‘rtacha kvadratik tezligi 250 m/s dan 500 m/s gacha ortdi. Gazning dastlabki temperaturasi qanday bo‘lgan?

Berilgan:

$T_2 = T_1 + \Delta T$

$\Delta T = 150$ K

$\upsilon_1 = 250$ m/s

$\upsilon_2 = 500$ m/s.

Topish kerak:

$T_1 = ?$

Formulasi:

$$\upsilon_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T_1}{M}};$$

$$\upsilon_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T_2}{M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot (T_1 + \Delta T)}{M}};$$

$$\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \sqrt{\frac{T_1 + \Delta T}{T_1}}; \qquad \left(\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}\right)^2 = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1};$$

$$T_1 = \frac{\Delta T}{\left(\frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}\right)^2 - 1}. \qquad [T_1] = \frac{\text{K}}{\left(\frac{\text{m/s}}{\text{m/s}}\right)^2} = \text{K}.$$

Hisoblash:

$$T_1 = \frac{150\text{K}}{\left(\frac{500}{250}\right)^2 - 1} = 50\text{K}.$$

Javob: $T_1 = 50$ K.



1. Vodorod molekulasining –23 °C temperaturadagi o‘rtacha kvadratik tezligini aniqlang.
2. Qanday temperaturada kislorod molekulasining o‘rtacha kvadratik tezligi 500 m/s ga teng bo‘ladi?
3. Gaz molekulalari ilgarilanma harakatining o‘rtacha kinetik energiyasi $9{,}52 \cdot 10^{-21}$ J bo‘lgan gazning temperaturasini aniqlang.
4. Molekulalar konsentratsiyasi $4 \cdot 10^{26}$ m^{-3} va bosimi $1{,}6 \cdot 10^5$ Pa bo‘lgan bir atomli gaz molekulalarining o‘rtacha kinetik energiyasi nimaga teng?
5. Bir atomli gaz molekulalarining ilgarilanma harakati o‘rtacha kinetik energiyasi $1{,}2 \cdot 10^{-20}$ J va bosimi 2,4 MPa bo‘lsa, shu gaz molekulalarining konsentratsiyasi qanday bo‘ladi?
6. Miqdori ikki mol bo‘lgan gazning idish devorlariga beradigan bosimi 10 kPa ga teng. Gaz egallab turgan hajmni aniqlang. Gazning temperaturasi 300 K.
7*. Qanday temperaturadagi geliy molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi, 350 K temperaturadagi vodorod molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligiga teng bo‘ladi?
8*. Gaz temperaturasi 150 °C ga oshirilganda, molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi 300 m/s dan 600 m/s gacha ortdi. Gazning dastlabki temperaturasi qanday bo‘lgan?

9-§ IDEAL GAZ HOLATINING TENGLAMALARI

Ideal gazning holat tenglamasi

Ma'lum massali ideal gazning **termodinamik** holati uning uchta makroskopik parametrlari, ya'ni bosimi p, hajmi V va temperaturasi T orqali tavsiflanadi. Gaz bir holatdan boshqa bir holatga o'tganda uning holatini tavsiflovchi (p, V, T) parametrlarning uchalasi ham bir vaqtda o'zgarishi mumkin. Masalan, dastlab m massali gazning birinchi holatdagi parametrlari p_1, V_1, T_1 bo'lib, ikkinchi holatga o'tganda p_2, V_2, T_2 bilan ifodalansin. Endi shu ikki termodinamik holat parametrlarining o'zaro qanday bog'langanligini ifoda etadigan tenglamani keltirib chiqaramiz.

Ideal gazning holat tenglamasini keltirib chiqarish uchun gazlar molekulyar - kinetik nazariyasining asosiy tenglamasidan foydalanamiz, ya'ni:

$$p = n k T. \qquad (1)$$

Hajm birligidagi molekulalar soni $n = \frac{N}{V}$ va $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ ushbu ifodalardan foydalanib (1) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz, ya'ni:

$$pV = \frac{m}{M} N_A k T. \qquad (2)$$

Bu ifodadagi ko'paytma $k \cdot N_A = R$, ya'ni gazlarning universal doimiysi ekanligini e'tiborga olsak, (2) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi.

$$\boxed{pV = \frac{m}{M} RT.} \qquad (3)$$

(3) tenglamani rus olimi Dmitriy Mendeleyev va fransuz olimi Benua Klapeyron keltirib chiqargan. Shu bois bu tenglama **Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi** deyiladi. Bu tenglama ideal gazning holatini aniqlaganligi uchun, uni ideal gaz holatining tenglamasi deb ham ataladi.

Ideal gazning holat tenglamasi **gazning massasi, molyar massasi, bosimi, hajmi va temperaturasi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi.**

Mendeleyev-Klapeyron tenglamasini modda miqdori 1 mol bo‘lgan gaz uchun yozsak, ya’ni:

$$pV = RT \quad \text{yoki} \quad \frac{p \cdot V}{T} = R \quad (4)$$

ko‘rinishda bo‘ladi.

Klapeyron tenglamasi

Ideal gazning holat tenglamasini (massa o‘zgarmagan $m = const$) jarayon sodir bo‘lgan gazning ikki holati uchun qo‘llaylik:

$$p_1V_1 = \frac{m}{M} \cdot RT_1 \qquad \text{va} \qquad p_2V_2 = \frac{m}{M} RT_2. \qquad (5)$$

Bu tenglamalarni bir-biriga hadma-had bo‘lsak, u quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\boxed{\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}.} \quad (6)$$

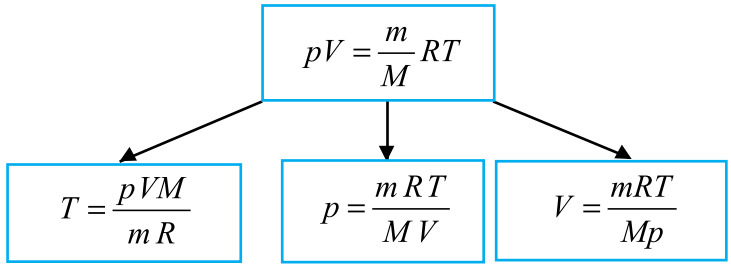
Bu tenglamadan quyidagi ifoda kelib chiqadi:

$$\boxed{\frac{pV}{T} = const.} \quad (7)$$

Demak, gazda ixtiyoriy jarayon sodir bo‘lganda, uning bosimi va hajmi ko‘paytmasi, uning absolyut temperaturasiga nisbati berilgan gaz massasi uchun o‘zgarmasdan qoladi. Ideal gazning (4) va (7) ko‘rinishdagi holat tenglamasiga **Klapeyron tenglamasi** deb ataladi. Klapeyron tenglamasi o‘zgarmas massali ideal gazning holat tenglamasining bir ko‘rinishidir.

Issiqlik hodisalarini o‘rganishda holat tenglamasini bilish muhimdir. Gaz holatining uch (p, V, T) parametridan bittasi noma’lum bo‘lib, qolgan ikkitasi ma’lum bo‘lganda, holat tenglamasi noma’lum parametrni aniqlashga imkon beradi.

Masalan:



Masala yechish namunasi

Hajmi 20 *l* bo‘lgan idishga kislorod solingan. Idishdagi gazning temperaturasi 127 °C va bosimi 160 kPa ga teng bo‘lsa, idishdagi gaz massasini aniqlang.

Berilgan:

$V = 20\ l = 20 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$
$T = 127\ ^\circ\text{C} + 273 = 400\ \text{K}$
$p = 160\ \text{kPa} = 16 \cdot 10^4\ \text{Pa}$
$M = 32 \cdot 10^{-3}\ \text{kg/mol}$.

Topish kerak:
$m = ?$

Formulasi :

$$pV = \frac{m}{M} \cdot RT;$$

$$m = \frac{pVM}{RT}.$$

$$[m] = \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \text{K}} =$$

$$= \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}}{\text{N} \cdot \text{m}} = \text{kg}.$$

Hisoblash:

$$m = \frac{16 \cdot 10^4 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 400}\ \text{kg} =$$

$$= 30{,}8 \cdot 10^{-3}\ \text{kg}.$$

Javob: $m = 30{,}8 \cdot 10^{-3}$ kg.

1. Qanday tenglamaga ideal gazning holat tenglamasi deyiladi?
2. Ideal gazning holat tenglamasini keltirib chiqaring.
3. Gazning holat tenglamasini bilishning ahamiyati nimada?
4. Normal sharoitda miqdori 1 mol bo‘lgan ideal gaz qanday hajmni egallaydi?

M 7

1. Bosimi 0,45 MPa va temperaturasi 52 °C bo‘lganda 500 mol gaz qanday hajmni egallaydi?
2. Hajmi 0,05 m^3 va temperaturasi 500 K bo‘lgan gazning bosimi 250 kPa. Modda miqdorini aniqlang.
3. Massasi 8 g bo‘lgan gaz 27 °C temperaturada va 150 kPa bosimda 4,15 *l* hajmni egallaydi. Bu qanday gaz?
4. Temperaturasi 367 °C va bosimi 415 kPa bo‘lgan kislorod gazining zichligi qanday?
5. 24 *l* hajmli ballonda 1,2 kg karbonat angidrid gazi bor. Ballon $3 \cdot 10^6$ Pa bosimgacha chidaydi. Qanday temperaturada portlash xavfi tug‘iladi?
6. Hajmi 40 *l* bo‘lgan idishga gaz solingan bo‘lib, uning temperaturasi 400 K va bosimi 200 kPa ga teng. Idishdagi gazning miqdorini aniqlang.
7. Temperaturasi 17 °C bo‘lgan 4x5x3 m^3 o‘lchamli xonadagi havo miqdorini aniqlang. Atmosfera bosimi 10^5 Pa ga teng deb oling.
8. Hajm 16,6 *l* bo‘lgan idishda 280 g azot gazi 3,5 MPa bosim ostida bo‘lsa, uning temperaturasi nimaga teng?

IZOJARAYONLAR

O‘zgarmas massali gaz bir holatdan boshqa holatga o‘tganda uchta parametrdan biri o‘zgarmas bo‘lib, qolgan ikkitasi o‘zgarishi mumkin.

Berilgan gazning bitta parametri o‘zgarmas bo‘lganda qolganlari orasidagi bog‘lanishni tavsiflaydigan jarayon izojarayon deb ataladi.

Izojarayonlar uch xil bo‘ladi: **izotermik, izobarik** va **izoxorik.**

10-§. IZOTERMIK JARAYON

Ideal gazning massasi (m = const) va temperaturasi (T= const) o‘zgarmas bo‘lgandagi gaz holatining o‘zgarish jarayoniga izotermik jarayon deyiladi.

Grekcha «izos» – teng, «termos» – issiq degan ma’noni anglatadi.

Izotermik jarayondagi qonuniyatni 1662-yilda ingliz fizigi ***R.Boyl*** va 1676-yilda fransuz fizigi ***E.Mariott*** tajribalar asosida bir-biridan bexabar holda kashf qilgan. Shuning uchun bu qonuniyat ***Boyl-Mariott qonuni*** deyiladi.

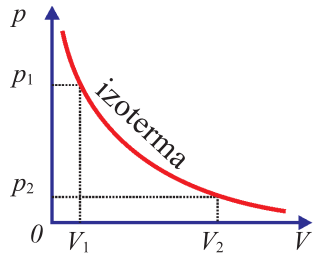
Gaz temperaturasini o‘zgartirmay saqlab turishi uchun gaz solingan idish **termostat** deb ataluvchi maxsus idish ichiga joylashtiriladi. Aks holda gaz siqilganda yoki kengayganda uning temperaturasi o‘zgaradi. T = const bo‘lganda gazning ikki holati uchun ideal gazning holat tenglamalarini yozamiz:

$$p_1V_1 = \frac{m}{M}RT \quad \text{va} \quad p_2V_2 = \frac{m}{M}RT. \quad (1)$$

Har ikki ifodaning o‘ng tomoni tengligidan quyidagi

$$p_1V_1 = p_2V_2 \quad (2)$$

ifodaga ega bo‘lamiz va bundan quyidagi xulosa kelib chiqadi. **Izotermik jarayonda berilgan massali gaz uchun gaz bosimining hajmga ko‘paytmasi o‘zgarmas bo‘ladi.** Temperatura o‘zgarmas bo‘lganda gaz bosimining hajmga bog‘liqligini grafik usulda tasvirlash uchun absissa o‘qiga hajm, ordinata o‘qiga bosim qiymatlarini qo‘yib, bu qiymatlarga mos kelgan nuqtalarni o‘zaro tutashtiriladi. Temperatura o‘zgarmas bo‘lganda gaz bosimining hajmga bog‘liqligi 16-rasmda grafik ko‘rinishda tasvirlangan. Bu bog‘lanish grafikda egri chiziq (giperbola) tarzida aks etadi, unga **izoterma chizig‘i** deyiladi. Gaz izotermasi bosim bilan hajm o‘zaro teskari mutanosib ekanligini tasvirlaydi, ya’ni: $p \sim 1/V$.



16-rasm.

O‘zgarmas temperaturada **berilgan gazning bosimi hajmiga teskari proporsional ravishda o‘zgaradi.**

Boyl-Mariott qonunini gazning zichligi bilan bosimi orasidagi bog‘lanish tarzida ham ifodalash mumkin. Gazning birinchi va ikkinchi holatlari uchun zichliklari quyidagicha bo‘ladi, ya’ni

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1} \quad \text{va} \quad \rho_2 = \frac{m}{V_2}. \qquad (3)$$

Bu ifodalarni bir-biriga nisbatini olsak, Boyl-Mariott qonuni uchun quyidagi ifoda hosil bo‘ladi:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2}. \qquad (4)$$

Demak, izotermik jarayonda gaz zichligi hajmga teskari, bosimga to‘g‘ri proporsional ravishda o‘zgaradi.

Masala yechish namunasi

Normal atmosfera bosimi sharoitida ideal gaz 6 *l* hajmni egallaydi. Agar gaz bosimi 20 kPa ga ortsa, gaz qanday hajmni egallaydi? Temperaturani o‘zgarmas, deb oling.

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$T = const$ $p_1 = 100\ \text{kPa} = 10^5\ \text{Pa}$ $V_1 = 6\ l = 6 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$ $p_2 = p_1 + 20\ \text{kPa} = 1{,}2 \cdot 10^5\ \text{Pa}.$	$p_1V_1 = p_2V_2;$ $V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2}.$	$V_2 = \frac{10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{1{,}2 \cdot 10^5}\ \text{m}^3 = 5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3.$
Topish kerak: $V_2 = ?$	$[V] = \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{Pa}} = \text{m}^3.$	**Javob:** $V_2 = 5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3 = 5\ l.$

1. Izojarayonlar deb qanday jarayonlarga aytiladi?
2. Qanday jarayon izotermik jarayon deyiladi?
3. Izotermik jarayon uchun Boyl-Mariott qonuni formulasini yozing va izohlang.
4. Izoterma chizig‘i nima va u qanday chiziqdan iborat?
5. Gazning har xil temperaturalari uchun izoterma chizing va izohlang.
6. Izotermik jarayonda gaz zichligining hajmga bog‘liqlik ifodasini yozing.

M 8

1. Gazning dastlabki hajmi 0,2 *l*, bosimi esa 300 kPa bo‘lgan. Gaz izotermik kengayib, bosimi 120 kPa ga erishdi. Gazning keyingi hajmini toping.

2. Porshenli silindr ichiga qamalgan gazning dastlabki hajmi 24 cm^3, bosimi 0,8 MPa bo‘lgan. Gaz izotermik siqilib, gazning hajmi 16 cm^3 ga keltirilganda uning bosimi qanday qiymatga erishadi?
3. Normal atmosfera bosimi sharoitida ideal gaz 50 *l* hajmni egallaydi. Agar bosim 4 marta ortsa, gaz qancha hajmni egallaydi? Temperatura o‘zgarmas.
4. Ideal gaz 1,2 *l* hajmdan 0,8 *l* hajmgacha izotermik siqildi. Bunda gazning bosimi 40 kPa ga ortdi. Gazning dastlabki bosimi qanday bo‘lgan?

11-§. IZOBARIK JARAYON

Ideal gazning massasi *m* (*m* = const) va bosimi *(p = const)* o‘zgarmas bo‘lgandagi gaz holatining o‘zgarish jarayoniga izobarik jarayon deyiladi.

Grekcha «baros» – bosim degan ma’noni anglatadi.

Izobarik jarayonda berilgan gaz massasining hajmi (*V*) uning temperaturasi (*T*) ga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Bu jarayonda gazning hajmi bilan temperaturasi orasidagi bog‘lanishni gazning holat tenglamasi (Mendeleyev-Klapeyron) dan foydalanib keltirib chiqaramiz. Gazning holat tenglamasini bosim o‘zgarmas bo‘lgan $(p_1 = p_2)$ gazning ikki holati uchun yozamiz:

$$p_1V_1 = \frac{m}{M}RT_1 \ , \qquad p_2V_2 = \frac{m}{M}RT_2 \qquad (1)$$

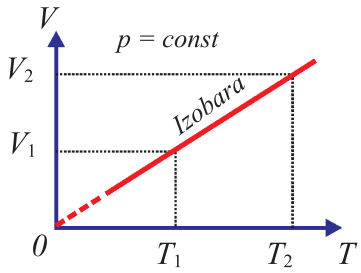
bu tenglamalarni hadma-had bo‘lib, quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \qquad \text{yoki} \qquad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}. \qquad (2)$$

(2) tenglamani quyidagi ko‘rinishda ham yozish mumkin.

$$\frac{V}{T} = const. \qquad (3)$$

Demak, izobarik jarayonda berilgan massali gaz hajmining absolyut temperaturaga nisbati o‘zgarmas kattalik ekan. Bu qonun 1802-yilda fransuz fizigi Gey-Lyussak tomonidan tajribada topilganligi uchun **Gey-Lyussak** qonuni deb ataladi. (3) tenglikni umumiy maxrajga keltirib, $V = const \cdot T$ ko‘rinishda yozamiz. Ifodaga ko‘ra izobarik jarayonda berilgan massali gaz hajmi uning absolyut temperaturasiga to‘g‘ri proporsional ekan. Izobarik jarayonda berilgan gazning hajmi bilan temperaturasi orasidagi munosabatni ifodalovchi chiziq izobara chizig‘i deyiladi. Izobara chizig‘i koordinata



17-rasm.

boshidan chiquvchi to‘g‘ri chiziqdan iborat (17-rasm).

O‘zgarmas bosimda berilgan massali gazning hajmi temperaturaga to‘g‘ri proporsional ravishda o‘zgaradi.

Masala yechish namunasi

Ideal gazning temperaturasi 67 °C va hajmi 25 *l*. Bosim o‘zgarmaganda, hajm 10 *l* ga teng bo‘lishi uchun gazni qancha sovitish kerak?

Berilgan:

$T_1 = 67\ °C + 273 = 340\ K$
$V_1 = 25\ l = 25 \cdot 10^{-3}\ m^3$
$V_2 = 10\ l = 10 \cdot 10^{-3}\ m^3$
$p = const.$

Topish kerak:
$\Delta T = ?$

Formulasi:

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$; $T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1}$;

$\Delta T = T_1 - T_2.$

$[\Delta T] = K.$

Hisoblash:

$T_2 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 340\ K}{25 \cdot 10^{-3}} = 136\ K.$

$\Delta T = 340\ K - 136\ K = 204\ K.$

Javob: $\Delta T = 204$ K.

1. Qanday jarayon izobarik jarayon deyiladi?
2. Izobarik jarayon uchun Gey-Lyussak qonuni formulasini yozing va uni izohlang.
3. Izobara chizig‘i nima va u qanday chiziqdan iborat?
4. Gaz bosimining turli qiymatlari uchun izobaralarni chizing va ularni izohlang.

M 9

1. Temperaturasi 27 °C bo‘lgan ideal gazning hajmi 10 *l* edi. Gaz izobarik ravishda 327 °C gacha isitilgandagi hajmi qanday o‘zgaradi?
2. Ideal gazning temperaturasi 51 °C va hajmi 0,9 *l* . Bosim o‘zgarmaganda, hajm 0,3 *l* ga teng bo‘lishi uchun gazni qancha sovitish kerak?
3. Gaz 27 °C temperaturada 3 *l* hajmga ega. Bu gaz izobarik 100 °C da qizdirilsa, u qanday hajmni egallaydi?
4*. Ideal gaz 47 °C da 3 *l* hajmni egallagan. Bosimni o‘zgartirmasdan, hajmni 1,2 *l* ga orttirish uchun gazning temperaturasini qanchaga ko‘tarish kerak?

12-§. IZOXORIK JARAYON

Ideal gazning massasi m (m = const) va hajmi (V = const) o‘zgarmas bo‘lgandagi gaz holatining o‘zgarish jarayoniga izoxorik jarayon deyiladi.

Yunoncha «xoros» – hajm degan ma’noni anglatadi.

Izoxorik jarayonda berilgan massali gaz bosimi (p) uning temperaturasi (T) ga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Bu jarayonda gazning bosimi bilan temperaturasi orasidagi bog‘lanishni gazning holat tenglamasidan foydalanib keltirib chiqaramiz. Gazning holat tenglamasini hajm o‘zgarmas bo‘lgan ($V_1=V_2$) ikki holatda qo‘llaymiz:

$$p_1V_1 = \frac{m}{M}RT_1\ , \qquad p_2V_2 = \frac{m}{M}RT_2 \qquad (1)$$

bu tenglamalarni hadma-had bo‘lib, quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{yoki} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}. \qquad (2)$$

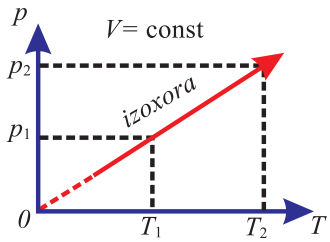
(2) tenglamani quyidagi ko‘rinishda ham yozish mumkin.

$$\frac{p}{T} = const. \qquad (3)$$

Demak, **izoxorik jarayonda berilgan massali gaz bosimining absolyut temperaturaga nisbati o‘zgarmas kattalik ekan.** Bu qonun 1787-yilda fransuz fizigi ***Jak Sharl*** tomonidan tajribada topilganligi uchun ***Sharl qonuni*** deb ataladi. (3) tenglikni umumiy maxrajga keltirib, uni quyidagi ko‘rinishda yozamiz, ya’ni:

$$p = const \cdot T. \qquad (4)$$

(4) ifodaga ko‘ra izoxorik jarayonda berilgan massali gaz bosimi uning absolyut temperaturasiga to‘g‘ri proporsionaldir. Izoxorik jarayonda berilgan gazning bosimi bilan temperaturasi orasidagi munosabatni ifodalovchi chiziq **izoxora chizig‘i** deyiladi. Izoxora chizig‘i koordinata boshidan chiquvchi to‘g‘ri chiziqdan iborat bo‘ladi (18-rasm).



18-rasm.

O‘zgarmas hajmda berilgan massali gazning bosimi temperaturaga to‘g‘ri proporsional ravishda o‘zgaradi.

Har qanday germetik yopiq idishda yoki elektr lampochkasida isitilgan gaz bosimining ortishi izoxorik jarayon hisoblanadi.

Masala yechish namunasi

Gaz 280 K dan 540 K gacha izoxorik qizdirilganda uning bosimi 39 kPa ga ortdi. Gaz dastlab qanday bosimda bo‘lgan?

Berilgan:
$T_1 = 280$ K
$T_2 = 540$ K
$V = \text{const}$
$p_1 = p$
$p_2 = p + \Delta p$
$\Delta p = 39 \cdot 10^3$ Pa.

Topish kerak
$p = ?$

Formulasi:
$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ yoki $\frac{p}{T_1} = \frac{p + \Delta p}{T_2}$;

$p = \frac{\Delta p \cdot T_1}{T_2 - T_1}$.

$[p] = \frac{\text{Pa} \cdot \text{K}}{\text{K}} = \text{Pa}$.

Hisoblash:
$p = \frac{39 \cdot 10^3 \cdot 280}{540 - 280}$ Pa $= 42 \cdot 10^3$ Pa.

Javob: $p = 42$ kPa.

1. Qanday jarayonga izoxorik jarayon deyiladi?
2. Izoxorik jarayon uchun Sharl qonunining formulasini yozing va uni izohlang.
3. Izoxora chizig‘i qanday chiziqdan iborat?
4. Gazning har xil hajmlari uchun izoxoralar chizing va ularni izohlang.

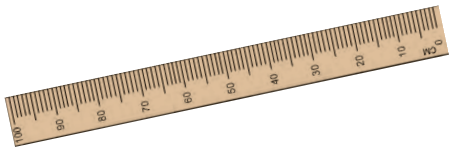
1. Ballondagi gaz 17 °C temperaturada $1{,}45 \cdot 10^5$ Pa bosimga ega bo‘lsa, qanday temperaturada uning bosimi $2 \cdot 10^5$ Pa bo‘ladi?
2. Agar cho‘g‘lanma lampochka yonganda, temperaturasi 17 °C dan 360 °C gacha ko‘tarilsa, uning ichidagi gaz bosimi qanday o‘zgaradi?
3. Gaz 300 K dan 420 K gacha izoxorik qizdirilganda uning bosimi 50 kPa ga ortdi. Gaz dastlab qanday bosimda bo‘lgan?

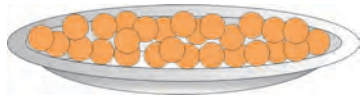
13-§. AMALIY MASHG‘ULOT. MOLEKULALARNING O‘LCHAMINI BAHOLASH

Mexanik model asosida molekulaning o‘lchamini baholash

Maqsad: eng katta yuzaga yoyilganda moy qatlamining qalinligi, bitta molekula diametriga yaqin deb qilingan (gipotezani) tasavvurni mexanik model asosida tekshirish.

Kerakli jihozlar: chizg‘ich, oq qog‘oz, no‘xat donalari, menzurka.



1. Oq qog‘ozga to‘g‘ri to‘rtburchak chizing. Uning o‘lchamlarini chizg‘ich yordamida o‘lchang (bo‘yi va eni). Chizilgan yuzani aniqlab oling (S).

2. Chizilgan to‘g‘ri to‘rtburchak ustini bir tekis qilib (zich holatda) no‘xat donalari bilan to‘ldiring. No‘xat donalari chizilgan to‘rtburchakdan tashqariga chiqib ketmasin.

3. To‘rtburchak ichidagi no‘xat donalarini menzurkaga soling. Menzurkaga solingan no‘xatlarning hajmini o‘lchang (V).

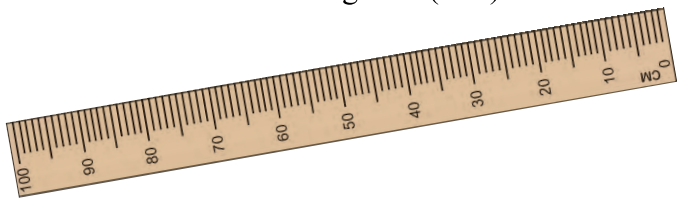
4. $d = \frac{V}{S}$ ifodaga ko‘ra, no‘xatning chiziqli o‘lchamini toping.

5. No‘xat donalari ichidan 10 dona no‘xat donasini olib, ularni zich qilib bir to‘g‘ri chiziq ustiga qo‘ying. Chizg‘ich yordamida uning uzunligini o‘lchang. O‘lchangan uzunlikni 10 ga bo‘lsak, bitta no‘xatning chiziqli o‘lchami kelib chiqadi.

6. Olingan natijalar asosida o‘z xulosangizni yozing.

AMALIY MASHG‘ULOT. Sinf xonasidagi havoning zichligini, xonadagi gaz molekulalarining konsentratsiyasi va sonini hisoblash (qo‘shimcha).

Kerakli jihozlar. Aneroid barometr va o‘lchov chizg‘ichi (1 m).

Aneroid barometr o‘lchov chizg‘ichi

1. Barometr ichidagi termometrning ko‘rsatishiga qarab xona ichidagi havoning temperaturasi aniqlanadi.

2. Aneroid barometr yordamida xona ichidagi havoning bosimi o‘lchanadi.

3. O‘lchov chizg‘ichi yordamida xona o‘lchamlari o‘lchanadi: bo‘yi, eni va balandligi.

4. Temperaturaning qiymati kelvinda (K), bosimning qiymati paskalda (Pa) ifodalanadi.

5. Xona hajmini aniqlang ($V = a \cdot b \cdot c$).

6. Mendeleyev – Klapeyron tenglamasiga asosan xonadagi havoning zichligini $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$ ifodaga ko‘ra hisoblang.

Eslatma, hisoblash vaqtida havoning molyar massasini 29 g/mol deb oling.

7. Gaz molekulalarining konsentratsiyasini $n = \frac{p}{k \cdot T}$ ifodaga ko‘ra hisoblang.

8. Xonadagi gaz molekulalarining sonini $N = n \cdot V$ ifodaga ko‘ra hisoblang.

9. Olingan va hisoblangan kattaliklarning qiymati asosida quyidagi jadval to‘ldiriladi va xulosa yoziladi.

1	Xonaning o‘lchamlari	Bo‘yi a =.....m, eni b = ...m, balandligi c =.....m	
2	Xonadagi havoning temperaturasi	..... °C	..... K
3	Xonadagi havoning bosimi	..... mm simob ustuni	..... Pa
4.	Xonaning hajmi	.....m^3	
5.	Xonadagi havoning zichligi	.....kg/m^3	
6.	Xonadagi gaz molekulalarining konsentratsiyasi	.....m^{-3}	
7.	Xonadagi gaz molekulalarining soni	.....ta	
8.	Xonadagi havoning massasi	..... kg	
Xulosa:			

14-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Ideal gaz 6 *l* hajmdan 4 *l* hajmgacha izotermik siqildi. Bunda gazning bosimi 0,6 normal atmosfera bosimiga ortdi. Gazning dastlabki bosimi qanday bo‘lgan? Atmosfera bosimini 100 kPa deb oling.

Berilgan:

T = const

$V_1 = 6\ l = 6 \cdot 10^{-3}\ m^3$

$V_2 = 4\ l = 4 \cdot 10^{-3}\ m^3$

$p_2 = p_1 + 0{,}6 \cdot p_{atm}$

$p_{atm} = 100\ kPa = 10^5\ Pa.$

Topish kerak:

$p_1 = ?$

Formulasi:

$p_1 V_1 = p_2 V_2;$

$p_1 V_1 = (p_1 + 0{,}6 p_{atm}) \cdot V_2;$

$p_1 = \frac{0{,}6 \cdot p_{atm} \cdot V_2}{V_1 - V_2}.$

$[p_1] = \frac{Pa \cdot m^3}{m^3} = Pa.$

Hisoblash:

$p_1 = \frac{0{,}6 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3}}\ Pa =$

$= 1{,}2 \cdot 10^5\ Pa.$

Javob: $p_1 =$ 120 kPa.

2-masala. Massasi 2,6 kg bo‘lgan ideal gaz 27 °C temperaturada porshen ostida 1,3 m^3 hajmni egallab turibdi. Gaz izobarik kengayib, uning zichligi 1,2 kg/m^3 ga teng bo‘lganda, porshen ichida qanday temperatura bo‘ladi?

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$p = \text{const}$ $T_1 = 300$ K $m = 2{,}6$ kg $V_1 = 1{,}3$ m^3 $\rho_2 = 1{,}2$ kg/m^3. *Topish kerak:* $T_2 = ?$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ $m = \rho \cdot V$ va $\rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2$; $T_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} T_1$. $[T_2] = \frac{\text{kg/m}^3}{\text{kg/m}^3}\text{K} = \text{K}$.	$\rho_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{2{,}6\,\text{kg}}{1{,}3\,\text{m}^3} = 2\,\text{kg/m}^3$. $T_2 = \frac{2}{1{,}2} 300\,\text{K} = 500\,\text{K}$. **Javob:** $T_2 = 500$ K.

3-masala. Gazning temperaturasini izoxorik ravishda 12 °C ga qizdirilganda gaz bosimi dastlabki qiymatning 1/75 qismiga ortdi. Gazning dastlabki temperaturasi qanday bo‘lgan?

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$V = \text{const}$ $\Delta T = 12$ K $T_2 = T_1 + \Delta T$ $p_2 = p_1 + \frac{1}{75} p_1$. *Topish kerak:* $T_1 = ?$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$; $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_1 + \frac{1}{75} \cdot p_1}{T_1 + \Delta T}$; $T_1 + \Delta T = T_1 \cdot (1 + \frac{1}{75})$ bundan $T_1 = 75 \cdot \Delta T$ ega bo‘lamiz.	$T_1 = 75 \cdot 12$ K $= 900$ K. **Javob:** $T_1 = 900$ K.

4-masala. Chuqurligi 30 m bo‘lgan ko‘lning tubidan havo pufakchasi suv sirtiga ko‘tarilganda, uning hajmi necha marta ortadi? Suvning ustki va pastki qismlarida temperaturani bir xil deb hisoblang.

Berilgan:
$h = 30$ m
$p_0 = 10^5$ Pa.

Topish kerak:
$\frac{V_2}{V_1} = ?$

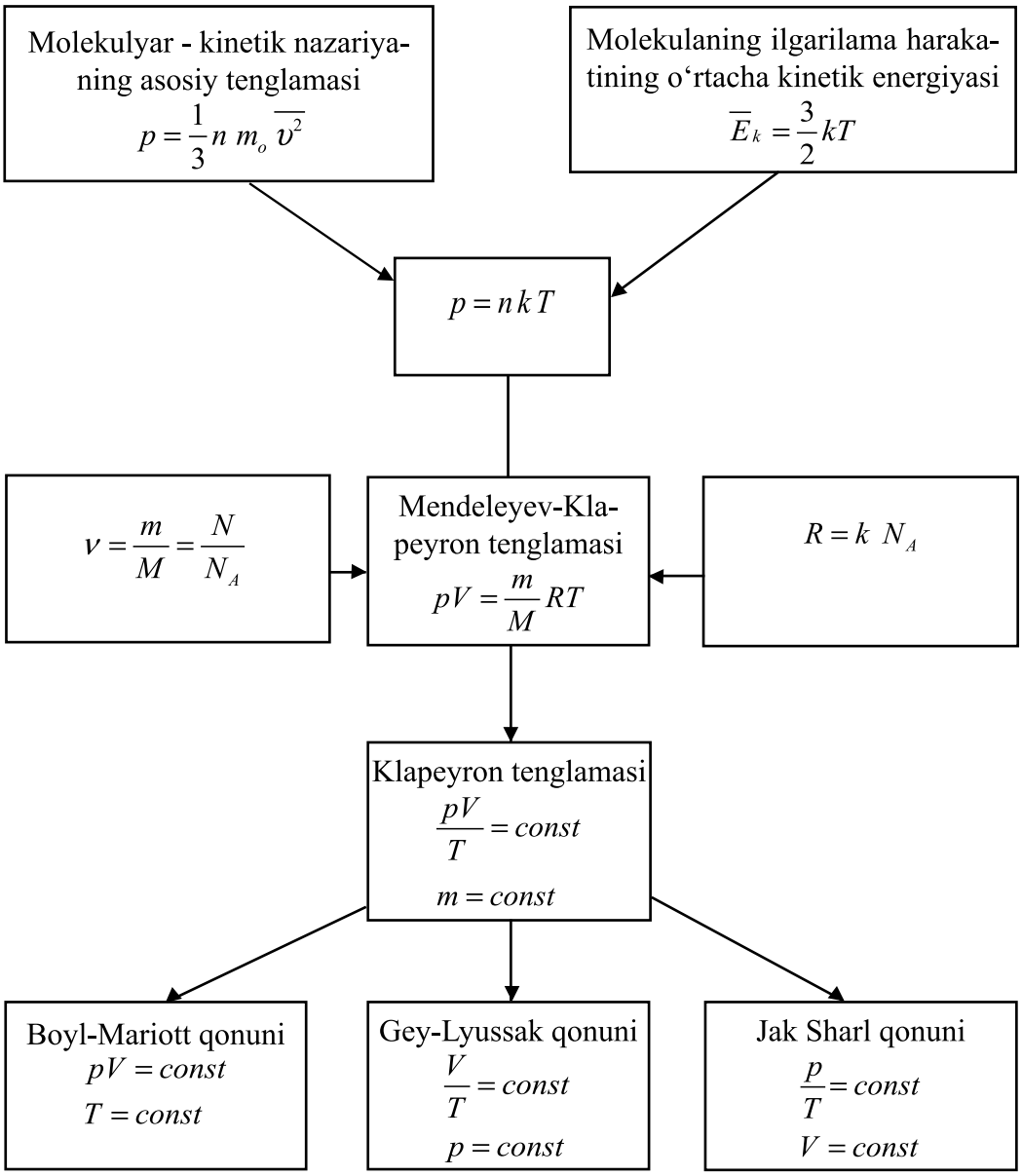
Yechish: $T = const$ – izotermik jarayon tenglamasidan $p_1V_1 = p_2V_2$ foydalanamiz, bunda p_1 – suv tubida turgan havo pufakchasining ichidagi bosim, u atmosfera bosimi bilan suyuqlik ustunining bosimi yig‘indisiga teng: $p_1 = p_0 + \rho gh$, p_2 – suvni yorib chiqayotgan paytida havo pufakchasining ichidagi bosim, u atmosfera bosimiga teng, ya’ni $p_2 = p_0$. Bundan $(p_0 + \rho gh) \cdot V_1 = p_0 V_2$. Bu ifodadan quyidagiga ega bo‘lamiz: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_0 + \rho \cdot g \cdot h}{p_0} = \frac{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 30}{10^5} = 4$

Javob: pufakcha 4 marta kattalashgan.

M 11

1. 27 °C temperaturada yopiq idishdagi gazning bosimi 900 kPa ga teng bo‘lgan. Gaz qizdirilib, temperaturasi 227 °C ga yetkazilganda idish ichidagi gazning bosimi qanday qiymatga erishadi?
2. Ballonda 17 °C temperatura gaz bor. Agar gazning 0,4 qismi chiqib ketsa va bunda temperatura 10 °C ga pasaysa, ballondagi gazning bosimi qanday o‘zgaradi?
3. Dastlabki temperaturasi 27 °C bo‘lgan ideal gaz izobarik kengayib, uning hajmi 24 % ga ortdi. Uning keyingi temperaturasi qanday bo‘lgan?
4. Ideal gaz o‘zgarmas bosimda 27 °C dan 117 °C gacha isitilganda, gaz hajmi necha foizga ortadi?
5. Havo pufakchasi suv havzasining tubidan suv yuziga chiqquncha 3,5 marta kattalashdi. Suv havzasining chuqurligi qanday? Suvning ustki va pastki qismlaridagi temperaturalarni bir xil deb hisoblang.
6*. Berk idishdagi gazni 120 K ga qizdirilganda uning bosimi ikki marta ortgan bo‘lsa, gazning dastlabki temperaturasi qanday bo‘lgan?
7*. Gaz izobarik ravishda temperaturasini 10 K ga oshirilganda, gaz hajmi dastlabki qiymatining 1/20 qismi qadar oshdi. Gazning dastlabki temperaturasi qanday bo‘lgan?
8*. Massasi 3 kg bo‘lgan ideal gaz 127 °C temperaturada erkin siljiydigan porshen ostida 2,5 m^3 hajmni egallab turibdi. Qanday temperaturada porshen ostidagi gazning zichligi 2 kg/m^3 bo‘ladi?

Ideal gazlar molekulyar-kinetik nazariyasi asosiy tenglamalaridan kelib chiqadigan munosabatlar



I BOBNI TAKRORLASH UCHUN TEST TOPSHIRIQLARI

1. Avogadro soni deb qanday fizik kattalikka aytiladi?
A) 12 g ugleroddagi atomlar soniga; B) 1 mol moddadagi zarralar soniga;
C) 18 g suvdagi molekulalar soniga; D) javoblarning hammasi to‘g‘ri.

2. Modda miqdori 25 mol bo‘lgan kislorodning massasini aniqlang (g).
A) 144; B) 800; C) 270; D) 600.

3. 27 g suvda necha mol modda bor?
A) 2; B) 1,8; C) 0,9; D) 1,5.

4. Molekulalar soni $2{,}4\cdot10^{24}$ ta bo‘lgan azot gazi moddasining miqdori qanday (mol) ?
A) 2; B) 4; C) 1,5; D) 3.

5. 5 mol suv qancha hajmni egallaydi (cm^3)?
A) 2; B) 90; C) 64; D) 18.

6. Gazning hajmi 2 marta ortib, molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi 2 marta kamaysa, uning bosimi qanday o‘zgaradi?
A) 4 marta ortadi; B) 8 marta kamayadi;
C) 4 marta kamayadi; D) 8 marta ortadi.

7. Berk idish ichidagi ideal gaz molekulalarining o‘rtacha kvadrat tezligi 30 % ga ortsa, gaz bosimi qanday o‘zgarishini toping.
A) 25 % ga ortadi; B) 69 % ga ortadi;
C) 10 % ga ortadi; D) 20 % ga ortadi.

8. Bosimi $4\cdot10^5$ Pa va hajmi 2 m^3 bo‘lgan bir atomli ideal gaz molekulalarining kinetik energiyasini hisoblang (J).
A) $1{,}8\cdot10^5$; B) $1{,}2\cdot10^6$; C) $2{,}4\cdot10^5$; D) $4\cdot10^5$.

9. Ballondagi geliy gazining temperaturasi 27 °C dan 227 °C gacha ko‘tarilsa, gaz zichligi qanday o‘zgaradi?
A) 4 marta ortadi; B) 2 marta ortadi; C) 3 marta ortadi; D) o‘zgarmaydi.

10. Ballondagi kislorodning temperaturasi 227 °C dan 127 °C gacha pasaysa, undagi gaz molekulalarining konsentratsiyasi qanday o‘zgaradi?
A) 4 marta ortadi; B) 2 marta ortadi; C) 4 marta kamayadi; D) o‘zgarmaydi.

11. Gazning absolyut temperaturasi 4 marta ortganida, molekulalarning o‘rtacha kvadratik tezligi necha marta ortadi?
A) 2; B) $\sqrt{3}$; C) 4; D) 3.

12. Gazning absolyut temperaturasini necha marta ko‘targanda, molekulalarning o‘rtacha kvadratik tezligi ikki marta ortadi?

A) 2 marta; B) 16 marta; C) 8 marta; D) 4 marta.

13. 400 K temperatura 138 kPa bosimda gaz molekulalarining konsentratsiyasi nimaga teng (m^{-3})?

A) $2{,}5\cdot10^{25}$; B) $5\cdot10^{25}$; C) $1{,}38\cdot10^{7}$; D) $2{,}76\cdot10^{6}$.

14. 50 mol gaz 75 kPa bosim ostida va 27 °C temperaturada qanday hajmni egallaydi (m^3)?

A) 8,31; B) 1,662; C) 31; D) 6,2.

15. Temperaturasi 27 °C bo‘lgan 2 mol gazning bosimini toping (Pa). Gazning hajmini 4 *l* ga teng deb oling.

A) $6{,}12\cdot10^{5}$; B) $5{,}45\cdot10^{5}$; C) $12{,}46\cdot10^{5}$; D) $24{,}9\cdot10^{5}$.

16. Gazning bosimi 12 marta ortsa, hajmi esa 3 marta kamaysa, uning absolyut temperaturasi qanday o‘zgarishini aniqlang.

A) 3 marta kamayadi; B) 3 marta ortadi;
C) 10 marta ortadi; D) 4 marta ortadi.

17. Boyl-Mariott ideal gaz parametrlari uchun qanday bog‘lanishni o‘rgangan?

A) $p \sim V$; B) $p \sim 1/V$; C) $p \sim T$; D) $V \sim T$.

18. Izotermik jarayonda gazning bosimi 2 marta ortdi. Bunda gaz molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi qanday o‘zgaradi?

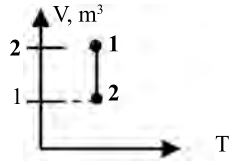
A) 2 marta ortadi; B) 2 marta kamayadi;
C) o‘zgarmaydi; D) 4 marta kamayadi.

19. Izotermik jarayonda gaz bosimi 4 marta ortdi. Bunda gaz konsentratsiyasi qanday o‘zgaradi?

A) 2 marta ortadi; B) 4 marta ortadi;
C) 4 marta kamayadi; D) 2 marta kamayadi.

20. Rasmda tasvirlanganidek gaz 1-holatdan 2-holatga o‘tganda, uning bosimi qanday o‘zgaradi?

A) 4 marta ortadi; B) 4 marta kamayadi;
C) o‘zgarmaydi; D) 2 marta ortadi.



21. O‘zgarmas bosimdagi ideal gaz hajmining temperaturaga bog‘liqligini kim tajribada o‘rgangan?

A) Gey-Lyussak; B) Sharl; C) Boyl-Mariott; D) Shtern.

22. Ideal gaz uchun izobarik jarayonning ifodasini ko‘rsating.

A) $p = nkT$; B) $pV = \text{const}$; C) $V/T = \text{const}$; D) $p/T = \text{const}$.

23. Ushbu jumlaning mazmuniga mos holda gapni davom ettiring: Izoxorik jarayonda...

A) p va T o‘zgaradi, V o‘zgarmaydi; B) p va V o‘zgaradi, T o‘zgarmaydi;
C) V va T o‘zgaradi, p o‘zgarmaydi; D) hamma parametrlar o‘zgaradi.

24. Yopiq idishdagi temperaturasi –96 °C bo‘lgan ideal gazni 81°C gacha qizdirganda uning bosimi necha marta ortadi?

A) 3; B) 2; C) 1,18; D) 2,21.

25. Ballondagi gaz 57 °C temperaturada 10^5 Pa bosimga ega bo‘lsa, qanday temperaturada uning bosimi $3 \cdot 10^5$ Pa bo‘ladi (°C)?

A) 990; B) 171; C) 444; D) 717.

26. Ballondagi gaz temperaturasi 400 K ga ko‘tarilganda, uning bosimi 3 marta ortgan bo‘lsa, gazning oxirgi temperaturasini aniqlang (K).

A) 450; B) 900; C) 750; D) 600.

27. Agar cho‘g‘lanma lampochka yonganda, temperaturasi 7 °C dan 287 °C gacha ko‘tarilsa, uning ichidagi gaz bosimi necha marta ortadi?

A) 3 marta; B) 4 marta; C) 1,5 marta; D) 2 marta.

28. 2 mol ideal gaz 400 K temperaturada 400 kPa bosimga ega bo‘lsa, uning hajmi nimaga teng?

A) 831 *l*; B) 8,31 *l*; C) 16,62 *l*; D) 41,5 *l*.

29. Normal sharoitda og‘zi berk idish bir xil massali vodorod, azot va kislorod gazlari bilan to‘ldirilgan. Qaysi gazning porsial bosimi eng katta bo‘ladi?

A) vodorod; B) kislorod; C) azot; D) bosimlar teng.

30. Gazning bosimi 16,6 kPa, zichligi 0,02 kg/m^3, molyar massasi 2 g/mol. Gazning temperaturasini toping (K).

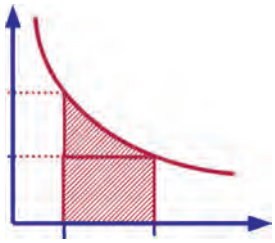
A) 2; B) 200; C) 275; D) 473.

I BOB YUZASIDAN MUHIM XULOSALAR

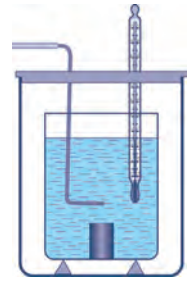
Molekulyar - kinetik nazariya tajribalarda isbotlangan uchta qoidalarga asoslanadi	1. Moddalar zarralardan — atom va molekulalardan tashkil topgan. 2. Atom va molekulalar to‘xtovsiz va tartibsiz harakat qiladi. 3. Atom va molekulalar orasida o‘zaro tortishish va itarilish kuchlari mavjud.
Broun harakati quyidagi xususiyatlarga ega	Broun harakati suyuqlik yoki gazda muallaq bo‘gan zarralarning to‘xtovsiz va tartibsiz harakatdan iborat. Broun harakatining trayektoriyasi murakkab siniq chiziqlardan iborat. Broun harakati zarraning o‘lchamiga bog‘liq.
Modda miqdori	1 mol – moddaning shunday miqdoriki, undagi atom (molekula)lar soni massasi 12 g ugleroddagi atomlar soniga teng**.**
Avogadro doimiysi	Miqdori 1 mol bo‘lgan moddadagi molekulalar soni italyan olimi Amedeo Avogadro sharafiga **Avogadro doimiysi** deb ataladi. Avogadro doimiysi fundamental fizik kattalik bo‘lib, uning son qiymati N_A=6,022·10^{-23} mol^{-1} ga teng.
Molyar massa	Miqdori bir mol bo‘lgan har qanday moddaning massasiga **molyar massa** deyiladi.
Massa atom birligi	Massa atom birligi (u) qilib uglerod atomi massasining 1/12 qismi bilan taqqoslash qabul qilingan, ya’ni: 1 u ≈ 1,66·10^{-27} kg.
Nisbiy atom massa	Berilgan modda atomi massasining (m_0) uglerod atom massasi (m_{0C}) $^1/_{12}$ qismining nisbatiga, shu moddaning nisbiy atom massasi deyiladi.
Molekulalar konsentratsiyasi	Hajm birligidagi molekulalar soniga modda molekulalarining konsentratsiyasi deb ataladi. $n = \frac{N}{V}; \qquad [n] = \frac{1}{\text{m}^3}.$

Ideal gaz	Molekulalari moddiy nuqtalar deb qaraladigan hamda ular orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari e’tiborga olinmaydigan darajada kichik bo‘lgan gazdir.
Real gaz	Xossalari molekulalarining o‘zaro ta’siriga bog‘liq bo‘lgan gaz.
Temperaturaning molekulyar - kinetik talqini	**Temperatura** – gaz molekulalari ilgarilanma harakatining o‘rtacha kinetik energiyasining o‘lchovi ekanligini anglatadi, ya’ni: $\overline{E}_k = \frac{3}{2} \cdot kT.$
Bolsman doimiysi	Bolsman doimiysi molekulalarning o‘rtacha kinetik energiyasi va temperaturasi orasidagi bog‘lanish koeffitsiyentini ifodalaydi. Uning son qiymati $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K ga teng.
Universal gaz doimiysi	Bolsman doimiysi k bilan Avogadro doimiysi N_A ning ko‘paytmasiga universal (molyar) gaz doimiysi deb atash qabul qilingan. Universal gaz doimiysining son qiymati $R = 8{,}31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ ga teng.
Ideal gazning bosimi	Ideal gazning bosimi gaz molekulalarining konsentratsiyasi va uning temperaturasiga to‘g‘ri proporsionaldir, ya’ni: $p = nkT$.
Absolyut nol temperatura	Absolyut nol temperatura mumkin bo‘lgan eng past temperatura bo‘lib, bunday temperaturada modda molekulalarining harakati to‘xtaydi.
Temperaturaning Selsiy va Kelvin shkalasi orasidagi munosabat	Temperaturaning Selsiy shkalasidan Kelvin shkalasiga o‘tish formulasi quyidagicha ifodalanadi: $T = t + 273$.
Molekulalar issiqlik harakatining o‘rtacha kvadratik tezligi	$\overline{\upsilon} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$

Molekulalarning tezliklar bo‘yicha taqsimoti	Ingliz fizigi ***J. Maksvell*** 1859-yilda nazariy yo‘l bilan gaz molekulalari biror temperaturada turli tezliklar bilan harakatlanishini, ya’ni molekulalarning tezliklar bo‘yicha taqsimotini aniqladi.
Shtern tajribasi	Shtern tajribasi ideal gaz molekulyar-kinetik nazariyasini hamda Maksvellning gaz molekulalar tezliklari bo‘yicha taqsimoti haqidagi ta’limotining to‘g‘riligini tasdiqladi.
Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi	Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi ideal gaz holat tenglamasi bo‘lib, u gazning massasi, molyar massasi, bosimi, hajmi va temperaturasi orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi, ya’ni: $pV = \frac{m}{M}RT.$
Boyl-Mariott qonuni. Izotermik jarayon	Ideal gazning massasi (m = const) va temperaturasi (T = const) o‘zgarmas bo‘lgandagi gaz holatining o‘zgarish jarayoniga **izotermik jarayon** deyiladi. O‘zgarmas temperaturada berilgan massali gazning bosimi hajmiga teskari proporsional ravishda o‘zgaradi, ya’ni: $p \sim 1/V$ yoki $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$.
Gey-Lyussak qonuni. Izobarik jarayon	Ideal gazning massasi m ($m = \text{const}$) va bosimi $(p = const)$ o‘zgarmas bo‘lgandagi gaz holatining o‘zgarish jarayoniga **izobarik jarayon** deyiladi. O‘zgarmas bosim sharoitida berilgan massali gazning hajmi temperaturaga to‘g‘ri proporsional ravishda o‘zgaradi, ya’ni: $V \sim$ T. $\frac{V}{T} = const$ yoki $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$
Jak Sharl qonuni. Izoxorik jarayon	Ideal gazning massasi m ($m = \text{const}$) va hajmi $(V = const)$ o‘zgarmas bo‘lgandagi gaz holatining o‘zgarish jarayoniga **izoxorik jarayon** deyiladi.O‘zgarmas hajm sharoitida berilgan massali gazning bosimi temperaturaga proporsional ravishda o‘zgaradi, ya’ni: $p \sim$ T $\frac{p}{T} = const$ yoki $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}.$



II BOB
ICHKI ENERGIYA VA TERMODINAMIKA ELEMENTLARI



Makroskopik sistemada sodir bo‘layotgan turli xil jarayonlarda energiya bir turdan ikkinchi turga o‘tadi. Fizik jarayon ichidagi munosabatlarni o‘rganadigan molekulyar fizikaning bo‘limiga ***termodinamika*** deyiladi. Termodinamikada jismlarning xossalari faqat energiya almashinish nuqtayi nazaridan o‘rganilib, ularning molekulyar tuzilishiga alohida e’tibor berilmaydi.

15-§. ICHKI ENERGIYA

Molekulyar - kinetik nazariyaga asosan makroskopik jismni tashkil qilgan barcha molekulalar tartibsiz harakatlanadi. Jismni tashkil qilgan barcha zarralarning kinetik va potensial energiyalari yig‘indisi shu jism (modda)ning ichki energiyasiga tengdir, ya’ni:

$$U = E_k + E_p. \qquad (1)$$

bunda E_k va E_p jismni tashkil etgan barcha molekulalarning, mos ravishda kinetik va potensial energiyalari.

Ideal gazning ichki energiyasini hisoblash qattiq va suyuq jismlarning ichki energiyasini hisoblash kabi murakkab emas. Ideal gaz molekulalari bir-biri bilan o‘zaro ta’sirlashmasligi sababli, ularning o‘zaro ta’sir potensial energiyasini nolga teng deb olish mumkin. U holda ideal gazning ichki energiyasi uni tashkil qilgan barcha molekulalari tartibsiz harakati kinetik energiyalarining yig‘indisidan iborat bo‘ladi, ya’ni:

$$U = E_{k1} + E_{k2} + ... + E_{kn}. \qquad (2)$$

Ideal gaz molekulasining o‘rtacha kinetik energiyasi $\overline{E}_k = \frac{3}{2} kT$ ekanligini e’tiborga olib, (2) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$U = N \cdot \overline{E}_k = \frac{3}{2} NkT. \qquad (3)$$

Shuningdek, $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ va $k \cdot N_A = R$ ekanligini e'tiborga olsak (3) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$U = \frac{3}{2}\frac{m}{M} RT. \qquad (4)$$

(4) tenglik ideal gazning ichki energiyasini hisoblashga imkon beradi. Demak, ideal gazning ichki energiyasi uning massasi bilan absolyut temperaturasi ko'paytmasiga to'g'ri, molyar massasiga teskari proporsional ekan.

Termodinamikada sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tganda uning ichki energiyasining o'zgarishi muhim hisoblanadi. Ichki energiyaning o'zgarishi deganda sistemaning dastlabki va oxirgi holati orasidagi ichki energiyalar farqi tushuniladi, ya'ni:

$$\Delta U = U_2 - U_1. \qquad (5)$$

Agar gazning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha o'zgarsa, (4) ifodaga ko'ra uning ichki energiyasining o'zgarishini quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2}\frac{m}{M} R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R\Delta T. \qquad (6)$$

Ideal gazning holat tenglamasiga ko'ra $pV = \frac{m}{M} RT$ bo'lgani uchun (4) tenglikni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$U = \frac{3}{2} p V. \qquad (7)$$

(7) tenglikdan gazning ichki energiyasi gaz bosimi va hajmiga ham bog'liq ekanligi ko'rinadi. (4) va (7) tenglamalarni bir atomli gazlar uchun yozsak:

$$U = \frac{3}{2}\frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} pV. \qquad (8)$$

Har qanday jismning ichki energiyasi uning issiqlik holatiga bog'liq. Jismda issiqlik holatining o'zgarishi bilan uning ichki energiyasi ham o'zgaradi. Modda bir agregat holatdan boshqa agregat holatga o'tganda, masalan: modda suyuq holatdan gaz holatga o'tganda va qattiq holatdan suyuq holatga o'tganda jismning ichki energiyasi o'zgaradi. Qattiq holatdan suyuq holatga o'tganda jism ichki energiyasi ortsa, aksincha, suyuq holatdan qattiq holatga o'tganda jism ichki energiyasi kamayadi. Shuningdek, modda suyuq holatdan gaz holatga o'tganda uning ichki energiyasi ortadi.

Masala yechish namunasi

Miqdori 12 mol bo‘lgan argon gazi 12 °C dan – 88 °C gacha sovitilganda, uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$\nu = 12$ mol $T_1 = 12°C + 273 = 285\,K$ $T_2 = -88°C + 273 = 185\,K$	$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1).$	$\Delta U = \frac{3}{2}\cdot 12 \cdot 8{,}31 \cdot (185 - 285) =$ $= -14958\,J \approx -15\,kJ.$
Topish kerak: $\Delta U = ?$	$[U] = mol \cdot \frac{J \cdot K}{mol \cdot K} = J.$	**Javob:** gazning ichki energiyasi $\Delta U = 15$ kJ ga kamayadi.

1. Termodinamika nimani o‘rganadi?
2. Ideal gazning ichki energiyasi deganda nimani tushunasiz?
3. Ideal gazning ichki energiyasini hisoblash ifodasini yozing va uni izohlang.
4. Gaz izobarik kengayganda uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

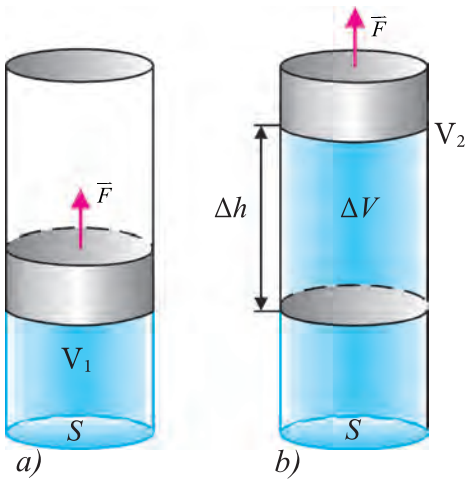
M 12

1. Temperaturasi 47 °C va ichki energiyasi 80 kJ bo‘lgan argon gazining massasini aniqlang.
2. Bir atomli ideal gazning hajmi 0,4 m^3 va ichki energiyasi 45 kJ bo‘lsa, uning bosimi nimaga teng?
3. Miqdori 3 mol neon gazi 40 °C dan – 80 °C gacha sovitilganda, uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?
4. Massasi 80 g bo‘lgan geliy gazi 20 °C dan 70 °C gacha qizdirilganda, uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?
5. Idishdagi $4 \cdot 10^{25}$ ta molekulaga ega bo‘lgan bir atomli ideal gazning temperaturasi 72 K ga ortganda, uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?
6. 10^5 Pa bosim ostida turgan bir atomli ideal gazning hajmi izobarik ravishda 300 cm^3 dan 500 cm^3 gacha oshdi. Bunda gazning ichki energiyasi qanchaga o‘zgargan?
7. Cho‘g‘lanma lampochka yonganda, ichidagi gazning temperaturasi 17 °C dan 307 °C gacha ko‘tarilsa, uning ichidagi gazning ichki energiyasi necha marta ortadi?

http://darsliportal.uz

16-§. TERMODINAMIK ISH

Biror sistemaning ichki energiyasini o‘zgarishiga ish bajarish va issiqlik almashinish jarayonlari sabab bo‘ladi. Gazda sodir bo‘ladigan ko‘pchilik jarayonlarda uning hajmi o‘zgaradi. Gaz biror hajmni egallab turishi uchun u idishga qamalgan bo‘lib, biror tashqi kuch ostida turishi kerak. Faraz qilaylik, m massali gaz erkin siljiydigan porshenli silindrik idishga qamalgan bo‘lsin (19-*a* rasm). Gazning bu holatdagi temperaturasi T_1, hajmi V_1 va bosimi p_1 bo‘lsin. Agar gazni T_2 temperaturagacha qizdirsak (porshen erkin siljiy olganligi uchun, gaz bosimini o‘zgarmas deb qaraladi, ya’ni: $p_1 = p_2$), gaz izobarik kengayib V_2 hajmni egallaydi (19-*b,* rasm). Gazning hajmi o‘zgarganda, u tashqi bosim kuchiga qarshi ish bajaradi. Bu ishga **termodinamik ish** deb ataladi. Gaz qizdirilganda, gaz molekulalari porshenga borib urilishi natijasida porshenni biror Δh masofaga siljitadi va ish bajariladi.



19 -rasm.

Mexanik ish formulasiga ko‘ra gazning tashqi kuchga qarshi bajargan ishi quyidagiga teng:

$$A = F \cdot \Delta h. \qquad (1)$$

Bosim ta’rifidan $F = p \cdot S$ ekanligini e’tiborga olsak, (1) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$A = p \cdot S \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V \qquad (2)$$

bunda $\Delta V = V_2 - V_1$ gaz hajmining o‘zgarishidir. Demak, gazning izobarik kengayishida bajargan ishi uning bosimi bilan hajmi o‘zgarishining ko‘paytmasiga teng ekan. Bu jarayonda gaz kengayib tashqi kuchlarga qarshi musbat ish bajaradi, chunki kuch yo‘nalishi bilan porshenning ko‘chish yo‘nalishi bir xil. Shuningdek, gaz siqilganda gaz ustidan tashqi kuchlar ish bajaradi.

19-rasmda tasvirlangan har ikki holatga, ya’ni izobarik kengayish jarayoni uchun Mendeleyev – Klapeyron tenglamasini yozib,

$$pV_1 = \frac{m}{M} RT_1 \quad va \quad pV_2 = \frac{m}{M} RT_2 \qquad (3)$$

ularni bir-biridan ayiramiz:

$$pV_2 - pV_1 = \frac{m}{M} RT_2 - \frac{m}{M} RT_1 \quad \text{yoki} \quad p(V_2 - V_1) = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1) \qquad (4)$$

Agar $T_2 - T_1 = \Delta T$ va $V_2 - V_1 = \Delta V$ deb olsak, (4) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T. \qquad (5)$$

(5) ifodaga ko‘ra gaz izobarik ΔT temperaturada qizdirilganda tashqi kuchlar ustidan bajarilgan ish quyidagicha aniqlanadi:

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T, \qquad (6)$$

bu ifodani 1 mol miqdordagi gaz uchun yozsak, u quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$A = R\Delta T. \qquad (7)$$

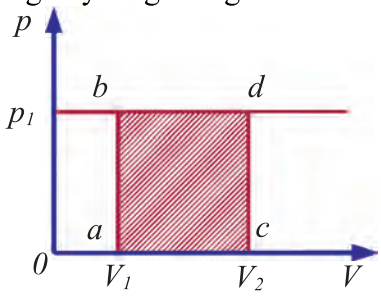
Bu ifodadan universal gaz doimiysi uchun quyidagi munosabat kelib chiqadi, ya’ni: $R = \frac{A}{\Delta T}$.

Universal gaz doimiysi son jihatdan bir mol gazni bir gradusga izobarik qizdirilganda shu gaz tomonidan bajarilgan ishga teng.

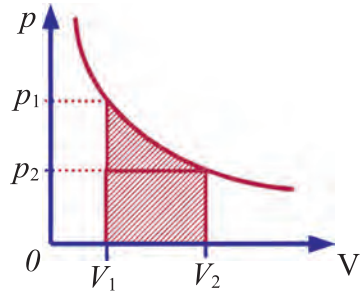
Gaz bajargan ishning geometrik talqini. Ishning geometrik talqini bu jarayonda bajarilgan ishni geometrik yo‘l bilan izohlashdir. Bunda gaz bosimining hajmiga bog‘lanish grafigi chiziladi, masalan, gaz izobarik kengaysin (20-rasm). O‘zgarmas p bosimga ega bo‘lgan gazning hajmi V_1 dan V_2 ga kengayganda bajarilgan ish *abcd* to‘g‘ri to‘rtburchakning yuziga son jihatdan teng, ya’ni:

$$A = p_1(V_2 - V_1) = |ab| \cdot |ac|.$$

Izotermik jarayonda bosim hajmga teskari proporsional ravishda o‘zgaradi (21-rasm). Bu holda gazning bajargan ishi son jihatdan izoterma grafigi ostidagi shtrixlangan yuzaga teng bo‘ladi.



20-rasm.



21-rasm.

Masala yechish namunasi

Porshen ostidagi kislorod gazi 64 K ga izobarik qizdirilganda, gaz tashqi kuchlar ustidan 16,6 kJ ish bajargan. Kislorodning massasi qanday bo‘lgan?

Berilgan:	**Formulasi:**	**Hisoblash:**
$M = 32 \cdot 10^{-3}$ kg/mol $\Delta T = 64$ K $p =$ const $A = 16{,}6$ kJ$=16{,}6 \cdot 10^3$ J. *Topish kerak:* $m = ?$	$A = \frac{m}{M} R \cdot \Delta T;$ $m = \frac{A \cdot M}{R \cdot \Delta T}.$ $[m] = \frac{\text{J} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \text{K}} = \text{kg}$	$m = \frac{16{,}6 \cdot 10^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 64}\text{kg} = 1\text{kg}.$ **Javob**: $m = 1$ kg.

1. Gazning izobarik kengayishida bajargan ishi formulasini keltirib chiqaring va uni izohlang.
2. Gazning izobarik kengayishida bajargan ishini temperaturaning o‘zgarishi orqali ifodalang.
3. Mexanik ish bilan termodinamik ish orasidagi farq nimada?

M 13

1. Silindrik idishdagi 160 kPa bosim ostida turgan gaz izobarik ravishda kengayib, 48 kJ ish bajardi. Bunda gazning hajmi qanchaga ortgan?
2. Porshen ostidagi 400 g massali havo izobarik qizdirildi. Havo tashqi kuchlar ustidan 8 kJ ish bajargan bo‘lsa, u necha gradusga qizigan?
3. 100 kPa bosim ostida turgan ideal gaz izobarik kengayib, hajmi 100 cm^3 dan 300 cm^3 gacha ortdi. Bunda gaz qanday ish bajargan?
4*. Ichki diametri 5 cm bo‘lgan silindrga gaz qamalgan. Silindr porshenига 50 N tashqi kuch ta’sir etib, gaz hajmini 10 cm^3 ga kamaytirdi. Tashqi kuch olingandan keyin gaz kengayib, dastlabki holatiga qaytdi. Tashqi kuch olingandan keyin siqilgan gaz qancha ish bajargan?

17-§. ISSIQLIK MIQDORI

Jismlarda issiqlik almashinuvi

Bir jismdan ikkinchi jismga ish bajarmasdan energiya uzatish jarayoniga issiqlik almashinuv yoki issiqlik uzatish deyiladi.

Issiqlik almashinish jarayonida jism olgan yoki yo‘qotgan ichki energiya miqdorini belgilovchi fizik kattalikka issiqlik miqdori deyiladi.

Issiqlik miqdorining o‘lchov birligi ishning birligi bilan bir xil, ya’ni ***Joul*** (**1 J**). Issiqlik miqdorini hisoblash uchun ***kaloriya*** (**1 kal**) deb ataladigan birlik ham kiritilgan. Issiqlik miqdorini Q harfi bilan belgilash qabul qilingan.

http://fizikportal.uz

1 gramm distillangan suvni 1°C ga isitish uchun kerak bo‘lgan issiqlik miqdori *1 kaloriya* deb qabul qilingan.

Kaloriya bilan birgalikda kilokaloriya ham qo‘llaniladi (1 kkal = 1000 kal). Issiqlik miqdorining Joul bilan kaloriya birliklari orasidagi munosabat quyidagicha ifodalanadi: 1 J = 0,24 kal yoki 1 kal = 4,19 J.

Issiqlik uzatilish jarayonida jismning temperaturasi t_1 qiymatidan t_2 qiymatiga o‘zgargan bo‘lsa, jism olgan yoki yo‘qotgan issiqlik miqdori quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = mc(t_2 - t_1) \qquad (1)$$

bunda m – jismning massasi, c – proporsionallik koeffitsiyenti bo‘lib, unga moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi deyiladi, t_1 – jismning boshlang‘ich temperaturasi, t_2 – jismning oxirgi temperaturasi. Issiqlik almashinish jarayonidan keyin jismning temperaturasi $t_2 > t_1$ munosabatda bo‘lsa $Q > 0$ bo‘lib, jism issiqlik miqdori olganligini va aksincha $t_2 < t_1$ munosabatda bo‘lsa $Q < 0$ bo‘lib, jism issiqlik miqdori berganligini anglatadi.

(1) ifodaga ko‘ra moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi quyidagicha hisoblanadi:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \qquad (2)$$

(2) tenglikka ko‘ra solishtirma issiqlik sig‘imining Xalqaro birliklar sistemasidagi birligi $[c] = \frac{J}{kg \cdot K}$ ekanligi kelib chiqadi.

Massasi 1 kg bo‘lgan moddaning temperaturasini 1°C ga o‘zgartirish uchun kerak bo‘lgan issiqlik miqdorini tavsiflovchi fizik kattalikka moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi deyiladi.

Moddalarning solishtirma issiqlik sig‘imlarining son qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

	Modda turi	Solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg · K)		Modda turi	Solishtirma issiqlik sig‘imi, J/(kg · K)
1	Qo‘rg‘oshin	130	**6**	Shisha	830
2	Kumush	230	**7**	Alyuminiy	890
3	Qalay	230	**8**	Muz	2100
4	Mis	390	**9**	Kerosin	2140
5	Po‘lat	460	**10**	Suv	4200

Issiqlik balansi tenglamasi

O‘rganayotgan jismlar tizimi (ya’ni sistema) atrofdagi jismlardan yetarli darajada izolyatsiyalangan bo‘lsa, biz uni yopiq sistema deb ataymiz. Vaqt o‘tishi bilan yopiq sistema ichida turgan jismlarning ichki energiyasi o‘zgarmaydi. Misol tariqasida kalorimetr, suv va qizdirilgan metall jismdan iborat bo‘lgan yopiq sistemani qarab chiqaylik. Bunda sistema ichidagi jismlar orasida issiqlik almashinuvi yuzaga keladi, issiq metall jism issiqlik bersa suv va idish issiqlikni oladi.

Issiqlik almashinuvi jarayonida ishtirok etayotgan barcha jismlarning ichki energiyalari ularning temperaturalari bir xil bo‘lguncha o‘zgaradi. Qaror topgan temperatura jismlar sistemasining termodinamik muvozanat temperaturasi deyiladi. Issiqlik almashinish jarayoni hech qanday ish bajarilmasdan sodir bo‘lganda ichki energiyaning o‘zgarishi ayrim jismlarning isishi, boshqa jismlarning sovishi hisobiga amalga oshadi. Ish bajarilmasdan faqat issiqlik almashinishi natijasida sodir bo‘layotgan jarayonlarni tavsiflash uchun issiqlik balansi tenglamasi (fransuzcha «balans» – muvozanat so‘zidan olingan) tuziladi. Bu tenglama quyidagicha izohlanadi:

Issiqlik almashinishi natijasida ichki energiyalari kamaygan jismlarning uzatgan issiqlik miqdorlarining yig‘indisi ichki energiyalari ortgan jismlarning qabul qilgan issiqlik miqdorlarining yig‘indisiga teng.

$$Q_1 + Q_2 + ... + Q_n = Q_1' + Q_2' + ... + Q_n' \qquad (3)$$

bu yerda Q_1, Q_2, ... Q_n – issiqroq jismlarning bergan issiqlik miqdorlari.

Q_1', Q_2', ... Q_n' esa sovuqroq jismlarning olgan issiqlik miqdorlari.

(3) tenglama issiqlik balansi tenglamasi deb ataladi. U issiqlik almashinish jarayoni uchun energiyaning saqlanish qonunidan iborat bo‘lib, quyidagicha ta’riflanadi:

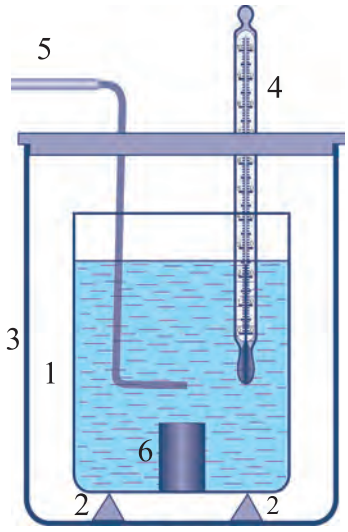
Issiqlik almashinuvi jarayonida issiqlik miqdori yo‘qdan bor bo‘lmaydi, bordan yo‘q bo‘lmaydi, faqat bir jismdan boshqa bir jismga o‘tadi.

Jism (modda)ning bergan yoki olgan issiqlik miqdorini kalorimetr yordamida aniqlash mumkin (22-rasm). *Kalorimetr* so‘zi *issiqlikni o‘lchash* degan ma’noni bildiradi (lotincha *calor* – *issiqlik*, grekcha *metreo* – *o‘lchash*).

Kalorimetrning ichki idishi yupqa devorli 1 metall idishdan iborat bo‘lib, issiqlik kam o‘tkazuvchi 2 ta tagliklarga o‘rnatilgan 3 plastmassa idishga solingan. Kalorimetrga 4 termometr va 5 aralashtirgich tushirilgan bo‘ladi.

http://edu.qarxi.uz

Kalorimetr idishining aralashtirgich bilan birgalikdagi massasi m_1 va solishtirma issiqlik sig‘imi c_1 bo‘lsin. Kalorimetrga m_2 massali suv solaylik. Suvning solishtirma issiqlik sig‘imi c_2, issiqlik muvozanatga kelgandan keyin kalorimetr va suvning temperaturasi t_1 bo‘lsin. Kalorimetrga temperaturasi t_2, massasi m, solishtirma issiqlik sig‘imi c bo‘lgan 6 qizdirilgan temirni tushiraylik. Issiqlik muvozanati qaror topgandagi suvli kalorimetr va temirning temperaturasi t bo‘lsin. Bunda qizdirilgan temir t_2 dan t gacha sovib, kalorimetr bilan suvga $Q = cm\,(t_2 - t)$ issiqlik miqdorini beradi. Natijada kalorimetr bilan suv temperaturasi t_1 dan t gacha ko‘tariladi. Bunda kalorimetr $Q_1 = c_1m_1(t - t_1)$, suv $Q_2 = c_2m_2\,(t - t_1)$ issiqlik miqdorini oladi.



22-rasm.

Energiyaning saqlanish qonuniga ko‘ra, jismning bergan issiqlik miqdori kalorimetr va suv olgan issiqlik miqdorlari yig‘indisiga teng:

$$Q = Q_1 + Q_2 \qquad (4)$$

Kalorimetr, suv va temirning solishtirma issiqlik sig‘imi va massalarini bilgan holda t_1, t_2 va t temperaturalarni o‘lchab, temirning bergan Q issiqlik miqdorini, kalorimetr va suvning olgan Q_1 va Q_2 issiqlik miqdorlarini hisoblash mumkin.

(4) ifodaga Q, Q_1 va Q_2 ning ifodalarini qo‘yib, issiqlik balansi tenglamasining quyidagi ifodasini hosil qilamiz:

$$cm\,(t_2 - t) = c_1m_1(t - t_1) + c_2m_2(t - t_1). \qquad (5)$$

Agar kalorimetrga solingan jismning solishtirma issiqlik sig‘imi c noma’lum bo‘lsa, uni (5) ifodadan keltirib chiqarish mumkin:

$$c = \frac{(c_1m_1 + c_2m_2)(t - t_1)}{m\,(t_2 - t)}. \qquad (6)$$

Bu kalorimetrga solingan ixtiyoriy jismning solishtirma issiqlik sig‘imini topish formulasini ifodalaydi.

Demak, kalorimetr yordamida ixtiyoriy jismning solishtirma issiqlik sig‘imini ham aniqlash mumkin ekan.

Masala yechish namunasi

Suv 210 m balandlikdan oqib tushmoqda. Og‘irlik kuchining bajargan ishi suvning temperaturasini qanchaga o‘zgartiradi? Suvning tushishini erkin tushish deb hisoblang.

Berilgan:
$h = 210$ m
$g = 9{,}81$ m/s^2
$c = 4200$ J/ (kg·K).

Topish kerak:
$\Delta t = ?$

Yechilishi: og‘irlik kuchi bajargan ishining ma’lum bir qismi jismning ichki energiyasini o‘zgartiradi va bunda jism qiziydi. Faraz qilaylik, suv h balandlikdan tushgandagi og‘irlik kuchining ishi to‘liq ichki energiyaga (issiqlikka) aylansin, ya’ni: $m \cdot g \cdot h = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$

Ifodani soddalashtirib, $\Delta t = t_2 - t_1 = \dfrac{g \cdot h}{c}$ ga ega bo‘lamiz. Absolyut temperaturaning o‘zgarishi ΔT temperaturaning Selsiy shkalasi bo‘yicha o‘zgarishi Δt ga teng, ya’ni $\Delta T = \Delta t$.

$$[\Delta t] = \frac{\frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \text{m}}{\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = \frac{\frac{\text{J}}{\text{kg}}}{\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = \text{K}. \quad \Delta t = \frac{9{,}81 \cdot 210}{4200}\,\text{K} = 0{,}49\,\text{K}.$$

Javob: $\Delta t = 0{,}49$ K.

1. Issiqlik miqdori deb nimaga aytiladi? Uning qanday birliklari bor?
2. Solishtirma issiqlik sig‘imini ta’riflab, uning hisoblash formulasini yozing.
3. Issiqlik balansi tenglamasining fizik mohiyati nimadan iborat?
4. Issiqlik almashinish jarayoni uchun energiyaning saqlanish qonunini ta’riflang.
5. Bir xil balandlikdan bir xil massaga ega bo‘lgan alyuminiy, qo‘rg‘oshin va temir sharlar tashlandi. Ularning qaysi biri ko‘proq qiziydi?

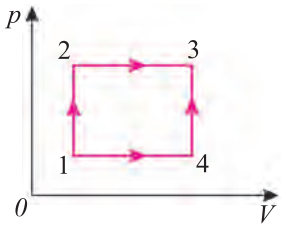
M 14

1. Massasi 0,5 kg va solishtirma issiqlik sig‘imi 450 J/(kg·K) bo‘lgan jism 10 °C dan 310 °C gacha qizdirilganda, qancha issiqlik miqdorini qabul qiladi?
2. Massasi 3 kg bo‘lgan jism 20 °C dan 500 °C gacha qiziganda, 1281,6 kJ issiqlik miqdori olgan bo‘lsa, bu jism qanday moddadan tayyorlangan?
3. Normal sharoitda temperaturasi 20 °C va hajmi 1,5 l bo‘lgan suv qaynaguncha, qancha issiqlik miqdorini oladi?
4. Normal sharoitda qaynab turgan suv ichida mis va qo‘rg‘oshindan yasalgan jismlar bor edi. Ular suvdan olingan paytda har biri qanday issiqlik miqdoriga ega bo‘ladi? Misdan yasalgan jismning massasi 200 g, qo‘rg‘oshindan yasalgan jismning massasi 150 g ga teng deb oling.

18-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Ideal gaz 1- holatdan 3-holatga ikki xil jarayonlar orqali o‘tgan (23-rasm). Har ikki yo‘nalishlarda ichki energiyaning o‘zgarishi qanday bo‘ladi?

Berilgan. Chizma



23-rasm.

Yechilishi: 1→2→3 yo‘nalishda gaz dastlab izoxorik qizdirilgan, keyin izobarik kengaygan. Ikkinchi 1→4→3 yo‘nalishda esa, gaz dastlab izobarik kengaygan, keyin izoxorik qizdirilgan. Ichki energiyaning o‘zgarishi deganda sistemaning dastlabki va oxirgi holati orasidagi ichki energiyalar farqi tushuniladi, ya’ni:

$\Delta U_{1,2,3} = \Delta U_{1,4,3} = U_3 - U_1$.

Ideal gaz ichki energiyaning $U = \frac{3}{2} p \cdot V$ ifodasiga ko‘ra, ichki energiyasining o‘zgarishi

$\Delta U_{1,2,3} = \Delta U_{1,4,3} = \frac{3}{2}(p_3 \cdot V_3 - p_1 \cdot V_1)$ ga teng.

Sistema bir holatdan boshqa holatga har qanday yo‘nalishga o‘tganda, uning ichki energiyasining o‘zgarishi faqat shu holatlarni tavsiflovchi parametrlarga bog‘liq bo‘ladi. **Javob:** har ikkala yo‘nalishda ichki energiya bir xil o‘zgaradi.

2-masala. Porshen ostidagi o‘zgarmas massali ideal gaz 7 °C dan 77 °C gacha qizdirilganda u izobarik kengaydi. Bunda gaz tashqi kuchlar ustidan qanday ish bajaradi? Gazning bosimi 125 kPa va dastlabki hajmi 2 *l* ga teng bo‘lgan.

Berilgan:
$T_1 = 7\ °C + 273 = 280\ K$
$T_2 = 77\ °C + 273 = 350\ K$
$p = 125\ kPa = 125 \cdot 10^3\ Pa$
$V_1 = 2\ l = 2 \cdot 10^{-3}\ m^3$.

Topish kerak:
$A = ?$

Yechilishi: gazning dastlabki hajmi bizga ma’lum. Gazning keyingi hajmini izobarik jarayon tenglamasiga ko‘ra topamiz, ya’ni: $V_2 = \frac{T_2 \cdot V_1}{T_1}$.

Gaz izobarik kengayganda uning bajargan ishini $A = p \cdot (V_2 - V_1)$ ifodaga ko‘ra hisoblanadi. Gazning keyingi hajmining ifodasini ishning ifodasiga qo‘ysak, ishning ifodasi quyidagi ko‘rinishga keladi:

$A = p \cdot (\frac{T_2}{T_1} - 1) \cdot V_1$.

Bu ifodaga kattaliklarning son qiymatini qo‘yib ishning son qiymatini aniqlaymiz. $A = 125 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{350}{280} - 1\right) \cdot 2 \cdot 10^{-3}\ J = 62{,}5\ J$. **Javob:** $A = 62{,}5$ J.

3-masala. Idishda 40 °C temperaturali 85 *l* suv bor. U temperaturasi 15 °C sovuq va 100 °C temperaturadagi qaynoq suvdan tayyorlangan. Idishga qancha sovuq va qancha qaynoq suv quyilgan?

Berilgan:
$t_1 = 15$ °C
$t_2 = 100$ °C
$t = 40$ °C
$V = 85\ l.$

Topish kerak:
$V_1 = ?$
$V_2 = ?$

Yechilishi: issiqlik balansi tenglamasiga asosan issiqlik almashuv jarayonida sovuq suv olgan issiqlik miqdori: $Q_1 = m_1 c(t - t_1)$ va issiq suv bergan issiqlik miqdori $Q_2 = m_2 c(t_2 - t)$ ga teng bo‘ladi, ya’ni: $Q_1 = Q_2$.

Suvlarning massalarini ularning hajmlari orqali ifodalab:
$m_1 = \rho V_1,\ m_2 = \rho V_2$, quyidagi munosabatga ega bo‘lamiz:

$\rho V_1 c(t - t_1) = \rho V_2 c(t_2 - t)$, yoki $V_1 (t - t_1) = V_2 (t_2 - t)$.

Aralashmaning hajmi $V = V_1 + V_2$ ekanligini e’tiborga olib, V_1 hajmni topamiz: $V_1 = \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} \cdot V$. Bu tenglikka ko‘ra, sovuq suvning hajmini hisoblaymiz:

$$V_1 = \frac{100 - 40}{100 - 15} \cdot 85l = 60\ l.$$

Qaynoq suvning hajmi $V_2 = V - V_1 = 85\,l - 60\,l = 25\,l$.

Javob: $V_1 = 60\ l$ va $V_2 = 25l$.

4-masala. 800 m/s tezlik bilan uchib borayotgan po‘lat o‘q qumga tiqilib qoldi. O‘qning urilishida ajralgan issiqlikning 60 % qumni isitishga ketsa, o‘qning temperaturasi qanchaga ortadi? Po‘latning solishtirma issiqlik sig‘imi $c = 460$ J/(kg·K) ga teng.

Berilgan:
$\upsilon = 800$ m/s
$\eta = 0{,}6$
$c = 460$ J/kg·K.

Topish kerak:
$\Delta t = ?$

Yechilishi: o‘q qumga tiqilib qolganida uning kinetik energiyasi to‘liqligicha ichki energiyaga aylanadi. Bu energiyaning $1 - \eta = 0{,}4$ qismi o‘qqa o‘tadi. Bundan

$$Q = (1 - \eta)E_k; \quad mc\Delta t = (1 - \eta) \cdot \frac{m\upsilon^2}{2}.$$

Bu ifodalardan foydalanib o‘q temperaturasining o‘zgarishini hisoblaymiz: $\Delta t = (1 - \eta) \cdot \frac{\upsilon^2}{2c}$.

$$[\Delta t] = \frac{\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = \text{K}.$$

$$\Delta t = \frac{0{,}4 \cdot 800^2}{2 \cdot 460}\,\text{K} = 278\,\text{K}.$$

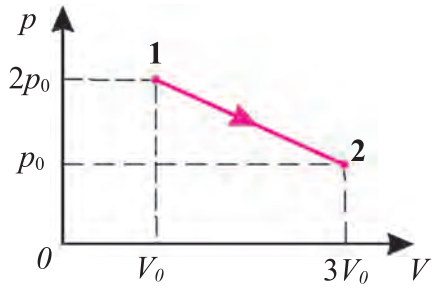
Javob: $\Delta t = 278$ K.

M 15

1. Temperaturasi 27 °C va ichki energiyasi 50 kJ bo‘lgan geliy gazining massasi qancha?

2. Bir atomli gazning bosimi 30 % kamayib, hajmi 6 marta oshsa, uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

3. O‘zgarmas massali bir atomli ideal gaz 1-holatdan 2-holatga o‘tdi (24-rasm). Bunda gazning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi? Gazning dastlabki bosimi p_0 =150 kPa va hajmi V_0 = 4 l bo‘lgan.



24-rasm.

4. Silindr porsheni ostida massasi 1,6 kg massali kislorod gazi 17 °C haroratda turibdi. Gaz izobarik kengayib 40kJ ish bajargan bo‘lsa, u qanday temperaturagacha qizigan?

5. Erkin siljiy oladigan porshen ostidagi temperaturasi 27 °C, hajmi 10 l va bosimi 100 kPa bo‘lgan ideal gaz 60 K ga izobarik qizdirildi. Bunda gaz tashqi kuchlar ustidan qanday ish bajaradi?

6. Modda miqdori 25 mol bo‘lgan gaz 20 K ga isitilganda, izobarik kengayib uning hajmi dastlabki hajmiga nisbatan 20 % ga ortdi. Gazning dastlabki temperaturasi qanday bo‘lgan? Gaz kengayishida bajarilgan ish nimaga teng?

7. Massasi 8 kg va 90 °C temperaturaga ega bo‘lgan suvga 20 °C temperaturadagi suvdan qancha qo‘shganda, aralashma temperaturasi 30 °C ga teng bo‘ladi?

8. Massasi va boshlang‘ich temperaturasi bir xil bo‘lgan vodorod va geliy gazlari izobarik ravishda 60 K ga qizdirildi. Vodorodni qizdirishda bajarilgan ishni va geliyni qizdirishda bajarilgan ish bilan taqqoslang.

9. 15 °C temperaturadagi 125 l suv, 45 °C temperaturali 25 l suv bilan aralashtirilsa, natijaviy temperatura qanday bo‘ladi?

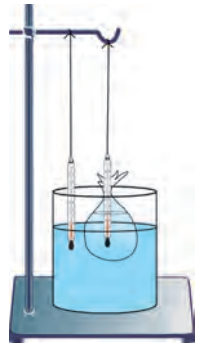
10. Yuvinish vannasiga 10 °C li sovuq suv va 90 °C li issiq suv quyib, 50 °C li iliq suv tayyorlandi. Agar vannadagi iliq suv hajmi 80 l bo‘lsa, vannaga sovuq va issiq suvning har biridan qanchadan solingan? Vanna idishining olgan issiqlik miqdorini hisobga olmang.

11*. 800 m/s tezlik bilan uchib borayotgan po‘lat o‘q qumga tiqilib qoldi. O‘qning urilishida ajralgan issiqlikning 54 % qumni isitishga ketsa, o‘q necha gradusga isiydi? c_p = 460 J/(kg·K).

19-§. AMALIY MASHG‘ULOT. JISMLARDA ISSIQLIK MUVOZANATINI O‘RGANISH

Mashg‘ulotning maqsadi: issiqlik muvozanatining yuzaga kelish jarayonini kuzatish.

Kerakli jihozlar: idish, issiq va sovuq suv, ikkita termometr, elektron soat, polietilen paket, shtativ va ip.



Mashg‘ulotni bajarish tartibi:

1. Quyidagi jadvalni chizib olamiz.

Kuzatilgan vaqt (minut)	0	1	2	….	….	….	….	….
Issiq suv temperaturasi								
Sovuq suv temperaturasi								

– idishga issiq suvni solamiz. Idishdagi issiq suvning temperaturasini o‘lchab borish uchun unga termometrni tushiramiz;

– polietilen paketga sovuq suv solamiz. Idishdagi sovuq suvning temperaturasini o‘lchash uchun unga termometrni tushiramiz;

– polietilen paketga solingan suv termometr bilan birgalikda issiq suv solingan idish ichiga tushiriladi;

– biroz kutamiz. So‘ng har bir minutda issiq va sovuq suv ichidagi termometrlarning ko‘rsatkichini qayd qilamiz va ularni jadvalga yozib boramiz;

– suvlarning termodinamik muvozanat temperaturasi va termodinamik muvozanat yuzaga kelgan vaqt aniqlanadi. Olingan natijalar jadvalga qayd etiladi;

– termodinamik muvozanat yuzaga kelgandan keyin ham kuzatuvni bir necha minut davom ettiramiz;

– koordinata tekisligida vaqt bo‘yicha issiq suvning sovishi, sovuq suvning isishini grafik tarzda tasvirlang. O‘tkazilgan mashg‘ulot yuzasidan o‘z xulosangizni yozing.

1. Issiqlik almashuvi jarayonida sovuq va issiq suvning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?
2. Termodinamik muvozanatdan so‘ng suvning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

20-§. LABORATORIYA ISHI: QATTIQ JISMLARNING SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG‘IMINI ANIQLASH

***Ishning maqsadi*:** jismning solishtirma issiqlik sig‘imini aniqlashni o‘rganish.

***Kerakli jihozlar*:** kalorimetr va aralashtirgichi, tarozi, termometr, solishtirma issiqlik sig‘imi aniqlanadigan 3 ta bir xil moddadan tayyorlangan turli xil massadagi jismlar, qaynoq suv.

Ishni bajarish tartibi

1. Ishni bajarishda foydalaniladigan kalorimetr 22-rasmda tasvirlangan. Kalorimetr va aralashtirgichni birgalikda tarozida tortib, ularning massasini aniqlang (m_k). Kalorimetr alyuminiydan yasalganligi uchun uning solishtirma issiqlik sig‘imini $c_k = 890$ J/(kg °C) ga teng deb oling.

2. Menzurka yordamida suv hajmini (V) o‘lchab, uni kalorimetr idishiga quying.

3. Kalorimetrga quyilgan suv massasini $m_s = \rho_s V_s$ formuladan foydalanib hisoblang. Bunda ρ_s – suvning zichligi.

4. Kalorimetrga termometrni tushiring. Biroz kuting. Issiqlik muvozanati qaror topgan suvning temperaturasini (t_s) aniqlang.

5. Solishtirma issiqlik sig‘imi aniqlanayotgan jismning massasini (m_j) tarozida o‘lchang.

6. Jismni ipga bog‘lab qaynab turgan suv ichiga tushiring. Biroz kuting (2-3 minut). Jism va suv o‘rtasida issiqlik muvozanati vujudga keladi. Qaynab turgan suvning (t_j) temperaturasini termometr yordamida o‘lchab oling.

7. Qaynab turgan suvdan olingan jismni tezlik bilan sovuq suv solingan kalorimetr ichiga tushiring. Aralashtirgich bilan kalorimetrdagi suvni aralashtiring va termometr ko‘rsatgan aralashmaning (t_a) temperaturasini yozib oling.

8. Quyidagi formula yordamida jismning solishtirma issiqlik sig‘imini aniqlang:

$$c_j = \frac{(m_s \cdot c_s + m_k \cdot c_k) \cdot (t_a - t_s)}{m_j (t_j - t_a)}$$

9. Massalari turlicha, lekin xuddi shunday moddadan yasalgan yana ikkita jismning solishtirma issiqlik sig‘imini yuqorida keltirilgan tartibda aniqlang.

10. Birinchi, ikkinchi va uchinchi jismlar uchun aniqlangan solishtirma issiqlik sig‘imlari uchun o‘rtacha $c_{j.o'rt}$ ni hisoblang.

11. Olingan natijalarni quyidagi jadvalga yozing.

№	m_k, kg	m_s, kg	m_j, kg	c_k, J/kg·°C)	t_s, °C	t_j, °C	t_a, °C	c_j, J/kg·°C)	$c_{j\,o'rt}$, J/(kg·°C)
1									
2									
3									

1. Solishtirma issiqlik sig‘imini tushuntirib bering.
2. Issiqlik balansi tenglamasidan foydalanib, 8-bandda keltirilgan jismning solishtirma issiqlik sig‘imi formulasini keltirib chiqaring va tushuntirib bering.
3. Jadvaldagi natijalarni tahlil qiling va xulosa chiqaring.

21-§. YOQILG‘INING SOLISHTIRMA YONISH ISSIQLIGI

Odatda o‘tin, toshko‘mir, tabiiy gaz, benzin kabi yoqilg‘ilar yonganda issiqlik ajralib chiqadi. Bu qanday issiqlik? Nima sababdan bu moddalar yonganda issiqlik ajralib chiqadi?

Ma’lumki, molekulalar atomlardan tashkil topgan. Masalan, azot molekulasi ikkita azot atomidan hosil bo‘lgan. Molekulalarni atomlarga ajratish mumkin. Molekulalarni atomlarga bo‘linishi kimyoviy parchalanish reaksiyasi deb ataladi. Molekula tarkibidagi atomlar bir-biri bilan kuchli tortishib turadi. Molekuladagi atomlarni bir-biridan ajratib yuborish uchun undagi tortishish kuchiga qarshi ish bajarish kerak. Demak, molekulani parchalash uchun energiya sarflanishi kerak. Atomlar birikib molekula hosil bo‘lishida esa, aksincha, energiya ajralib chiqadi.



25-rasm.

Odatdagi yoqilg‘ilarning (ko‘mir, neft, benzin va boshqalar) tarkibida uglerod atomlari bor. Yonish vaqtida uglerod atomi havodagi kislorod molekulasi bilan birikib (CO_2) karbonat angidrid molekulasini hosil qiladi (25-rasm). Karbonat angidrid molekulasining hosil bo‘lish jarayonida issiqlik ajralib chiqadi.

1 kg yoqilg‘i batamom yonganda undan ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga yoqilg‘ining solishtirma yonish issiqligi deb ataladi. Yoqilg‘ining solishtirma yonish issiqligi *q* harfi bilan belgilanadi.

Massasi m bo‘lgan har qanday yoqilg‘i yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori Q ni hisoblash uchun uning solishtirma yonish issiqligi q ni batamom yongan yoqilg‘ining massasiga ko‘paytirish kerak, ya’ni:

$$Q = q \cdot m.$$

Bu formulaga ko‘ra, yoqilg‘ining solishtirma yonish issiqlik birligi $[q]=\left[\frac{Q}{m}\right]=\frac{1\ J}{1\ kg}=1\frac{J}{kg}$ da o‘lchanadi. Har bir turdagi yoqilg‘i uchun solishtirma yonish issiqligi aniqlangan. Jadvalda ba’zi yoqilg‘ilarning solishtirma yonish issiqligining son qiymatlari keltirilgan.

	Yoqilg‘i	Solishtirma yonish issiqligi, (MJ/ kg)		Yoqilg‘i	Solishtirma yonish issiqligi, (MJ/ kg)
1	Benzin	46	**4**	Quruq o‘tin	10
2	Kerosin	42	**5**	Tabiiy gaz	44
3	Toshko‘mir	29	**6**	Spirt	29

Masala yechish namunasi

Massasi 20 kg bo‘lgan toshko‘mir yonganda chiqaradigan issiqlikni olish uchun, qancha quruq o‘tinni yoqish kerak bo‘ladi?

Berilgan:

$m_1 = 20$ kg
$q_1 = 29\cdot10^6$ J/kg
$q_2 = 10\cdot10^6$ J/kg

Topish kerak:
$m_2 = ?$

Yechilishi: masala shartiga ko‘ra $Q_1 = Q_2$.
U holda $m_1\cdot q_1 = m_2\cdot q_2$ bundan

$$m_2 = \frac{m_1\cdot q_1}{q_2} = \frac{20\,\text{kg}\cdot 29\cdot10^6\ \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{10\cdot10^6\ \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 58\,\text{kg}.$$

Javob: $m_2 = 58$ kg.

1. Yoqilg‘ining solishtirma yonish issiqligi deb nimaga aytiladi?
2. m massali yoqilg‘i yonganda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori qanday aniqlanadi?
3. Yoqilg‘ining solishtirma yonish issiqligi 44 MJ/kg ga teng, degan ibora nimani bildiradi?

M 16

1. Massasi qanday bo‘lgan spirt yonganda 5,8 MJ issiqlik miqdori ajralib chiqadi? Spirtning solishtirma yonish issiqligi $2{,}9\cdot10^7$ J/kg ga teng.
2. Massasi 25 kg bo‘lgan toshko‘mir batamom yonganda ajralib chiqadigan issiqlikni olish uchun, qancha quruq o‘tin yoqish kerak bo‘ladi?
3. Neksiya avtomashinasiga har yuz kilometrga o‘rtacha 10 l benzin sarflansa, har bir kilometrda qancha issiqlik ajralib chiqadi? Benzinning zichligi 700 kg/m^3.
4. O‘choqda ovqat pishirish uchun 12 kg quruq o‘tin yoqildi. O‘tin yoqilganda ajralib chiqqan issiqlikning to‘rtdan bir qismi ovqatga, qolgan qismi o‘choqni, qozonni va havoni isitishga ketdi. Ovqat pishguncha o‘ziga qancha issiqlik miqdorini olgan?

22-§. TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI

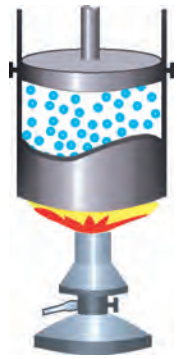
Termodinamikaning birinchi qonuni haqida tushuncha

Issiqlik hodisalarini o‘rganish bo‘yicha kuzatish va tajribalar umumlashtirilib, ***energiyaning saqlanish qonuniga*** quyidagicha ta’rif berilgan:

Tabiatda energiya yo‘qdan bor bo‘lmaydi va yo‘qolmaydi. Energiya miqdori o‘zgarmaydi, energiya faqat bir turdan boshqa turga aylanadi.

Energiyaning saqlanish qonuni tabiatda bo‘ladigan barcha hodisa va jarayonlarda bajariladi. ***Termodinamikaning birinchi qonuni*** energiya saqlanish qonunining issiqlik hodisalariga tatbiqini ifodalaydi.

Aytaylik, ichiga gaz qamalgan silindr porsheni og‘irlik kuchi ta’sirida turgan bo‘lsin. U silindr devorlariga ishqalanmasdan erkin harakat qila olsin. Gazga Q issiqlik miqdori berilsin. Berilgan bu issiqlik gazning ichki energiyasini ΔU ga oshirishga va porshenni Δh balandlikka ko‘tarishga sarflanadi (26-rasm). Gaz porshenni Δh balandlikka ko‘tarishi uchun tashqi kuchlarga qarshi, jumladan, porshenning og‘irlik kuchiga qarshi A ish bajaradi.



26-rasm.

$$Q = \Delta U + A \qquad (1)$$

Sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini o‘zgartirishga va sistemaning tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishiga sarflanadi.

Bu ta’rif va formula ***termodinamikaning birinchi qonunini*** ifodalaydi. Bu qonunni XIX asrning o‘rtalarida nemis olimlari ***R. Mayer***, ***G. Gelmgols*** va ingliz olimi ***J.Joul*** ta’riflagan.

Termodinamika birinchi qonunining izojarayonlarga tatbiqi

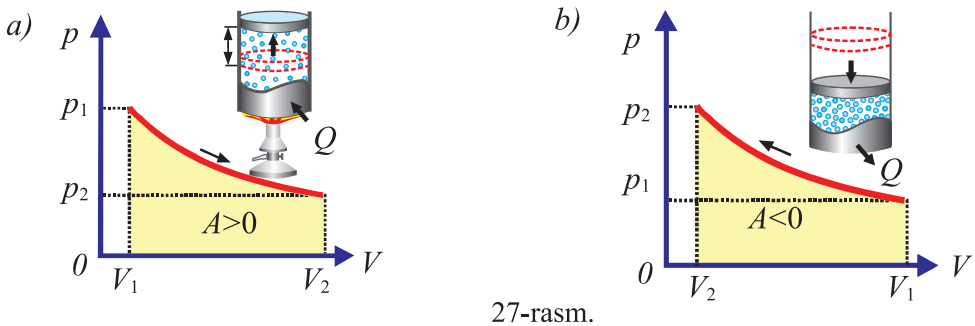
1. Izotermik jarayon (T = const). Ideal gazning temperaturasi o‘zgarmasa, ichki energiyasi ham o‘zgarmaydi va (1) formulada $\Delta U = 0$ bo‘ladi. Bunday holat uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = A. \qquad (2)$$

Izotermik jarayonda **ideal gazga berilgan issiqlik miqdori ish bajarishga sarflanadi.**

Izotermik jarayonda gaz issiqlik olayotgan ($Q > 0$) bo‘lsa, gaz ΔV hajmga kengayadi va musbat ish ($A > 0$) bajaradi. 27-*a,* rasmdagi diagrammada bajarilgan ish bo‘yalgan yuzaga teng bo‘ladi.

Agar gaz tashqi muhitga issiqlik berayotgan ($Q < 0$) bo‘lsa, gaz manfiy ish ($A < 0$) bajarayotgan bo‘ladi. Bunda tashqi sistema gaz ustida ish bajarayotgan bo‘ladi. Bajarilgan ishning kattaligi diagrammada ko‘rsatilgan yuzaga tengdir (27-*b,* rasm).



27-rasm.

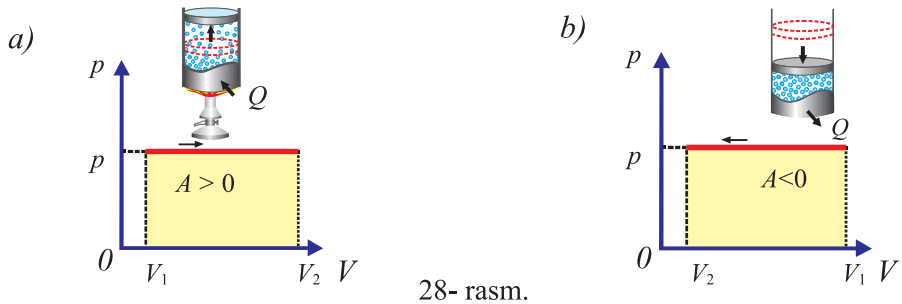
2. Izobarik jarayon (p = const). O‘zgarmas bosim sharoitida gazga issiqlik berilayotgan bo‘lsa, bajarilgan ish $A = p \cdot \Delta V$ bo‘ladi. U holda termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = \Delta U + p \cdot \Delta V. \qquad (3)$$

Izobarik jarayonda **sistemaga berilgan issiqlik sistemaning ichki energiyasini o‘zgartirishga va o‘zgarmas bosimda ish bajarishga sarflanadi.**

Agar gaz o‘zgarmas bosimda isitilayotgan ($Q > 0$) bo‘lsa, gazning ichki energiyasi ortadi ($\Delta U > 0$) va shu bilan bir vaqtda gaz kengayib, musbat ish ($A > 0$) bajaradi. Bajarilgan ishning miqdori diagrammadagi yuzaga teng bo‘ladi (28-*a,* rasm).

Gaz o‘zgarmas bosimda sovitilayotganda ($Q < 0$) gazning ichki energiyasi kamayadi ($\Delta U < 0$), shu bilan bir vaqtda manfiy ish bajariladi ($A < 0$). Bajarilgan ishning kattaligi diagrammada ko‘rsatilgan yuzaga teng bo‘ladi (28-*b,* rasm).



28- rasm.

3. Izoxorik jarayon (V = const). Izoxorik jarayonda gazning hajmi o‘zgarmas bo‘lganligi uchun ($\Delta V = 0$), gaz tashqi kuchlarga qarshi ish bajarmaydi, ya’ni: $A = p \cdot \Delta V = 0$ bo‘ladi. Bunday holat uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = \Delta U. \qquad (4)$$

Izoxorik jarayonda **sistemaga berilgan issiqlikning hammasi sistemaning ichki energiyasini o‘zgartirishga sarflanadi.**

Gaz isitilganda ichki energiyasi ortadi ($\Delta U > 0$), sovitilganda esa ichki energiyasi kamayadi ($\Delta U < 0$).

Adiabatik jarayon

Yuqorida ko‘rilgan izojarayonlarda sistema atrofidagi muhit bilan issiqlik almashinar edi. Endi atrofidagi muhit bilan issiqlik almashmaydigan ($Q = 0$) sistemadagi jarayonni qarab chiqamiz.

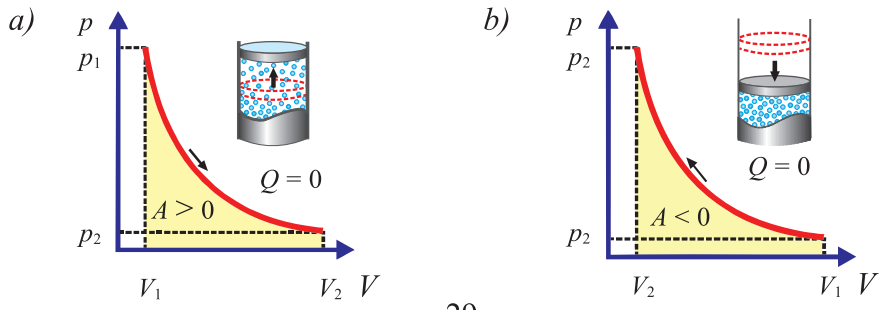
Issiqlik almashmaydigan qilib izolyatsiyalangan sistemadagi jarayon ***adiabatik jarayon*** **deyiladi.**

Adiabatik jarayonda $Q = 0$ bo‘lgani uchun (1)-tenglamadan quyidagi munosabatni olish mumkin: $\Delta U + A = 0$ yoki

$$A = -\Delta U. \qquad (5)$$

Gaz adiabatik kengayganda ichki energiyasi kamayadi ($\Delta U < 0$) . Ish gazning ichki energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi ($A > 0$). Gaz bajargan ishning miqdori diagrammadagi yuzaga teng bo‘ladi (29-*a,* rasm).

Tashqi kuchlar ta’sirida gaz adiabatik siqilganda ichki energiyasi ortadi ($\Delta U > 0$) va gaz ustida ish bajariladi ($A < 0$). Tashqi kuch tomonidan bajarilgan ishning kattaligi diagrammada ko‘rsatilgan yuzaga teng bo‘ladi (29-*b* rasm).



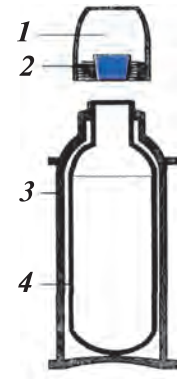
29- rasm.

Adiabatik jarayonda gazning uchta makroskopik parametrlari ***p, V*** **va** ***T*** **o‘zgaradi.**

Gazning tashqi muhit bilan issiqlik almashinishi uchun ma'lum vaqt ketadi. Agar jarayon juda tez sodir bo‘lsa (porshen yordamida gaz tez siqilsa yoki aksincha, tez kengaytirilsa) gaz tashqi muhit bilan issiqlik almashishga ulgurmaydi va jarayon adiabatik jarayonga yaqin bo‘ladi. Gazning adiabatik kengayishida sovishi yoki adiabatik siqilishida isishi turmushda va texnikada ko‘p kuzatiladi. Atmosferadagi havo yuqoriga ko‘tarilib, kengayadi va soviydi. Havoning sovishi natijasida undagi suv bug‘lari kondensatsiyalanib, bulutni hosil qiladi.

1. Termodinamikaning birinchi qonunining ifodasini yozing va uni izohlang.
2. Sistemaga berilgan issiqlik miqdori izotermik, izobarik va izoxorik jarayonlarda qanday sarflanadi?
3. Adiabatik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi? Bunday jarayonga misollar keltiring.
4. Gaz adiabatik kengayganda ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

Tabiatda issiqlikni mutlaqo o‘tkazmaydigan moddalar mavjud emasligi sababli, sistemani atrofdagi jismlardan izolyatsiyalab bo‘lmaydi. Biroq adiabatik izolyatsiyalangan sistemalarga kundalik turmushda ishlatiladigan termos misol bo‘la oladi (30-rasm). Uyingizdagi termosning tuzilishi bilan tanishib, ularni qanday qismlarga ajralishini o‘rganing. Nima ushun termosda choy issiq holatda uzoq vaqt saqlanishini tushuntiring.



30- rasm.

23-§ MASALALAR YECHISH

1-masala. Erkin siljiydigan porshenli silindrik idishda bir atomli gaz bor. Gazga issiqlik miqdori berilishi natijasida gaz tashqi kuchlar ustida 500 J ish bajardi. Gazga qanday issiqlik miqdori berilgan?

Berilgan:	**Formulasi**	**Hisoblash**
p = const A = 500 J.	$Q = \Delta U + A$ $A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T.$	$Q = \frac{5}{2} \cdot 500\,\text{J} = 1250\,\text{J}.$
Topish kerak: Q = ?	$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2}\frac{m}{M} \cdot R\Delta T.$	**Javob:** Q = 1250 J.

U holda izobarik jarayonda sarflangan issiqlik miqdori:

$$Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\cdot\frac{m}{M}R\Delta T + \frac{m}{M}R\Delta T = \frac{5}{2}\cdot\frac{m}{M}R\Delta T = \frac{5}{2}\cdot A.$$

Eslatma: bir atomli gaz izobarik kengayganda sistemaga berilgan issiqlik miqdorining 0,4 qismi tashqi kuchlar ustidan ish bajarishga va 0,6 qismi gazning ichki energiyasining o‘zgarishiga sarflanadi, ya’ni: $A = 0{,}4\cdot Q$ va $\Delta U = 0{,}6\cdot Q$.

2-masala. Metall ballondagi massasi 20 g bo‘lgan geliy gaziga 2500 J issiqlik miqdori berilsa, uning temperaturasi qanday o‘zgaradi?

Berilgan:
V = const
m = 20 g
M = 4 g/mol
Q = 2500 J.

Topish kerak:
ΔT = ?

Yechilishi: izoxorik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdori gaz ichki energiyasining o‘zgarishiga sarf bo‘ladi. Bu jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasini yozamiz: $Q = \Delta U = \frac{3}{2}\cdot\frac{m}{M}R\Delta T.$

Bu tenglamadan foydalanib gaz temperaturasining o‘zgarishini hisoblaymiz:

$$\Delta T = \frac{2Q\cdot M}{3\cdot m\cdot R}; \qquad [\Delta T] = \frac{\mathrm{J}\cdot\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{mol}}}{\mathrm{kg}\cdot\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{K}}} = \mathrm{K}.$$

$$\Delta T = \frac{2\cdot 2500\cdot 4\cdot 10^{-3}}{3\cdot 20\cdot 10^{-3}\cdot 8{,}31}\,\mathrm{K} = 40\,\mathrm{K}.$$

Javob: ΔT = 40 K.

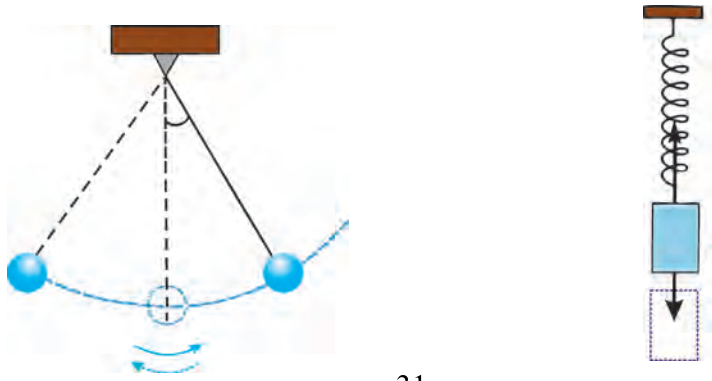
M 17

1. Izotermik jarayonda gazga 5 kJ issiqlik berilgan bo‘lsa, gaz ustida qancha ish bajarilgan bo‘ladi?
2. Izoxorik jarayonda gazga 2,8 kJ issiqlik miqdori berilsa, gazning ichki energiyasi qanchaga o‘zgaradi?
3. Gazga 3,5 kJ issiqlik berilganda uning ichki energiyasi 2,1 kJ ga ortadi. Gaz ustida qancha ish bajarilgan?
4. Normal sharoitda bir atomli gazga issiqlik berilganda, gaz izobarik ravishda 0,05 m^3 kengaydi. Gazning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?
5. Metall ballondagi 25 mol bir atomli ideal gazning temperaturasini 20 K ga orttirish uchun unga qancha issiqlik miqdori berish kerak?
6. Silindrik idishdagi erkin siljiydigan porshen ostida bir atomli gaz bor. Gaz bosimi 10^5 Pa ga teng. Unga qancha issiqlik miqdori berilsa, hajmi 2 l ga oshadi?
7. Ballondagi bir atomli ideal gazga 500 J issiqlik miqdori berilganda, uning temperaturasi 40 K ga oshdi. Ballondagi gazning miqdori qanday bo‘lgan?

24-§. ISSIQLIK JARAYONLARINING QAYTMASLIGI. TERMODINAMIKANING IKKINCHI QONUNI

Qaytar va qaytmas jarayonlar

Tabiatda har qanday jarayon qaytmas jarayondir. Ammo qaytar jarayonga ancha yaqin bo‘lgan mexanik jarayonlar ham mavjud. Masalan, izolyatsiyalangan sistemada ishqalanish va noelastik deformatsiya bo‘lmagan sharoitda o‘tadigan barcha mexanik jarayonlar qaytar jarayonlar bo‘ladi. Bunday jarayonga osmaga osilgan matematik mayatnikning va prujinaga osilgan yukning tebranishi misol bo‘ladi (31-rasm).



31-rasm.

Sistemada jarayon avvaliga bir yo‘nalishda, so‘ngra unga teskari bo‘lgan yo‘nalishda sodir bo‘lib, u o‘zining boshlang‘ich holatiga qaytib kelganida tashqi muhitda hech qanday o‘zgarish sodir bo‘lmasa, bunday jarayon qaytar jarayon deyiladi.

Issiqlik jarayonlari mexanik jarayonlardan tubdan farq qiladiki, ularning barchasi qaytmasdir. Qaytmas jarayonlarni quyidagi misollarda ko‘rib chiqaylik.

1. Isitilgan jismlar o‘z energiyasining bir qismini atrofdagi sovuqroq jismlarga berib, asta-sekin soviydi. Lekin bunga teskari jarayon, ya’ni sovuq jismdan issiq jismga issiqlik uzatish jarayoni hech qachon yuz bermaydi.

2. Bir-biri bilan jo‘mrakli nay orqali tutashtirilgan gazli va gazsiz idishlar orasidagi jo‘mrakni ochsak, gazning bir qismi bo‘sh idishga o‘tadi. Natijada ikkala idishdagi gazning bosimi tenglashadi. Lekin qancha vaqt o‘tmasin, gaz o‘z-o‘zidan avvalgi holatiga qaytmaydi.

3. Miltiqdan otilgan o‘q to‘siqqa urilib, o‘zini ham, to‘siqni ham isitadi. Ularning ichki energiyalari ortadi. Lekin teskari jarayon, ya’ni o‘q va to‘siqning ichki energiyasi o‘z-o‘zidan o‘qning mexanik energiyasiga aylanib, o‘qni qaytadan harakatga keltirmaydi.

Bu misollardan ko‘rinadiki, tabiatdagi barcha jarayonlar faqat tayinli bir yo‘nalishda sodir bo‘lishini bildiradi. Ular o‘z-o‘zidan teskari yo‘nalishda sodir bo‘la olmas ekan.



Sistemada jarayon sodir bo‘lib, o‘z holatidan chiqarilganda u o‘z-o‘zidan yoki tashqi muhitda biror o‘zgarish sodir qilmay, boshlang‘ich holatiga qaytmasa, bunday jarayon qaytmas jarayon deyiladi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni

Nemis olimi R. Klauzius qaytmas jarayonlar to‘g‘risida tasavvurlarni umumlashtirib termodinamikaning ikkinchi qonunini quyidagicha ta’riflagan.



Agar sovuqroq sistema bilan issiqroq sistemaning ikkalasida yoki atrofdagi jismlarda biror o‘zgarish bo‘lmasa, sovuqroq sistemadan issiqroq sistemaga issiqlik o‘tkazib bo‘lmaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonunining muhimligi shundan iboratki, bu qonun faqat issiqlik uzatish jarayonining qaytmas jarayon ekanligi to‘g‘risidagina emas, balki tabiatdagi boshqa jarayonlarning ham qaytmas jarayon ekanligi to‘g‘risida xulosa chiqarish mumkin. Masalan, kishi organizmining qarish jarayonini teskarisiga aylantirish mumkin emas.



1. Qaytar va qaytmas jarayonlarni ta’riflab, issiqlik jarayonlarining mexanik jarayonlardan farqini tushuntiring.
2. Qaytmas issiqlik jarayonlariga misollar keltiring.
3. Qaytmas jarayonlar uchun termodinamikaning ikkinchi qonunini ta’riflang.

25-§. LABORATORIYA ISHI. TURLI TEMPERATURALI SUV ARALASHTIRILGANDA ISSIQLIK MIQDORLARINI TAQQOSLASH

Ishning maqsadi: issiqlik almashayotgan suyuqliklar orasida issiqlik balans tenglamasini tekshirib ko‘rish.

Kerakli jihozlar: 1 *l* sig‘imli ikkita idish, termometr, menzurka, issiq va sovuq suv.

Ishni bajarish tartibi

1. Menzurka yordamida m_1 massali issiq suvni o‘lchab, birinchi idishga quying va uning temperaturasi t_1 ni o‘lchang.

2. Menzurka yordamida m_2 massali sovuq suvni o‘lchab ikkinchi idishga quying va uning temperaturasi t_2 ni o‘lchang.

3. Ikkinchi idishdagi sovuq suvni birinchi idishdagi issiq suvning ustiga quying va aralashmaning muvozanatlashgan temperaturasi t ni o‘lchang.

4. Aralashmada issiq suv bergan issiqlik miqdorini $Q_1 = cm_1(t_1 - t)$ formula yordamida hisoblang. Bunda c suvning solishtirma issiqlik sig‘imi.

5. Aralashmada sovuq suv olgan issiqlik miqdorini $Q_2 = cm_2(t - t_2)$ formula yordamida hisoblang.

6. Aralashtiriladigan issiq va sovuq suvning massalarini o‘zgartirib, 1 va 5-bandlarga muvofiq ishni uch marta takrorlang.

7. O‘lchash va hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga yozing.

№	m_1, kg	t_1, °C	m_2, kg	t_2,°C	t, °C	c, J/kg· K	Q_1, J	Q_2, J
1								
2								
3								



1. O‘lchash va hisoblash natijalari asosida olingan Q_1 va Q_2 issiqlik miqdorlarining qiymatlarini taqqoslang. Nima uchun $Q_1 = Q_2$ shart bajarilishi kerak?

2. Issiqlik miqdori formulasida nima sababdan absolyut temperaturalar ayirmasi o‘rniga Selsiy shkalasi bo‘yicha o‘lchangan temperaturalar ayirmasini qo‘llash mumkin?

II BOBNI TAKRORLASH UCHUN TEST TOPSHIRIQLARI

1. Miqdori 4 mol argon gazi 30 °C dan –70 °C gacha sovitilganda, uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

A) 5 kJ ga kamayadi; B) 2,5 kJ ga kamayadi;
C) 1,5 marta kamayadi; D) 3 marta kamayadi.

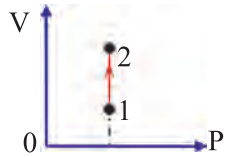
2. Bir atomli ideal gazning hajmi 2 m^3 va ichki energiyasi 3000 J bo‘lsa, uning bosimi nimaga teng (Pa)?

A) 1000; B) 500; C) 800; D) 1500.

3. Temperaturasi 30 °C va ichki energiyasi 3030 J bo‘lgan geliy gazining massasini aniqlang (g).

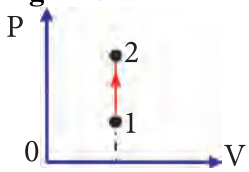
A) 2,2; B) 3,2; C) 10; D) 4,8.

4. Grafikda tasvirlangan jarayonda ideal gazning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?



A) kamayadi;
B) ortadi;
C) o‘zgarmaydi;
D) oldin ortadi, keyin kamayadi.

5. Ideal gaz 1-holatdan 2-holatga o‘tganda uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?



A) o‘zgarmaydi;
B) kamayadi;
C) ortadi;
D) avval kamayadi, so‘ngra ortadi.

6. Bir atomli gazning bosimi 25 % ga kamayib, hajmi 60 % ga oshsa, uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

A) 1,4 marta kamayadi; B) 1,2 marta ortadi;
C) 1,8 marta ortadi; D) 1,6 marta kamayadi.

7. Moddaning issiqlik sig‘imi quyidagi parametrlarning qaysi biriga bog‘liq?

A) issiqlik miqdoriga; B) modda massasiga;
C) boshlang‘ich temperaturaga; D) moddaning turiga.

8. Temperaturasi 10 °C bo‘lgan 1 kg suvga 200 g qaynoq suv qo‘shib aralashtirildi. Aralashma temperaturasini toping (°C).

A) 35; B) 45; C) 40; D) 25.

9. Massasi 8 kg va 90 °C temperaturaga ega bo‘lgan suvga 20 °C temperaturadagi suvdan qancha qo‘shganda, aralashma harorati 30 °C ga teng bo‘ladi?

A) 40 kg; B) 24 kg; C) 48 kg; D) 16 kg.

10. 210 m balandlikdan tushgan suv bajargan ishning 70 % uning temperaturasini qanchaga ko‘taradi (K)?

A) 4,2; B) 2,1; C) 0,6; D) 0,35.

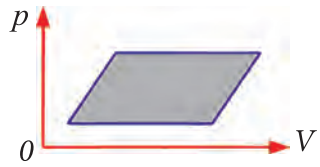
11. Qaysi jarayonda gaz ish bajarmaydi?

A) izoxorik; B) izobarik; C) izotermik; D) adiabatik.

12. Ushbu $p \cdot \Delta V$ ko‘paytmaning o‘lchov birligini ko‘rsating.

A) Joul; B) Paskal; C) litr; D) mol.

13. Rasmdagi bo‘yalgan yuzaning fizik ma’nosi nimadan iborat bo‘ladi?



A) bajarilgan ishga teng;
B) temperaturaning o‘zgarishiga teng;
C) bosimning o‘zgarishiga teng;
D) fizik ma’nosi yo‘q.

14. 10^5 Pa bosim ostida turgan ideal gazning hajmi izobarik ravishda 300 dan 500 cm^3 gacha oshdi. Bunda gaz necha Joul ish bajargan?

A) 10; B) 20; C) 50; D) 200.

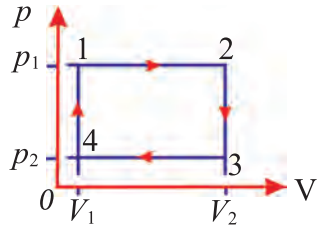
15. Kislorod gazi 14 K ga izobarik qizdirilganda, 8310 J ish bajarildi. Kislorodning massasini aniqlang (kg).

A) 2; B) 3,2; C) 1,6; D) 0,32.

16. 5 mol gaz izobarik ravishda 20 K ga qizdirilganda bajarilgan ishni toping.

A)830; B)1000; C) 420; D) 560.

17. Ideal gazning rasmda ko‘rsatilgan siklni o‘tishda bajargan ishini hisoblab toping.



A) $(p_1 - p_2)(V_2 - V_1)$;
B) $p_1(V_2 - V_1)$;
C) $p_2(V_2 - V_1)$;
D) $(p_2 - p_1)V_2$.

18. Ideal gaz izobarik isitilganda, uning hajmi 40 % ga oshsa, gaz tashqi kuchlar ustidan qanday ish bajaradi?

A) 40 pV; B) 4 pV; C) 0,6 pV; D) 0,4 pV.

19. Termodinamikaning birinchi qonuni nimani tavsiflaydi?

A) mexanik energiyaning saqlanishini;
B) elastik deformatsiya energiyasini;
C) issiqlik muvozanatini;
D) energiyaning saqlanish qonunini.

20. Gazning izotermik kengayishida uning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

A) ortadi; C) o‘zgarmaydi;
B) kamayadi; D) ichki energiya ixtiyoriy bo‘lishi mumkin.

21. Termodinamikaning birinchi qonuni adiabatik jarayon uchun qanday ko‘rinishda yoziladi? Javoblardan to‘g‘risini tanlang.

A) $Q = \Delta U + A$; B) $Q = \Delta U$; C) $A + \Delta U = 0$; D) $Q = \Delta U - A$.

22. Agar erkin siljiy oladigan porshenli tik turgan silindrik idishdagi bir atomli gazga 375 J issiqlik miqdori uzatilsa, qancha ish bajariladi (J)?

A) 300; B) 240; C) 200; D) 150.

23. Agar erkin siljiy oladigan porshenli tik turgan silindrik idishdagi bir atomli gazga 750 J issiqlik miqdori uzatilsa, gazning ichki energiyasi qancha ortadi (J)?

A) 500; B) 450; C) 300; D) 250.

24. Silindrik idishdagi erkin siljiydigan porshen ostida bir atomli gaz bor. Gaz bosimi $1{,}5 \cdot 10^5$ Pa ga teng. Unga qancha issiqlik miqdori berilsa, hajmi 2 *l* ga oshadi (J)?

A) 1662; B) 500; C) 750; D) 150.

25. Berilgan jumlaning mazmuniga mos ravishda gapni davom ettiring: Adiabatik jarayonda ...

A) *V, T* va *p* o‘zgaradi va tashqi muhit bilan issiqlik almashinish bo‘lmaydi;
B) *V* va *T* o‘zgaradi, *p* o‘zgarmaydi;
C) *p* va *T* o‘zgaradi, *V* o‘zgarmaydi;
D) *p* va *V* o‘zgaradi, *T* o‘zgarmaydi.

26. Ideal gazni adiabatik siqishda 50 MJ ish bajarildi. Bunda gazning ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

A) nolga teng bo‘ladi; B) 50 MJ ga ortadi;
C) 50 MJ ga kamayadi; D) 25 MJ ga ortadi.

27. Bir atomli gazga issiqlik berilganda, gaz izobarik ravishda 0,05 m^3 kengaydi. Agar gazning bosimi 10^5 Pa bo‘lsa, gazning ichki energiyasi necha kJ ortgan?

A) 7,5; B) 5,5; C) 7; D) 12.

28. Massasi 580 g bo‘lgan havoni 40 K ga izobarik qizdirishda qancha ish bajariladi (J)? Havoning molyar massasi 29 g/mol ga teng.

A) 6648; B) 4564; C) 2050; D)1518.

29. Massasi 100 g bo‘lgan geliyning temperaturasi 8 K ga ortganda, uning ichki energiyasi qanchaga o‘zgaradi (J)?

A) 3408; B) 4546; C) 4028; D) 2493.

II BOB YUZASIDAN MUHIM XULOSALAR

Ichki energiya	Jismni tashkil qilgan barcha zarralarning kinetik energiyalari bilan barcha molekulalarning o‘zaro ta’siri potensial energiyalari yig‘indisi shu jismning ichki energiyasiga tengdir, ya’ni: $U = E_k + E_p$
Ideal gazning ichki energiyasi	Bir atomli ideal gazning ichki energiyasi $U = \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT = \frac{3}{2}pV$
Termodinamik ish	Gazning hajmi o‘zgarganda, u tashqi bosim kuchiga qarshi ish bajaradi. Bu ish **termodinamik ish** deb ataladi. Izobarik jarayonda bajarilgan ish quyidagi ifodaga ko‘ra hisoblanadi: $A = p\Delta V = \frac{m}{M}R\Delta T$
Universal gaz doimiysi	Universal gaz doimiysi son jihatdan bir mol gazni bir kelvinga izobarik qizdirilganda shu gaz tomonidan bajarilgan ishga teng.
Issiqlik almashinuv yoki issiqlik uzatish	Bir jismdan ikkinchi jismga ish bajarmasdan energiya uzatish jarayoniga issiqlik almashinuv yoki issiqlik uzatish deyiladi.
Issiqlik miqdori	Issiqlik uzatish vaqtida jism olgan yoki yo‘qotgan ichki energiya miqdorini belgilovchi fizik kattalikka issiqlik miqdori deyiladi.
Jism olgan yoki yo‘qotgan issiqlik miqdorini hisoblash	Issiqlik uzatilish jarayonida jismning temperaturasi t_1 qiymatidan t_2 qiymatiga o‘zgargan bo‘lsa, jism olgan yoki yo‘qotgan issiqlik miqdori: $Q = mc(t_2 - t_1)$
1 kaloriya ($1kal$)	1 gramm distillangan suvni 1°C gacha isitish uchun kerak bo‘lgan issiqlik miqdorini *1 kaloriya* deb atash qabul qilingan**.**
Moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi	Massasi 1kg bo‘lgan moddaning temperaturasini 1°C ga o‘zgartirish uchun kerak bo‘lgan issiqlik miqdorini tavsiflovchi fizik kattalikka moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi deyiladi.

Issiqlik balansi tenglamasi	Issiqlik almashinishi natijasida ichki energiyalari kamaygan jismlarning uzatgan issiqlik miqdorlarining yig‘indisi, ichki energiyalari ortgan jismlarning qabul qilgan issiqlik miqdorlarining yig‘indisiga teng, ya’ni $Q_1 + Q_2 + ... + Q_n = Q_1' + Q_2' + ... + Q_n'$ bu yerda Q_1, Q_2, ... Q_n –issiqroq jismlarning bergan issiqlik miqdorlari, Q'_1, Q'_2, ... Q'_n esa sovuqroq jismlarning olgan issiqlik miqdorlari.
Solishtirma yonish issiqligi	1 kg yoqilg‘i batamom yonganda undan ajralib chiqadigan issiqlik miqdoriga yoqilg‘ining solishtirma yonish issiqligi deb ataladi. Yoqilg‘ining solishtirma yonish issiqligi q harfi bilan belgilanadi.
Yoqilg‘i yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori	Massasi m bo‘lgan har qanday yoqilg‘i yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori Q ni hisoblash uchun uning solishtirma yonish issiqligi q ni batamom yongan yoqilg‘ining massasiga ko‘paytirish kerak, ya’ni: $Q = q \cdot m$
Termodinamikaning birinchi qonuni	Sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini o‘zgartirishga va sistemaning tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishiga sarflanadi, ya’ni: $Q = \Delta U + A$
Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni	Izotermik jarayon (T = const). Ideal gazning temperaturasi o‘zgarmasa, ichki energiyasi ham o‘zgarmaydi va $\Delta U = 0$ bo‘ladi. Bunday holat uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi: $Q = A$. Izotermik jarayonda ideal gazga berilgan issiqlik ish bajarishga sarflanadi. Izotermik jarayonda gaz issiqlik olayotgan ($Q > 0$) bo‘lsa, gaz ΔV hajmga kengayadi va musbat ish ($A > 0$) bajaradi.

Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni	Izoxorik ($\Delta V = 0$) jarayonda $A = p \cdot \Delta V = 0$ bo‘ladi, ya’ni ish bajarilmaydi. Bunday holat uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi: $Q = \Delta U$. Izoxorik jarayonda sistemaga berilgan issiqlikning hammasi sistemaning ichki energiyasining o‘zgartirishiga sarflanadi.
Adiabatik jarayon	Issiqlik almashmaydigan qilib izolyatsiyalangan sistemadagi jarayon ***adiabatik jarayon*** deyiladi. Adiabatik jarayonda $Q = 0$. Gaz adiabatik kengayganda (yoki siqilganda) gazning uchta makroskopik parametrlari p, V va T o‘zgaradi.
Gazning adiabatik kengayishi	Gaz adiabatik kengayganda musbat ish bajaradi, ya’ni gaz tashqi kuchlar ustidan ish bajaradi. Ammo gaz adiabatik kengayganda uning ichki energiyasi va bosimi kamayadi.
Gazning adiabatik siqilishi	Gaz adiabatik siqilganda manfiy ish bajariladi, ya’ni gaz ustidan tashqi kuchlar ish bajaradi. Gaz adiabatik siqilganda uning ichki energiyasi va bosimi ortadi.
Qaytar jarayon	Sistemada jarayon avvaliga bir yo‘nalishda, so‘ngra unga teskari bo‘lgan yo‘nalishda sodir bo‘lib, u o‘zining boshlang‘ich holatiga qaytib kelganida tashqi muhitda hech qanday o‘zgarish sodir bo‘lmasa, bunday jarayon qaytar jarayon deyiladi.
Qaytmas jarayon	Sistemada jarayon sodir bo‘lib, o‘z holatidan chiqarilganda u boshlang‘ich holatiga qaytmasa, bunday jarayon qaytmas jarayon deyiladi.
Termodinamikaning ikkinchi qonuni	Agar sovuqroq sistema bilan issiqroq sistemaning ikkalasida yoki atrofdagi jismlarda biror o‘zgarish bo‘lmasa, sovuqroq sistemadan issiqroq sistemaga issiqlik o‘tkazib bo‘lmaydi.

III BOB
ISSIQLIK DVIGATELLARI

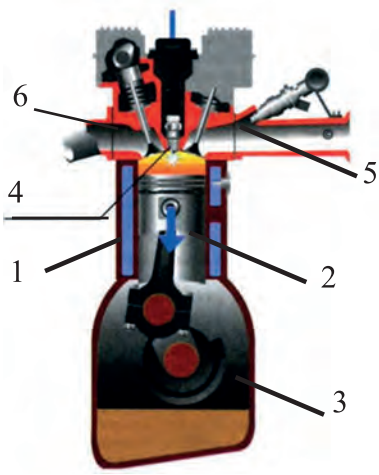
26-§. ICHKI YONUV DVIGATELLARI

Sanoatda va turmushda ishlatiladigan dvigatellarning ko‘pchiligi issiqlik dvigatellaridir. Issiqlik dvigatellarining bir necha turlari mavjud: ichki yonuv dvigateli, dizel dvigateli va reaktiv dvigatellar.

Issiqlik dvigateli deb, issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan qurilmaga aytiladi.

Ichki yonuv dvigateli

Eng ko‘p tarqalgan issiqlik dvigateli **ichki yonuv dvigatelidir**. Bu dvigatelda yonilg‘i dvigatel silindri ichida yonadi. Shu bois, u ichki yonuv dvigateli nomi bilan ataladi. Ichki yonuv dvigatellari suyuq yonilg‘i (benzin, kerosin) yoki yonuvchi gaz (metan, propan, oktan) bilan ishlaydi. 32-rasmda eng sodda (bir silindrli) ichki yonuv dvigatelining kesimi ko‘rsatilgan. Dvigatel silindri (1) ichidagi porshen (2) yuqoriga va pastga harakatlanadi. Porshen tirsakli val (3) ga shatun (4) orqali mahkamlangan. Silindrning ustki qismida yonilg‘ini o‘t oldiradigan svecha (5) o‘rnatilgan. Porshen yuqoriga ko‘tarilgan vaziyatida klapan (6) ochilib silindr ichiga yonuvchi aralashma (benzin va havo) so‘riladi va svecha yonuvchi aralashmani shu onda yondiradi. Porshen ustida yoqilg‘i yongach silindr ichidagi havo 1600 – 1800 ^{0}C temperaturagacha ko‘tariladi. Natijada porshen ustidagi bosim keskin ortadi. Gaz kengayib porshen pastga suriladi, bunda kengaygan gaz mexanik ish bajaradi va klapan (7) ochilib ishlatib bo‘lingan gaz tashqariga chiqariladi. Bunday dvigatel uzluksiz ishlab turishi uchun, dvigatel silindrida yonuvchi aralashmaning davriy ravishda yonishini ta’minlash lozim. Mamlakatimizda ishlab



32 -rasm.

chiqarilayotgan NEXIA, JENTRA, MATIZ yengil avtomobillariga injektorli ichki yonuv dvigatellari o‘rnatilgan (33 - rasm).





33 - rasm.

Dizel dvigateli

Ichki yonuv dvigateliga nisbatan foydali ish koeffitsiyenti yuqori bo‘lgan dvigatelni 1893-yilda nemis injeneri ***Rudolf Dizel*** yaratdi. Shu bois bunday turdagi dvigatel dizel dvigateli deb nomlanadi. Dizel dvigatelida yonilg‘ini o‘t oldiradigan svecha bo‘lmaydi. Porshen ustidagi havoni siqish darajasi injektorli (karbyurator) dvigatellarnikiga qaraganda yuqori bo‘ladi. Silindr ichidagi gazning juda tez siqilishi natijasida gazning temperaturasi keskin ortib ketadi. Shu onda silindr ichiga maxsus forsunka suyuq yoqilg‘ini purkaydi (34-rasm). Natijada yoqilg‘i alangalanib ketadi. Mamlakatimizda ishlab chiqilayotgan MAN og‘ir yuk mashinalariga va mikroavtobuslarga dizel dvigatellari qo‘yilgan (35-rasm).



34-rasm.

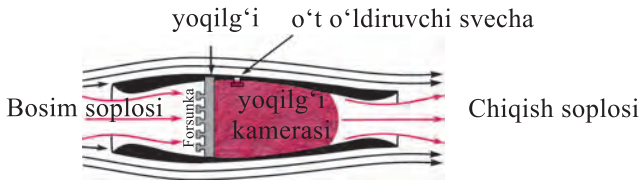


35-rasm.

Reaktiv dvigatellari

Reaktiv samolyot va kosmik raketalar reaktiv dvigatel yordamida harakatlanadi**.** Reaktiv dvigatellar quyidagi asosiy qismlardan iborat: yonilg‘i baki, yonilg‘i yonadigan kamera, yonilg‘ini kameraga yetkazib beradigan va yonilg‘i yonganda hosil bo‘lgan gazni tashqariga chiqaradigan (saplo) qismdan iborat. 36-rasmda reaktiv dvigatelning sxematik ko‘rinishi keltirilgan.





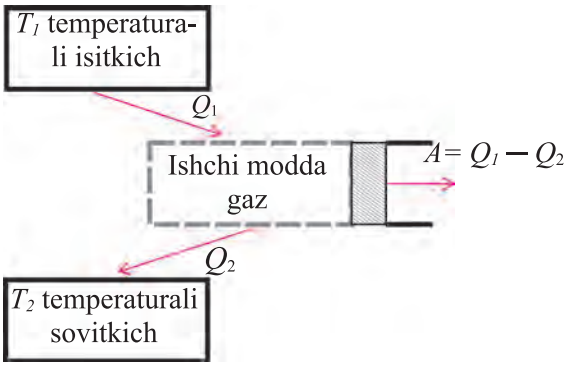
36-rasm.

Kosmik kemalar reaktiv dvigatelining yonilg‘isi ham, ishchi moddasi ham o‘zida bo‘ladi. Shu bois, uning ishlashi atrofdagi muhitga bog‘liq bo‘lmaydi.

1. Ichki yonuv dvigatelining ishlash prinsipini tushuntiring.
2. Dizel dvigatelining ishlash prinsipi injektorli dvigatelnikidan qanday farq qiladi?
3. Reaktiv dvigatelning ishlash prinsipini tushuntiring.

27-§. ISSIQLIK DVIGATELLARINING ISHLASH PRINSIPI

Issiqlik dvigatellarining barchasida ishchi jism (ish bajaradigan jism) gaz bo‘lib, u kengayganda ish bajariladi. Har qanday issiqlik dvigateli Q_1 issiqlik miqdorini beradigan T_1 temperaturali isitkich, Q_2 issiqlik miqdorini oladigan T_2 temperaturali sovitkich va mexanik ish bajaradigan ishchi modda (gaz)dan tashkil topgan (37-rasm).

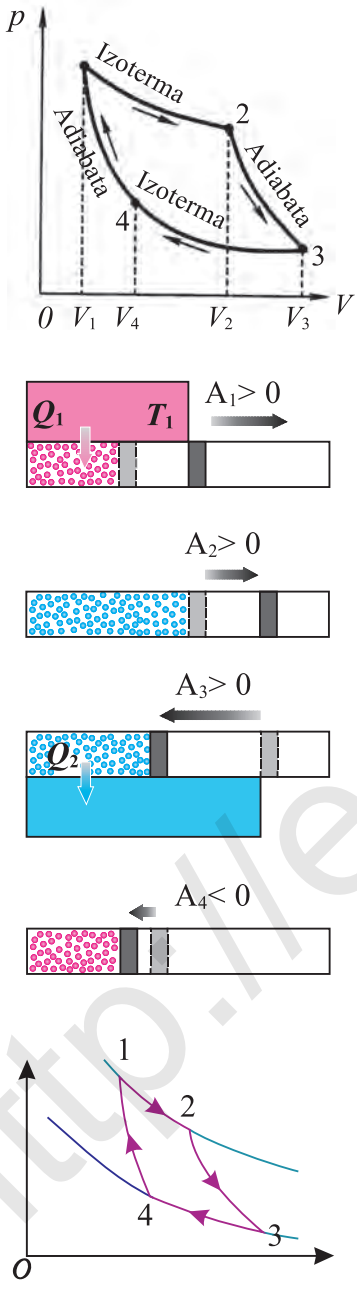


37-rasm

Issiqlik dvigatelining ishlash prinsipi quyidagicha:

1. Har qanday issiqlik dvigatelida yonilg‘ining ichki energiyasi mexanik energiyaga aylanadi.
2. Issiqlik dvigatellarining ishlashi uchun turli temperaturali isitkich va sovitkichning bo‘lishi shart.
3. Istalgan issiqlik dvigatelining ishlashi ishchi jism (masalan, gaz) holati o‘zgarishining takrorlanuvchi sikllaridan iborat bo‘ladi.

Birinchi bo‘lib fransuz injeneri Sadi Karno tomonidan to‘rt siklli ideal issiqlik dvigatelining ishlash prinsipi tushuntirib berildi. Bu ideal issiqlik dvigatelining ishlash sikli ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat (38-rasm).



38- rasm.

1-holatda turgan ishchi jismning (gazning) boshlang‘ich temperaturasini T_1 deb belgilaylik. 1-holatda turgan gaz T_1 temperaturada izotermik kengayib, 2-holatga o‘tadi. Bu paytda gaz isitkichdan Q_1 ga teng issiqlik miqdori olib, tashqi kuchga qarshi A_1 ish bajaradi.

2-holatga o‘tgandan so‘ng gaz isitkich bilan kontaktdan ajraladi. Natijada gazning adiabatik kengayishiga imkoniyat yuzaga keladi va ishchi modda 3-holatga o‘tadi. Bunda gaz o‘zining ichki energiyasi hisobiga tashqi kuchlarga qarshi A_2 ish bajaradi. Ish bajarilganda gazning ichki energiyasi kamayadi, natijada uning temperaturasi T_1 dan T_2 temperaturagacha pasayadi. Ammo bu temperatura atrofdagi muhitning temperaturasidan ancha yuqori bo‘ladi.

Gaz 3-holatga o‘tgandan so‘ng uning temperaturasi T_2 bo‘lgan sovitkich bilan kontaktga keladi. Bu holatdan gazni tashqi kuchlarga qarshi 4-holatga o‘tish jarayonida izotermik siqiladi. Bunda tashqi kuchlar gazni siqib A_3 ish bajaradi. Shuningdek, ishchi modda sovitkichga Q_2 issiqlik beradi.

Gaz 4-holatga erishgandan so‘ng ishchi modda sovitkichdan ajraladi va 1-holatga adiabatik o‘tadi. Bunda gaz adiabatik siqilib uning ustidan tashqi kuchlar yana A_4 ish bajaradi. Shuningdek, gaz temperaturasi T_2 dan T_1 gacha ko‘tariladi.

Karno sikli bo‘yicha ishlayotgan issiqlik dvigatelining bajargan foydali ishi $A_{foy} = Q_1 - Q_2$ ifoda orqali aniqlanadi. Bunda Q_1 – isitkichdan olingan issiqlik miqdori, Q_2 – sovitkichga berilgan issiqlik miqdori.

http://e-dtp.uz

Issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsiyenti (FIK)

Issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsiyenti (FIK) deb, dvigatel bajargan A_{foy} ishning isitkichdan olingan Q_1 issiqlik miqdoriga nisbatiga aytiladi, ya'ni:

$$\eta = \frac{A_{foy}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{yoki} \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\% \qquad (1)$$

Barcha dvigatellarda ma'lum miqdor issiqlik sovitkichga berilgani uchun hamma hollarda FIK $\eta < 1$ bo'ladi. Hozirgi issiqlik mashinalarida FIKning (foizlarda olingandagi) o'rtacha qiymati dizel dvigatellarida ~ 40%, karbyuratorli dvigatellarining foydali ish koeffitsiyenti 25–30 % ni tashkil qiladi.

Termodinamika qonunlari isitkichning temperaturasi T_1 va sovitkichning temperaturasi T_2 bo'lgan issiqlik dvigatelining erishish mumkin bo'lgan eng katta FIK ni hisoblashga imkon beradi. Buni birinchi bo'lib fransuz injeneri va olimi ***Sadi Karno*** hisoblab topdi. Ideal issiqlik mashinasi uchun FIKning qiymatini quyidagi ifoda asosida aniqlanadi, ya'ni:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% \qquad (2)$$

Demak, ideal issiqlik mashinalarining FIK faqat isitkich va sovitkich temperaturalarining farqiga to'g'ri proporsional ekan. Issiqlik mashinasi FIK ni oshirish uchun isitkichning temperaturasini ko'tarib, sovitkichning temperaturasini pasaytirish kerak bo'ladi. Agar isitkich va sovutkich temperaturalarining farqi $T_1 - T_2 = 0$ bo'lsa, dvigatel ish bajara olmaydi.

1. Issiqlik dvigatelida isitkich, sovitkich va ishchi jismning ahamiyati qanday?
2. Karno sikli qanday jarayonlardan iborat?
3. Karno siklining ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Issiqlik mashinalari bajargan foydali ish qanday aniqlanadi?
5. Dvigatelning foydali ish koeffitsiyenti qanday hisoblanadi?

Mamlakatimizda faoliyat olib borayotgan «GENERAL MOTORS» kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan ichki yonuv dvigatelini tashqi ko'rinishi.



28-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Issiqlik mashinasi bir siklda 600 J ish bajaradi va bunda u sovitkichga 600 J issiqlik beradi. Issiqlik mashinasining FIK ni toping.

Berilgan:
$A = 600$ J
$Q_2 = 600$ J

Topish kerak:
$\eta = ?$

Yechilishi: Karno sikli bo‘yicha ishlayotgan issiqlik dvigatelining bajargan foydali ishi $A=Q_1-Q_2$ ifoda orqali aniqlanadi. Shuningdek, issiqlik dvigatelining FIK dvigatel bajarayotgan A ishning isitkichdan olingan Q_1 issiqlik miqdoriga nisbati bilan aniqlanadi, ya’ni: $\eta = \frac{A}{Q_1}$.

Bundan $\eta = \frac{A}{A+Q_2}\cdot 100\ \% = \frac{600\,J}{600\,J+600\,J}\cdot 100\ \% = 50\ \%$.

Javob: $\eta = 50\ \%$.

2-masala. Karno siklida ishlayotgan bug‘ turbinasiga temperaturasi 480 °C bo‘lgan bug‘ kirib, undan 130 °C temperaturada chiqsa, trubinaning FIKni aniqlang.

Berilgan:
$t_1 = 480$ °C,
$T_1 = t_1 + 273 = 753$ K
$t_2 = 130$ °C,
$T_2 = t_2 + 273 = 403$ K

Topish kerak:
$\eta = ?$

Yechilishi: isitkichning temperaturasi T_1 va sovitkichning temperaturasi T_2 bo‘lgan issiqlik dvigatelining FIK ni

$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}\cdot 100\%$ ifoda orqali hisoblaymiz.

$\eta = \frac{753K - 403K}{753K}\cdot 100\ \% \approx 46{,}5\%$ **Javob:** $\eta \approx 46{,}5\ \%$.

3-masala. Issiqlik mashinasidan isitkichning temperaturasi 237 °C, sovitkichniki 67 °C. Agar bir siklda isitkichdan 1800 J issiqlik miqdori olinsa, mashina bir siklda qancha ish bajaradi?

Berilgan:
$t_1 = 237$ °C,
$T_1 = t_1 + 273 = 510$ K
$t_2 = 67$ °C,
$T_2 = t_2 + 273 = 340$ K
$Q_1 = 1800$ J

Topish kerak: $A = ?$

Yechilishi: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ (1) $\eta = \frac{A}{Q_1}$. (2)

(1) va (2) ifodani tenglashtiramiz.

Bu munosabatlardan dvigatelning bajargan ishi: $A = \frac{T_1 - T_2}{T_1}\cdot Q_1$

$A = \frac{510K - 340K}{510K}\cdot 1800\ \text{J} = 600\ \text{J}$.

Javob: A= 600 J.

M 18

1. Ishchi jism (gaz) isitkichdan 840 J issiqlik oldi. Agar issiqlik dvigateli FIK 30 % bo‘lsa, gaz qancha ish bajaradi?
2. Isitkichning temperaturasi 477 °C, sovitkichniki 27 °C bo‘lgan issiqlik mashinasining maksimal FIKni hisoblang.
3. Ideal issiqlik dvigatelining FIK 62,5 % bo‘lishi uchun uning isitkichdagi temperaturasi qanday bo‘lishi kerak? Sovitkichning temperaturasi 300 K ga teng.
4. Agar isitkichning temperaturasi 127 °C, sovitkichning temperaturasi 7 °C bo‘lgan ideal issiqlik mashinasi bir siklda isitkichdan 1300 J issiqlik olsa, bajariladigan foydali ish nimaga teng?
5. Foydali ish koeffitsiyenti 40 % bo‘lgan issiqlik mashinasi bitta siklda sovitkichga 63 kJ issiqlik beradi. Mashina bitta siklda qancha ish bajaradi?
6. Ideal issiqlik dvigatelida sovitkichning temperaturasi 62 °C, issiqlik dvigatelining FIK 50 % bo‘lsa, isitkich bilan sovitkich temperaturalari orasidagi farq qanday?
7*. Karno siklida ishlaydigan ideal mashinada isitkich va sovitkich temperaturalarining nisbati 5 ga teng. Agar bir siklda sovitkichga 180 kJ issiqlik berilgan bo‘lsa, isitkichdan olingan issiqlik miqdorini aniqlang.
8*. Ideal issiqlik dvigateli isitkichining temperaturasi 327 °C bo‘lib sovitkichning temperaturasi 127 °C ga teng. Shu ideal mashinaning FIK ni ikki marta oshirish uchun isitkichning temperaturasini qancha oshirish kerak bo‘ladi?

29-§. ISSIQLIK MASHINALARI VA TABIATNI MUHOFAZA QILISH

Insoniyatning bugungi hayotini issiqlik mashinalarisiz tasavvur qilib bo‘lmaydi. Turli rusumdagi yengil mashinalar, avtobuslar, suvda yuradigan kemalar, poyezdlar, samolyotlar va boshqa transportlar issiqlik dvigatellari yordamida harakatlanadi.

Issiqlik mashinalari yoqilg‘ining yonishi hisobiga harakatga keladi. Ularda yoqilg‘i sifatida benzin, kerosin, suyultirilgan propan va metan gazidan foydalaniladi. Uchayotgan samolyotni, joyida yurib turgan mashinani diqqat bilan kuzatsak, ularning dvigatelidan tutun ko‘rinishdagi gazlarning ajralib chiqayotganligini ko‘ramiz. Ichki yonuv dvigatelida yoqilg‘i yonganda, uning bir qismi tashqariga tutun bo‘lib chiqib ketadi. Bu gazlarning asosiy qismi inson organizmi va ona tabiatimiz uchun zararlidir. Bundan tashqari, bugungi kunda Yer yuzidagi dvigatellar iste’mol qilayotgan quvvat 10^{10} kW ga yetdi. Issiqlik dvigatellari iste’mol qiladigan quvvat $3 \cdot 10^{12}$ kW ga yetganda Yer kurrasidagi temperatura taxminan bir gradusga ko‘tariladi. Bu esa ulkan muzliklarning erishiga va dunyo okeani suvi sathining ko‘tarilishiga olib keladi. Natijada bu dengiz va okeanlar bo‘ylarida joylashgan shahar va qishloqlarning, serhosil yer maydonlarining suv ostida qolish xavfini yuzaga keltiradi.

Yer zaminimizda issiqlik dvigatellarining soni yildan-yilga tez sur'atlarda ko‘payib bormoqda. Ularda har yili o‘rtacha 2 milliard tonna ko‘mir va 1 milliard tonna neft mahsulotlari yoqiladi. Ularning ishlashi natijasida atmosferaga juda katta miqdordagi karbonat angidrid gazi qo‘shilmoqda. Issiqlik dvigatellaridan chiqayotgan gazlarni to‘liq tozalash hozircha juda qiyin. Olimlarning fikriga ko‘ra, har yili atrof-muhitda taxminan 120 million tonna kul, 60 million tonna zararli gazlar tarqalmoqda. Issiqlik dvigatellarining yildan-yilga ko‘payib borishi, jamiyat oldida tabiatni muhofaza qilish kabi ulkan muammoni yuzaga keltiradi.

Yurtimiz uchun juda zarur bo‘lgan elektr energiyasining katta qismi yoqilg‘i hisobiga olinadi. Issiqlik beruvchi stansiyalar ham yoqilg‘isiz ishlay olmaydi. Bu stansiyalarda har kuni tonnalab yonilg‘i yonib, bundan zararli gaz atrofimizga tarqaladi. Yer sharida ekologik muammo yuzaga kelib turgan bir paytda, bizning davlatimiz ham bunday muammolarga befarq qarab turgan emas. Respublikamizda bunday muammoni yechishning birdan-bir to‘g‘ri yo‘li quyosh energiyasidan foydalanishdir. Mamlakatimizda quyoshli kunlarimiz ba'zi mamlakatlarga nisbatan ancha ko‘p. Qishloqlarda qurilayotgan zamonaviy uylarning ustiga quyosh batareyalari o‘rnatilib, ulardan foydalanilmoqda.

Kundalik hayotimizda issiqlik mashinalari kabi sovitish mashina (muzlatkich, sovitkich) laridan ham foydalanamiz. Ularning soni ham yildan-yilga keskin ravishda oshib bormoqda. Bu mashinalarda ishchi jism sifatida freon deb ataluvchi suyuqlik ishlatiladi. Sovitish mashinalari tizimi qanchalik germetik bo‘lmasin, ulardan juda oz bo‘lsa-da freon bug‘lanib, atmosferaga tarqaladi. Natijada atmosferaning tarkibida yildan-yilga freon bug‘i miqdori oshib bormoqda.

Sizga geografiya fanidan ma'lumki, atmosferaning Yer sirtidan 25 – 30 km balandlikdagi qismi ozon (O_3) qatlamidan iborat. Ozon qatlami yer sirtidagi tirik organizmlarni koinotdan keladigan o‘ta qisqa to‘lqinli nurlanishlar ta'siridan himoya qiladi. Agar atmosferaning tarkibida freon bug‘ining miqdori oshsa, ozon qatlami yemirilib, unda tuynuk hosil bo‘ladi. Ozon tuynugi orqali o‘tgan o‘ta qisqa to‘lqinli nurlanishlar tirik organizimlarni yemirib, yerdagi hayotga xavf soladi. Bu masalaning ijobiy yechimini topish maqsadida, olimlar freonni boshqa suyuqlik bilan almashtirish ustida ilmiy izlanishlar olib borishmoqda.

Xulosa qilib aytganda, issiqlik dvigatellari insonga bir tomondan juda katta imkoniyatlarni bersa-da, ammo ikkinchi tomondan ular Yer atmosferasiga va tabiatga o‘zining salbiy ta'sirini ko‘rsatadi va ko‘rsatmoqda.

1. Mamlakatimizda ishlab chiqariladigan elektr energiyasining qancha qismini issiqlik mashinalari beradi?
2. Tabiatni muhofaza qilish uchun avtomobil sanoatida qanday chora-tadbirlar ko‘riladi?
3. Atmosferaga qo‘shilayotgan zararli gazlar qanday oqibatlarni keltirib chiqarishi mumkin?

30-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Traktor dvigateli 60 kW quvvat hosil qiladi va shu quvvatda soatiga o‘rtacha 18 kg dizel yonilg‘isini sarflaydi. Dvigatelning FIK ni toping. Dizel yonilg‘isining solishtirma yonish issiqligi 42 MJ/kg.

Berilgan:

$P = 60\ \text{kW} = 60 \cdot 10^3\ \text{W}$
$t = 1\ \text{soat} = 3{,}6 \cdot 10^3\ \text{s}$
$m = 18\ \text{kg}$
$q = 42 \cdot 10^6\ \text{J/kg}$

Topish kerak:
$\eta = ?$

Yechilishi: Quvvat ta’rifiga ko‘ra, P quvvat bilan ishlayotgan qurilmaning t vaqtda bajargan foydali ishi quyidagicha aniqlanadi, ya’ni: $A_{foy} = P \cdot t$. Dvigatelda biror turdagi m massali yoqilg‘i butunlay yonganda $m \cdot q$ ga teng issiqlik miqdori ajralib chiqadi. $m \cdot q$ issiqlik miqdorini – isitkichning bergan issiqlik miqdori $Q_1 = m \cdot q$ yoki isitkichning umumiy bajargan ishi ham deb qabul qilish mumkin, ya’ni $A_{um} = m \cdot q$. U holda dvigatelning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{A_{foy}}{Q_1} \cdot 100\ \% = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} \cdot 100\ \%. \qquad [\eta] = \left[\frac{A_{foy}}{Q_1}\right] = \frac{J}{J} = 1.$$

$$\eta = \frac{A_{foy}}{Q_1} \cdot 100\ \% = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} \cdot 100\ \% = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 3{,}6 \cdot 10^3}{18 \cdot 42 \cdot 10^6} \cdot 100\ \% = 28{,}6\ \%.$$

Javob: $\eta = 28{,}6\ \%$.

2-masala. Pechda massasi 42 g kerosin yonganda, 3 kg suvning temperaturasi qanchaga ko‘tariladi? Pechning FIK 30 %, kerosinning solishtirma yonish issiqligi 46 MJ/kg.

Berilgan:

$m_1 = 42\ \text{g} = 42 \cdot 10^{-3}\ \text{kg}$
$m = 3\ \text{kg}$
$q = 46 \cdot 10^6\ \text{J/kg}$
$\eta = 0{,}3$
$c = 4200 \dfrac{J}{kg \cdot {}^oC}$

Topish kerak:
$\Delta t = ?$

Yechilishi:
$A_{foy} = Q = m \cdot c \cdot \Delta t$. Shunigdek, m_1 massali yoqilg‘i yonganda ajralgan issiqlik miqdori $Q_1 = m_1 \cdot q$.
Qurilmaning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{A_{foy}}{Q_1} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{m_1 \cdot q}.$$ Bundan:

$$\Delta t = \frac{\eta \cdot m_1 \cdot q}{m \cdot c} \qquad [\Delta t] = \frac{1 \cdot \text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{\text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot {}^{\text{o}}\text{C}}} = {}^{\text{o}}\text{C}.$$

$$\Delta t = \frac{\eta \cdot m_1 \cdot q}{m \cdot c} = \frac{0{,}3 \cdot 42 \cdot 10^{-3} \cdot 46 \cdot 10^6}{3 \cdot 4{,}2 \cdot 10^3} = 46\,{}^oC.$$

Javob: $\Delta t = 46\ {}^{\text{o}}\text{C}$.

3-masala. Avtomobil 100 km yo‘lni bosib o‘tishi uchun 10 *l* benzin sarfladi. Avtomobil 90 km/h tezlik bilan harakatlanayotgan bo‘lsa, uning quvvati qanday bo‘lgan? Dvigatelning FIK 30 %. Benzinning zichligi $\rho = 0{,}7$ g/cm^3, solishtirma yonish issiqligini $q = 46$ MJ/kg ga teng deb oling.

Berilgan:
$s = 100$ km $= 10^5$ m
$\upsilon = 90$ km/h $= 25$ m /s
$V = 10\ l = 10 \cdot 10^{-3}$ m^3
$\rho_b = 0{,}7$ g/cm^3 $= 700$ kg/m^3
$q = 46 \cdot 10^6$ J/kg
$\eta = 0{,}3$

Topish kerak:
$P = ?$

Yechilishi: Bu masalani yechishda quyidagi bir necha amallarni ketma-ket bajaramiz.

1) Avtomobil υ tezlik bilan s yo‘lda harakatlangan bo‘lsa, uning harakat vaqtini aniqlash, ya’ni $t = \frac{s}{\upsilon}$.

2) Yonilg‘ining massasini aniqlash, ya’ni $m = \rho \cdot V$.

3) Yonilg‘i yonganda ajralgan issiqlik miqdori $Q_1 = m_1 \cdot q$ ga teng.

Qurilmaning foydali ish koeffitsiyenti: $\eta = \frac{A_{foy}}{Q_1} = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} = \frac{P \cdot s}{\rho \cdot V \cdot q \cdot \upsilon}$. Bu ifodadan

$$P = \frac{\eta \cdot \rho \cdot V \cdot q \cdot \upsilon}{s}. \quad [P] = \frac{1 \cdot \frac{kg}{m^3} \cdot m^3 \cdot \frac{J}{kg} \cdot \frac{m}{s}}{m} = \frac{J}{s} = W.$$

$$P = \frac{\eta \cdot \rho \cdot V \cdot q \cdot \upsilon}{s} = \frac{0{,}3 \cdot 7 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 46 \cdot 10^6 \cdot 25}{10^5} = 24150W.$$

Javob: P = 24150 W= 24,15 kW

M 19

1. O‘choqda 60 kg po‘latni 1400 °C ga isitish uchun 4,6 kg maxsus yoqilg‘i sarf bo‘ladi. Agar po‘latning solishtirma issiqlik sig‘imi 460 J/kg·K, maxsus yoqilg‘ining yonish issiqligi 30 MJ/kg bo‘lsa, o‘choqning issiqlik berishi (FIK) qanday?
2. Minutiga 4 g kerosin sarflaydigan isitkichda temperaturasi 31 °C bo‘lgan 2 *l* suv qancha vaqtdan so‘ng qaynagan? Qurilmaning FIK 35 % $q_{kerosin} = 46$ MJ/kg ga teng deb oling.
3. 72 km/h tezlikda harakatlanayotgan avtomobilning 2 km yo‘ldagi benzin sarfini hisoblang. Avtomobilning quvvati 23 kW, FIK 25 % ga teng. Benzinning solishtirma yonish issiqligi 46 MJ/kg.
4. Agar quvvati 50 kW bo‘lgan dizel dvigatelining foydali ish koeffitsiyenti 34 % bo‘lsa, u uch soatda qancha yoqilg‘i sarflaydi? Dizel yoqilg‘isining solishtirma yonish issiqligi 42 MJ/kg ga teng.

5. Ideal issiqlik mashinasidagi gaz isitkichdan olgan issiqligining 60 % ni sovitkichga beradi. Agar isitkichning temperaturasi 227 °C bo‘lsa, sovitkichning temperaturasi qanday bo‘lgan?

6. Ideal issiqlik mashinasida isitkichining absolyut temperaturasi sovitkichning absolyut temperaturasidan uch marta yuqori. Isitkich gazga 30 kJ issiqlik miqdori berganda u qancha ish bajaradi?

7*. Gorizontal yo‘lda mototsiklning dvigateli 60 km/h tezlikda 3,5 kW quvvatga erishadi. Agar dvigatelning FIK 25 % bo‘lsa, motoroller 3,6 l benzin sarflab, qancha yo‘lni bosib o‘tadi? Benzinning solishtirma yonish issiqligi 46 MJ/kg, zichligi 0,7 g/cm^3.

8*. O‘zgarmas 108 km/h tezlik bilan harakatlanayotgan avtomobil 46 km yo‘lda 5 kg benzin sarfladi. Benzinning solishtirma yonish issiqligi $46 \cdot 10^6$ J/kg va dvigatelning FIK 24 % bo‘lsa, avtomobilning foydali quvvatini aniqlang.

III BOBNI TAKRORLASH UCHUN TEST TOPSHIRIQLARI

1. Ideal issiqlik mashinasining FIKni kim hisoblagan?

A) Bolsman; B) Selsiy; C) Kelvin; D) Karno.

2. Foydali ish koeffitsiyenti η bo‘lgan issiqlik mashinasi isitkichdan Q_1 issiqlik miqdori olganda, qanday ish bajaradi?

A) $(1-\eta)Q_1$; B) $(1+\eta)Q_1$; C) ηQ_1; D) Q_1/η.

3. Ideal issiqlik dvigateli isitkichdan 0,8 MJ issiqlik miqdori qabul qilib, sovitkichga 0,3 MJ issiqlik miqdorini beradi. Bu issiqlik dvigatelining maksimal FIKni (%) hisoblang.

A) 50; B) 62,5; C) 83,5; D) 30.

4. Siklda issiqlik mashinasi 21 kJ ish bajarib, sovitkichga 29 kJ issiqlik miqdorini beradi. Mashinaning foydali ish koeffitsiyentini aniqlang.

A) 30 %; B) 40 %; C) 42 %; D) 52 %.

5. Ideal issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsiyenti 75 % bo‘lishi uchun isitkichning temperaturasi sovitkichning temperaturasidan necha marta katta bo‘lishi kerak?

A) 4; B) 3; C) 5; D) 2.

6. FIK 40 % bo‘lgan issiqlik mashinasi bitta siklda 34 kJ ish bajaradi. Mashina bir siklda sovitkichga qancha issiqlik miqdori berishini aniqlang (kJ).

A) 28; B) 42; C) 51; D) 63.

7. Issiqlik mashinasining FIK 25 %, isitkichdan olgan issiqlik miqdori 400 J bo‘lsa, foydali ishi qancha bo‘ladi (J)?

A) 200; B) 100; C) 300; D) 400.

8. Agar issiqlik dvigateli isitkichdan olgan issiqlik miqdorining uchdan ikki qismini sovitkichga bersa, dvigatelning FIK ni toping (%).

A) 33; B) 54; C) 67; D) 60.

9. Sovitkichning absolyut temperaturasi isitkichning absolyut temperaturasining to‘rtdan biriga teng. Ideal issiqlik mashinasining FIK ni hisoblab toping (%).

A) 25; B) 30; C) 75; D) 54.

10. Ideal issiqlik mashinasida isitkichning absolyut temperaturasi sovitkichning absolyut temperaturasidan ikki marta katta bo‘lsa, bunday mashinaning foydali ish koeffitsiyenti qanday?

A) 30 %; B) 40 %; C) 50 %; D)67 %.

11. Agar issiqlik mashina isitkichining temperaturasi 500 K, sovitkichiniki 250 K bo‘lsa va u bir siklda isitkichdan 6000 J issiqlik olsa, bir siklda bajarilgan ishni toping (J).

A) 1200; B) 1500; C) 300; D) 3000.

12. FIK 40 % bo‘lgan ideal issiqlik mashinasi isitkichdan 10kJ issiqlik oladi. Sovitkichga berilgan issiqlik miqdori qanchaga teng (kJ)?

A) 7; B) 6; C) 3; D) 3,5.

13. Agar quvvati 42 kW bo‘lgan dizel dvigatelining foydali ish koeffitsiyenti 20 % bo‘lsa, u 3 soatda qancha yoqilg‘i sarflaydi (kg)? Dizel yoqilg‘isining solishtirma yonish issiqligi 42 MJ/kg ga teng.

A) 20; B) 21; C) 28; D) 54.

14. Hajmi 3600 *l* suvni qozonda isitish uchun o‘choqda 42 kg ko‘mir yoqiladi. Agar suvning boshlang‘ich temperaturasi 10 °C va o‘choqning issiqlik berish qobiliyati 30 % bo‘lsa, suv necha gradusgacha isiydi? c_{suv}= 4200 J/kg·K, ko‘mirning solishtirma yonish issiqligi 30 MJ/kg.

A) 35 °C; B) 50 °C; C) 60 °C; D) 70 °C.

15. Quruq yog‘ochning yonish issiqligi 10^7 J/kg, tabiiy gazniki esa $4 \cdot 10^7$ J/kg. Bir xil issiqlik miqdori olish uchun yog‘och (m_1) va gazning (m_2) massalarini taqqoslab, to‘g‘ri javobni tanlang.

A) $m_2 = 2\ m_1$; B) $m_1 = m_2$; C) $m_1 = 4\ m_2$; D) $m_2 = 2\ m_1$.

III BOB YUZASIDAN MUHIM XULOSALAR

Issiqlik dvigateli	Issiqlik dvigateli deb, issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan qurilmaga aytiladi.
Issiqlik dvigatelining turlari	Ichki yonuv dvigateli, dizel dvigateli, reaktiv dvigatel.
Issiqlik dvigatelining ishlash prinsiplari	1. Har qanday issiqlik dvigatelida yonilg‘ining ichki energiyasi mexanik energiyaga aylanadi. 2. Issiqlik dvigatellarining ishlashi uchun turli temperaturali isitkich va sovitkichning bo‘lishi shart. 3. Istalgan issiqlik dvigatelining ishlashi ishchi jism (masalan, gaz) holati o‘zgarishining takrorlanuvchi sikllaridan iborat bo‘ladi.
Issiqlik dvigatelida energiyaning bir turdan boshqa turga aylanishi	Har qanday issiqlik dvigatelida yonilg‘ining ichki energiyasi mexanik energiyaga aylanadi.
Karno sikli	Ideal issiqlik mashinalari uchun Karno sikli ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat.
Issiqlik mashinasida bajarilgan foydali ish	Karno sikli bo‘yicha ishlayotgan issiqlik dvigatelining bajargan foydali ishi $A_{foy} = Q_1 - Q_2$ ifoda orqali aniqlanadi. Bunda Q_1 – isitkichdan olingan issiqlik miqdori, Q_2 – sovitkichga berilgan issiqlik miqdori.
Issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsiyenti (FIK)	Issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsiyenti deb, dvigatel bajarayotgan A_{foy} ishning isitkichdan olingan Q_1 issiqlik miqdoriga nisbatiga aytiladi, ya’ni: $\eta = \frac{A_{foyd}}{Q_1}100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}100\%.$
Ideal issiqlik mashinalarining foydali ish koeffitsiyenti (FIK)	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%.$

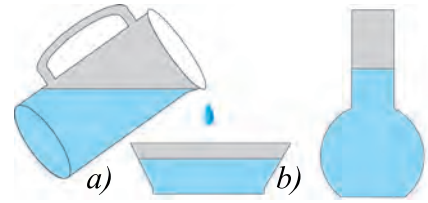
IV BOB
SUYUQLIK VA QATTIQ JISMLARNING XOSSALARI

31-§. SUYUQLIKNING XOSSALARI

Suyuqlikning oquvchanligi

Gaz molekulalari bir-biridan o‘z o‘lchamiga nisbatan juda katta masofalarda joylashganligi sababli, ular orasidagi o‘zaro tortishish kuchlari hisobga olinmas darajada kichik bo‘ladi. Gaz molekulalari orasidagi tortishish kuchlarining kichikligi gaz molekulalarining bir-biridan uzoqlashib ketishiga, ya’ni gazning kengayishiga olib keladi. Shu bois, gazning erkin sirti bo‘lmaydi.

Gazlardan farqli ravishda suyuqliklarda molekulalar deyarli bir-biriga tegib turadi. Shuning uchun ular orasida o‘zaro ta’sir kuchlari gaz molekulalari orasidagi ta’sir kuchlariga nisbatan katta bo‘ladi. Suyuqlik molekulalari orasidagi tortishish kuchi molekulalarni bir-biridan uzoqlashib ketishiga yo‘l qo‘ymaydi. Shu tariqa, gazlardan farqli ravishda suyuqliklar o‘z hajmini saqlaydi.



39-rasm.

Idishda bo‘lgan suyuqlikka pastga yo‘nalgan og‘irlik kuchi ta’sir qiladi. Shuningdek, suyuqlik osti va yon tomonlari devorlar bilan to‘silgani uchun u muvozanat holatida bo‘ladi. Agar idish bir tomonga og‘dirilsa, suyuqlik og‘irlik kuchi ta’sirida idish og‘dirilgan tomonga oqadi (39-*a* rasm). Idishga quyilgan suyuqlik shu idish shaklini oladi (39-*b* rasm).

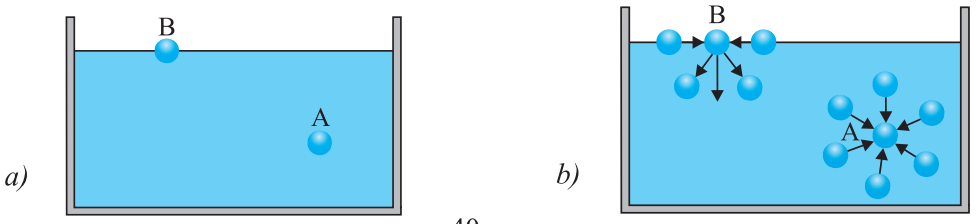
Suyuqliklar oquvchanlik xususiyati tufayli o‘z shaklini saqlab qola olmaydi. Ammo ular o‘z hajmini saqlab qoladi.

Sirt taranglik hodisasi

Biror idishga suyuqlik solaylik, masalan, piyolaga suv. Suyuqlik sirtiga nazar solsak suyuqlik sirtining tekisligini ko‘ramiz. O‘z-o‘zidan bizda, nima sababdan suyuqlikning sirti tekis, degan savol paydo bo‘ladi.

Modda tuzilishining molekulyar- kinetik nazariyasiga ko‘ra modda molekulalari orasida doimo o‘zaro ta’sir kuchlari mavjud. Suyuqlik ichidagi A va uning sirtida turgan B nuqtadagi molekulaga boshqa molekulalarning ta’sirini qarab chiqaylik (40-*a* rasm). Suyuqlik ichidagi A nuqtada turgan molekulaga qarama-qarshi tomon-

lardan ta’sir qilayotgan kuchlar bir-birini muvozanatlaydi (40-*b* rasm). Natijada unga ta’sir qilayotgan kuchlarning teng ta’sir etuvchisi nolga teng bo‘ladi.



40-rasm.

B nuqtadagi molekulaga esa pastdan va yon tomondan kuchlar ta’sir qiladi. Chunki suyuqlikning ustki tomoni havo bilan chegaralanganligi uchun suyuqlik sirtidagi molekulaga yuqori tomondan ta’sir qilayotgan kuchni hisobga olmasa ham bo‘ladi. Natijada suyuqlik sirtidagi molekula suyuqlik ichiga qarab tortiladi (40-*b*, rasm). Bu hol suyuqlik sirtining taranglashishiga olib keladi.

Suv sirtiga ehtiyotlik bilan metall igna qo‘yilsa, igna suv ustida qoladi. Suvning sirt pardasi biroz egilib, ignani cho‘ktirmay ko‘tarib turganligining guvohi bo‘lamiz (41-rasm). Bunga sabab suvning sirtida sirt taranglikning mavjudligidir.



41- rasm.

Sirt taranglik kuchi

Kundalik turmushda mahkam berkitilmagan suv jo‘mragida suv tomchisining hosil bo‘lganini ko‘rgansiz. Jo‘mrak og‘zida hosil bo‘lgan tomchini elastik xaltacha ichida deb tasavvur qilish mumkin. Tomchi kattalashganda uni ko‘tarib turish uchun xaltachaning mustahkamligi yetishmaydi va tomchi uziladi (42-rasm).



42 -rasm.

Haqiqatda esa, xaltacha yo‘q. Tomchining sirt qatlamidagi har bir molekulaga tomchi ichiga yo‘nalgan kuch ta’sir qiladi. Bunday kuchlar natijasida tomchining sirt qatlamida uni ushlab turuvchi sirt taranglik kuchi vujudga keladi. Sirt qatlamini chegaralovchi chiziqqa ta’sir qiluvchi sirt taranglik kuchi shu chiziqning uzunligiga proporsional hamda suyuqlikning turiga bog‘liq bo‘ladi, ya’ni:

$$F = \sigma l . \qquad (1)$$

Bu ifodadagi σ – suyuqlikning tabiatiga bog‘liq bo‘lgan suyuqlik sirtining xossalarini xarakterlovchi kattalik bo‘lib, sirt taranglik koeffitsiyenti deb ataladi. (1) ifodadan

$$\sigma = \frac{F}{l}. \qquad (2)$$

ekanligi kelib chiqadi. (2) tenglikdan σ ning birligi [N/m] ekanligi ko‘rinib turibdi. (2) ifodaga ko‘ra sirt taranglik koeffitsiyentining quyidagi fizik ma’nosi kelib chiqadi. Suyuqlikning sirtini chegaralovchi chiziqning uzunlik birligiga ta’sir qiluvchi sirt taranglik kuchiga son jihatidan teng bo‘lgan fizik kattalik **sirt taranglik koeffitsiyenti** deyiladi.



43-rasm.

Sirt taranglik kuchi suyuqlik sirtini chegaralab turgan sirtni mumkin qadar kichiklashtiradi. Erkin tushayotgan yomg‘ir tomchilari shar shaklida bo‘ladi. 43-rasmda vaznsizlik sharoitida kosmik kema ichida hatto katta massadagi suv ham shar shaklida bo‘lishi tasvirlangan.

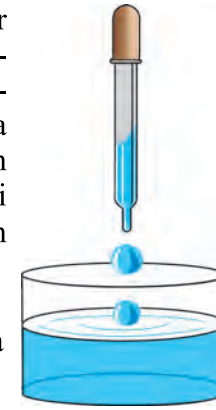
Sirt taranglik koeffitsiyentini aniqlash

Suyuqliknimg sirt taranglik koeffitsiyentini aniqlashning bir qancha usullari mavjud**.** Sirt taranglik koeffitsiyentini aniqlashning eng sodda usuli tomchi uzilish usulidir (44-rasm). Suyuqlikning ingichka naycha bo‘ylab oqishi natijasida uning uchida tomchi hosil bo‘ladi. Tomchi kichik bo‘lganda u naycha uchidan ajralmaydi, chunki uni sirt taranglik kuchi tutib turadi. Tomchi kattalashib, uning og‘irligi ($m_0 g$), sirt taranglik kuchi ($\sigma\, l$) ga son jihatidan tenglashgach, u uziladi, ya’ni

$$m_0 g = \sigma\, l. \qquad (3)$$

bu yerda m_0 – bir dona suyuqlik tomchisining massasi. (3) ifodaga ko‘ra, sirt taranglik koeffitsiyenti quyidagicha hisoblanadi:

$$\sigma = \frac{m_0 g}{l}. \qquad (4)$$



44-rasm.

Ba’zi suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsiyentining son qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan (20 °C temperaturada).

№	Suyuqliklar	σ, N/m	№	Suyuqliklar	σ, N/m
1	Simob	0,47	4	O‘simlik yog‘i	0,033
2	Suv	0,073	5	Kerosin	0,024
3	Sovunli etitma	0,04	6	Etil spirti	0,022

Sirt energiyasi

Suyuqlik sirtida yuzaga kelgan sirt taranglik kuchi hisobiga suyuqlik sirtqi qatlamidagi molekulalar suyuqlikning ichidagi molekulalarga qaraganda ortiqcha potensial energiyaga ega bo‘ladi.

Suyuqlik sirtidagi barcha molekulalarning suyuqlik hajmidagi molekulalarga nisbatan ortiqcha potensial energiyasi sirt energiyasi deb ataladi.

Sirt energiyasining miqdori suyuqlik sirtining kattaligi (*S*) ga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi, ya’ni:

$$W = \sigma S. \qquad (5)$$

(5) ifodaga ko‘ra, sirt taranglik koeffitsiyenti quyidagiga teng:

$$\sigma = \frac{W}{S}. \qquad (6)$$

(6) tenglikdan sirt taranglik koeffitsiyentining quyidagi fizik ma’nosi kelib chiqadi. Sirt taranglik koeffitsiyenti son jihatdan suyuqlik sirtining yuza birligiga to‘g‘ri keladigan sirt energiyasiga teng bo‘lgan fizik kattalikdir. (6) ifodaga ko‘ra σ ning birligi Xalqaro birliklar sistemasi [J/m^2] da ifodalanadi.

1. Sirt taranglik kuchi qanday yuzaga keladi?
2. Sirt energiya qanday yuzaga keladi?
3. Nima uchun tomizg‘ichdan tomchi uzilib tushadi?
4. Kosmik kemada piyolaga choy quyib ichsa bo‘ladimi?
5. Nima uchun mayda shudring tomchilarining shakli deyarli sharsimon bo‘ladi?
6. Vaznsizlik holatida suyuqlik tomchisi qanday shaklda bo‘ladi?

Plastilindan diametri 3mm atrofida bo‘lgan sharcha yasang. Sharchaga yog‘och cho‘pdan tutqich qiling. Uni suv ustiga ehtiyotlik bilan qo‘ysangiz, suvning sharchani cho‘ktirmay ko‘tarib turganligining guvohi bo‘lasiz. O‘z tafsilotlaringiz asosida xulosangizni yozing.

32-§. HO‘LLASH. KAPILLYAR HODISALAR

Ho‘llash va ho‘llamaslik

Qo‘limizdagi ruchka yoki qalamni suvga botirib, keyin uni suvdan chiqarib olsak, uning «ho‘l» holda chiqqanligini ko‘ramiz. Bizda nima sababdan jism ho‘l bo‘lib qoldi, degan savol paydo bo‘ladi.

Ma’lumki jism va suyuqlik molekulalardan tashkil topgan. Ho‘llash yoki ho‘llamaslik suyuqlik va qattiq jism molekulalarining o‘zaro ta’siriga bog‘liq bo‘ladi.

Suyuqlik va qattiq jism molekulalari orasidagi tortishish kuchlari suyuqlik molekulalarining o‘zaro tortishish kuchlaridan katta bo‘lsa, suyuqlik qattiq jism sirtini ho‘llaydi.

Demak, qalam suyuqlik zarralarini bir-biridan ajratib, uni o‘ziga tortib oladi. Suyuqlikka tushirilgan qalamning ho‘l bo‘lib qolishiga sabab, qalam suyuqlik molekulalarini bir-biridan ajratib o‘ziga tortib oladi.

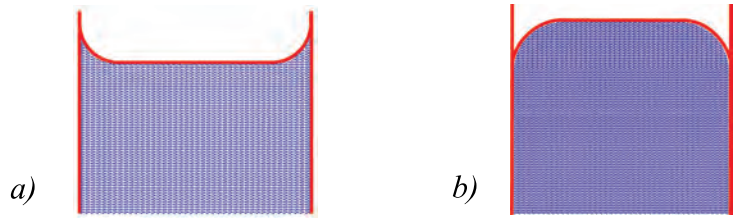
Suyuqlik va qattiq jism molekulalari orasidagi tortishish kuchlari suyuqlik molekulalarining o‘zaro tortishish kuchlaridan kichik bo‘lsa, suyuqlik qattiq jism sirtini ho‘llamaydi.

Shisha simob zarralarni bir-biridan ajratib ololmaydi. Shu bois, simob shisha idishga solinsa, u idish devorlarini ho‘llamaydi. Demak, biror qattiq jismni bir suyuqlik ho‘llasa, boshqa suyuqlik uni ho‘llamasligi mumkin.

Suyuqlik sirtining egrilanishi

Qattiq jism sirtida suyuqlik sirtining egrilanishiga sabab bo‘ladigan hodisa ho‘llash yoki ho‘llamaslik hodisasiga bog‘liqdir.

Suyuqlik qattiq jismni ho‘llashi yoki ho‘llamasligini suyuqlik va qattiq jism chegarasidagi suyuqlik shaklidan bilib olish mumkin. Agar suyuqlik idishni ho‘llasa uning sirti botiq (45-*a* rasm) va aksincha ho‘llamasa, suyuqlik sirti qavariq shaklda bo‘ladi (45- *b* rasm).



45-rasm.

Ho‘llash va ho‘llamaslik hodisalari turmushda va texnikada juda katta ahamiyatga ega. Sovun eritmasi badanimizni yaxshi ho‘llaydi. Shu tufayli sovun bilan yuvinamiz. G‘oz va o‘rdaklar suvdan chiqqanida patlari quruq bo‘ladi. Ularning patlari moyli bo‘lgani uchun suv ularni deyarli ho‘llamaydi.

Ho‘llash hodisasi amaliy ahamiyatga ega. Ho‘llash hodisasining jismlarni bo‘yashda, payvandlashda, detallarni moylashda, jismlarni bir-biriga yelimlash kabi jarayonlarda o‘rni juda beqiyos.

Kapillyar hodisalar

Diametri juda kichik naylar **kapillyarlar** deyiladi. Ho‘llovchi suyuqlik kapillyarda ko‘tariladi, ho‘llamaydigan suyuqlikning sathi esa pasayadi. Ho‘llovchi suyuqlik quyilgan (46- *a* rasm) kapillyardagi suyuqlik sirt qatlamining chegarasiga, yuqoriga qarab yo‘nalgan sirt taranglik kuchi ta’sir qiladi, ya’ni:

$$F = \sigma\, l = \sigma\, 2\, \pi\, r. \qquad (1)$$

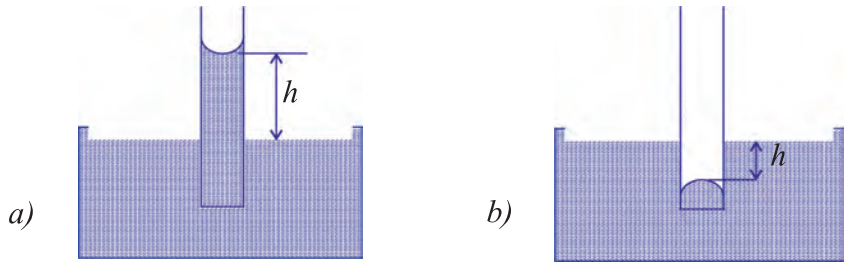
Bu kuch nayda yuqoriga ko‘tarilgan suyuqlik ustuni og‘irligiga $(m{\cdot}g)$ tenglashganda, suyuqlikning kapillyarda ko‘tarilishi to‘xtaydi, ya’ni:

$$\sigma\, 2\, \pi\, r = m\, g. \qquad (2)$$

Kapillyar bo‘ylab ko‘tarilgan suyuqlikning og‘irligi $mg = \rho_s V g = \rho_s \pi r^2 h g$ ekanligidan, (2) ifodaga ko‘ra kapillyar bo‘ylab ko‘tarilgan suyuqlik ustunining balandligi quyidagicha hisoblanadi:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho_s\, r\, g}. \qquad (3)$$

Bu formula ho‘llovchi suyuqliklarda suyuqlikning kapillyarda ko‘tarilish balandligini, ho‘llamaydigan suyuqlikning esa pasayish chuqurligini ifodalaydi. Demak, kapillyarda suyuqlikning ko‘tarilishi yoki tushish balandligi, uning sirt taranglik koeffitsiyentiga to‘g‘ri, suyuqlikning zichligi bilan kapillyarning radiusiga teskari proporsional bo‘lar ekan.



46-rasm.

Kapillyarlik hodisalari tabiatda va texnikada katta ahamiyatga ega. Kapillyarlar orqali oziqlantiruvchi eritma o‘simlikning tanasi bo‘ylab yuqoriga ko‘tariladi. O‘simlik tanasidagi kapillyarlar o‘simlik hujayralarining devorlarida hosil bo‘ladi. Shuningdek, tuproqda hosil bo‘lgan kapillyar bo‘ylab suv tuproqning pastki qatlamidan ustki qatlamiga ko‘tariladi. Natijada tuproqdagi suv tez bug‘lanib, tuproq quriydi. Tuproqdagi namlikni saqlash uchun uning sirtini yumshatib kapillyarlari buzib tashlanadi. Bino poydevorlarining kapillyarlari orqali ko‘tarilgan suvlar uni yemiradi. Bu jarayonni kamaytirish uchun bino poydevorlari fundamentining usti suv o‘tkazmaydigan (masalan, qora mum) materiallar bilan qoplanadi.

1. Nima sababdan suyuqlik qattiq jismni ho‘llaydi ?
2. Nima sababdan suyuqlik qattiq jismni ho‘llamaydi?
3. Nima sababdan g‘oz va o‘rdaklar suvdan quruq chiqadi?
4. Ho‘llash hodisalarining kundalik turmushda qanday ahamiyatlarini bilasiz?
5. Qanday hodisalar kapillyarlik hodisalari deyiladi?
6. Kapillyarda suvning ko‘tarilishi, simobning esa pasayish sababini tushuntiring.
7. Kapillyar nay bo‘ylab ko‘tarilgan suyuqlikning balandligi nimaga bog‘liq?
8. Nima sababdan ho‘l bo‘lgan kiyimni kiyish qiyin bo‘ladi?
9. Nima uchun kiyimga yog‘ dog‘i tushsa uni sovunli eritmada yuvamiz?

1. Ichki diametri ikki xil bo‘lgan kapillyar naylarda suv yoki yog‘ning ko‘tarilishini kuzatish. Kuzatish tafsilotiga ko‘ra xulosangizni yozing.

33-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Radiusi 0,5 mm bo‘lgan kapillyarda kerosin qanday balandlikka ko‘tariladi? Kerosinning sirt taranglik koeffitsiyentini 24 mN/m, zichligi 800 kg/m^3 ga teng deb oling.

Berilgan:

$r = 5 \cdot 10^{-4}$ m
$\sigma = 24 \cdot 10^{-3}$ N/m
$\rho = 800$ kg/m^3
$g = 9{,}81$ m/s^2.

Topish kerak:
$h = ?$

Formulasi:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho_s r g};$$

$$[h] = \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{\text{N}}{\frac{\text{kg}}{\text{s}^2}} = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\frac{\text{kg}}{\text{s}^2}} = \text{m}.$$

Hisoblash:

$$h = \frac{2 \cdot 24 \cdot 10^{-3}\,\text{m}}{800 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 9{,}81} =$$

$$= 12{,}2 \cdot 10^{-3}\,\text{m} = 12{,}2\,\text{mm}.$$

Javob: $h = 12{,}2$ mm.

2-masala. Uzunligi 6 cm bo‘lgan igna suv ustida turibdi. Unga qanday sirt taranglik kuchi ta’sir qiladi?

Berilgan:

$l = 6$ cm $= 6 \cdot 10^{-2}$ m
$\sigma = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m.

Topish kerak:
$F = ?$

Formulasi:

$$F = 2\sigma \cdot l$$

$$[F] = [\sigma \cdot l] = \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \text{m} = \text{N}.$$

Hisoblash:

$$F = 2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-2}\,\text{N} =$$

$$= 8{,}76 \cdot 10^{-3}\,\text{N}.$$

Javob: $F = 8{,}76 \cdot 10^{-3}$ N.

3-masala. Teshigining diametri 3 mm bo‘lgan tomizg‘ichda 73 cm^3 suv bor. Uning sirt taranglik koeffitsiyenti 73 mN/m. Tomizg‘ichdan hammasi bo‘lib nechta tomchi tomadi?

Berilgan:
$d = 3$ mm $= 3\cdot10^{-3}$ m
$V = 73$ $cm^3 = 73\cdot10^{-6}$ m^3
$\sigma = 73\cdot10^{-3}$ N/m
$\rho = 1000$ kg/m^3
g=9,81 m/s^2

Topish kerak:

$N = ?$

Formulasi:

$$m_0 = \frac{\sigma\cdot l}{g} = \frac{\sigma\cdot\pi\cdot d}{g}$$

$$m = \rho\, V;$$

$$N = \frac{m}{m_0} = \frac{\rho\cdot V\cdot g}{\sigma\cdot\pi\cdot d}$$

$$[N] = \left[\frac{m}{m_0}\right] = \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = 1.$$

Hisoblash:

$$N = \frac{10^3\cdot 73\cdot 10^{-6}\cdot 9{,}81}{73\cdot 10^{-3}\cdot 3{,}14\cdot 3\cdot 10^{-3}}$$

$= 1040$ ta.

Javob: $N = 1040$ ta.

4-masala. Sovun pufakchasining radiusi 2 cm dan 3 cm gacha kattalashdi. Uning sirt energiyasi qanchaga o‘zgargan? Sovun eritmasining sirt taranglik koeffitsiyenti 0,04 N/m ga teng.

Berilgan:
$R_1 = 2$ cm $= 2\cdot 10^{-2}$ m
$R_2 = 3$ cm $= 3\cdot 10^{-2}$ m
$\sigma = 4\cdot10^{-2}$ N/m.

Topish kerak:

$\Delta W = ?$

Formulasi:

$W = 2\,\sigma\, S;$

$S = 4\pi\, R^2;$

$$\Delta W = 2\sigma S_2 - 2\sigma S_1 =$$

$$= 2\sigma\cdot 4\pi(R_2^2 - R_1^2)$$

$$[\Delta W] = \frac{\text{N}}{\text{m}}\cdot \text{m}^2 = \text{N}\cdot\text{m} = \text{J}.$$

Hisoblash:

$W = 2\cdot4\cdot10^{-2}\cdot4\cdot3{,}14\cdot$

$\cdot(9\cdot10^{-4} - 4\cdot10^{-4}) = 5\cdot10^{-4}$J

Javob: $\Delta W = 5\cdot10^{-4}$ J ga ortadi.

M 20

1. Suv kapillyarda 14 mm ga ko‘tarilgan bo‘lsa, uning diametri qanday bo‘lgan?
2. Kapillyarda spirt 22 mm balandlikka ko‘tarildi. Kapillyar radiusi qanday bo‘lgan? Spirtning zichligi 800 kg/m^3.
3. Radiusi 0,6 mm bo‘lgan kapillyarda kerosin qanday balandlikka ko‘tariladi? Kerosinning zichligi 800 kg/m^3.
4. Teshigining diametri 2 mm bo‘lgan tomizg‘ichdan tomadigan suv tomchisining massasini aniqlang.
5. Ichki diametri 2 mm bo‘lgan tomizg‘ichdan uzilayotgan suyuqlik tomchisining massasi 15 mg ekanligini bilgan holda, shu suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentini toping.
6. Zichligi 0,9 g/cm^3 bo‘lgan suyuqlik diametri 1,5 mm bo‘lgan kapillyar naydagi ko‘tarilish balandligi 10 mm bo‘lsa, shu suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentini aniqlang.
7. Teshigining diametri 3 mm bo‘lgan tomizg‘ichda 20 cm^3 suv bor. Uning sirt taranglik koeffitsiyenti 73 mN/m. Tomizg‘ichdan hammasi bo‘lib nechta tomchi tomadi?
8. Yer sirtidagi kapillyarda suv 15 mm ga ko‘tariladi. Agar Oyda erkin tushish tezlanishi yerdagidan 6 marta kichik ekanligi ma’lum bo‘lsa, Oyda shu kapillyarda suv qancha balandlikka ko‘tariladi?
9. Sovun pufakchasining sirt yuzi 12 cm^2 ortganda sirt energiyasi qanchaga o‘zgaradi?
10. Sovun pufakchasining radiusi 2 cm dan 3cm gacha kattalashganda sirt energiyasi qanday o‘zgaradi?
11. Nima sababdan qo‘ldagi moy qoldiqlarini suv bilan yuvish qiyin, lekin kerosin bilan oson?
12. Samovar jo‘mragidan tomayotgan suv tomchisi sovuq holda og‘ir bo‘ladimi yoki issiq holda?
13. Nima uchun xamir isitkichda yumshamaydi balki qotadi?
14. Sovuq suvning molekulalari issiq va qaynoq suvning molekulalaridan farq qiladimi? Muz molekulalaridan-chi?

34-§ LABORATORIYA ISHI

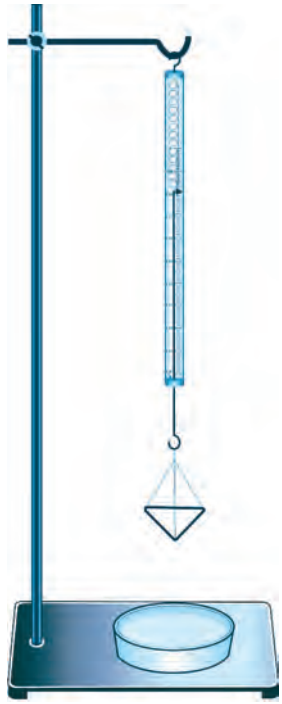
SUYUQLIKNING SIRT TARANGLIK KOEFFITSIYENTINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentini aniqlashni o‘rganish.

Kerakli jihozlar: sezgir dinamometr, shtativ, uchburchak, kvadrat va aylana shaklidagi simlar, suv solingan idish, chizg‘ich, shtangensirkul.

Ishni bajarish tartibi

1. Dinamometrni shtativga o‘rnating (47-rasm).
2. Chizg‘ich yordamida uchburchak shaklidagi simning perimetri l ni o‘lchang.
3. Dinamometrning pastki halqasiga uchburchak shaklidagi simni iling va uning og‘irlik kuchi F_1 ni o‘lchang.
4. Idishdagi suvni ko‘tarib, dinamometrga osilgan simga tekkizing.
5. Idishni sekin pastga tortib, simning suvdan uzilishi paytidagi dinamometrning ko‘rsatishi F_2 ni yozib oling.
6. $F = F_2 - F_1$ formuladan sirt taranglik kuchini toping.
7. $\sigma = \dfrac{F}{2l}$ formula yordamida suvning sirt taranglik koeffitsiyentini hisoblang.
8. Tajribani to‘rtburchak va aylana shaklidagi simlarda ham bajaring, σ_2 va σ_3 ni hisoblang. $\sigma_{o‘rt} = \dfrac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ formula yordamida sirt taranglik koeffitsiyentining o‘rtacha qiymatini hisoblang.



47-rasm.

9. Tajriba davomidagi o‘lchash va hisoblash natijalarini jadvalga yozing.

№	m, kg	l, m	σ, N/m	$\sigma_{o‘rt}$, N/m
1				
2				
3				

1. Sirt taranglik kuchi nimaligini tushuntirib bering.
2. Nima sababdan simni suvdan ajratib olishda kuch kerak bo‘ladi?
3. Tajriba natijalarini tahlil qilib, xulosangizni yozib keling.

35-§. KRISTALL VA AMORF JISMLAR

Kristall jismlar

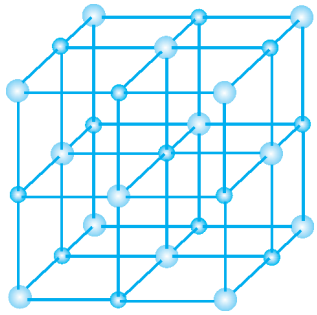
Suyuqlikdan farqli ravishda qattiq jismning atom (molekula)lari bir-biri bilan kuchli bog‘langan bo‘ladi. Ular muvozanat holatda turgan joyida tinimsiz tebranib turadi. Og‘irlik kuchi atomlar orasidagi tortishish kuchini yenga olmaydi. **Qattiq jismlar o‘z hajmini saqlaydi va o‘z shakliga ega bo‘ladi.**

Qattiq jismlar tuzilishiga ko‘ra *kristall* va *amorf jismlarga* bo‘linadi.

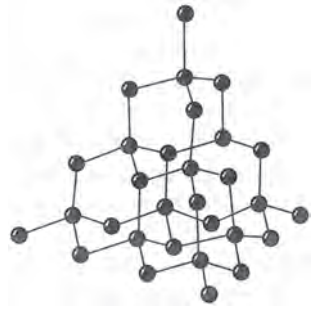
Atom yoki molekulalari fazoda aniq tartibli vaziyatlarni egallagan qattiq jismga kristall jismlar deyiladi.

«*Kristall*» so‘zi yunonchadan olingan bo‘lib, «*muz*» degan ma’noni bildiradi.

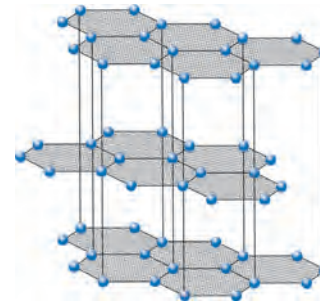
Kristall jismning atom (molekula)lari turgan joylar tutashtirilsa, *kristall panjara* hosil bo‘ladi. Atom (molekula)lar joylashgan nuqtalar kristall panjaraning *tugunlari* deyiladi. 48 va 49-rasmlarda osh tuzi va olmosning kristall panjaralari tasvirlangan.



48-rasm.



49-rasm.



50-rasm.

Kristall jismlarda turli yo‘nalishlarda atom (molekula)lar orasidagi masofa bir xil emas. Har xil yo‘nalishlarda kristallar issiqlik, elektr toki va yorug‘likni turlicha o‘tkazadi.

Jismning fizik xossalari uning tomonlari bo‘yicha yo‘nalishlariga bog‘liqligi *anizotropiya* deb ataladi. Kristall jismlar anizotrop xossaga ega.

Grekcha *anizos – bir xil emas*, *tropos – yo‘nalish* degan ma’nolarni bildiradi.

Kristallarning fizik xossalari unda tanlab olingan yo‘nalishlarga bog‘liq bo‘ladi. Masalan, grafit kristalini ma’lum bir yo‘nalishda osongina qatlamlarga ajratish mumkin. Buni siz qalam bilan yozganingizda grafitning qatlamlarga ajralib, yupqa grafit qatlami qog‘ozda qoladi. Chunki grafitning kristall panjarasi

qatlam-qatlam strukturali va ularning orasidagi bog‘lanishlar kuchsizroq bo‘lganligi uchun ular bir-biridan tez ajraladi (50-rasm). Lekin grafit kristalini perpendikulyar yo‘nalishda ajratish ancha qiyin.

Metallar parchasi juda ko‘p mayda kristallchalardan tashkil topgan bo‘ladi. Metall quyishda bunday kristallchalar bir-biriga nisbatan tartibsiz joylashib qoladi. Shuning uchun bunday metallarning fizik xossalari barcha yo‘nalishlarda bir xil bo‘ladi.

Bir-biriga nisbatan tartibsiz joylashgan ko‘p kristallardan tuzilgan jism *polikristall* deb ataladi.

Lotinchada *poli* so‘zi *ko‘p* degan ma’noni bildiradi. Masalan, qotib qolgan tuz parchasi va chaqmoq qand polikristallardir. Ular mayda kristallchalardan tashkil topgan. Sanoat, qurilish, energetika, aloqa va boshqa sohalarda, asosan, polikristall holatdagi mahsulotlar ishlatiladi.

Agar jism yaxlit kristalldan iborat bo‘lsa, bunday jism *monokristall* deb ataladi.

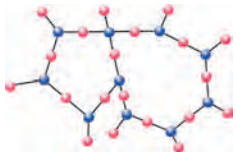
Lotinchada *mono* so‘zi *bir* degan ma’noni bildiradi.

Masalan, alohida mayda osh tuzi, shakar zarrachalari monokristallardir. Ayrim maqsadlarda, masalan, elektronika sohalarida monokristallar keng qo‘llaniladi. Buning uchun maxsus usullar yordamida monokristall o‘stiriladi. Suvda eritilgan shakarni o‘stirish orqali tayyorlangan novvot ham monokristalldir.

Monokristall anizotrop xususiyatga ega bo‘ladi.

Amorf jismlar

Kristallardan farqli ravishda amorf jismlarda atom (molekula) lar qat’iy tartibda joylashgan emas (51-rasm). Shisha, smola, plastmassalarni amorf jismlarga misol qilib keltirish mumkin.



51-rasm.

Amorf jismlarning fizik xossalari barcha yo‘nalishlarda bir xil bo‘ladi. Jismning fizik xossalari uning tomonlari bo‘yicha yo‘nalishlariga bog‘liq bo‘lmasligi *izotropiya* deb ataladi. Amorf jismlar izotrop xossaga ega.

Yunoncha *izos* so‘zi *bir xil* degan ma’noni bildiradi.

Tashqi ta’sir ostida amorf jismlar ham qattiq jismlardek sinuvchan, ham suyuqliklardek oquvchan bo‘ladi. Amorf jismni zarb bilan urilsa, u parchalanadi. Lekin kuchlar uzoq ta’sir etsa, amorf jism sezilarli darajada oqadi. Masalan, smola parchasi qattiq sirt yuzida asta-sekin oqib, yoyila boradi. Shisha ham ma’lum darajada oqadi. Masalan, uzoq vaqt vertikal holatda turgan deraza oynasining qalinligi o‘lchanganda, uning pastki qismi qalinlashib qolganligi aniqlangan.

Kristall jismlar aniq erish temperaturasiga ega. Lekin amorf jismlar aniq erish temperaturasiga ega emas. Ular qizdirilganda avval yumshab, keyin astagina suyuqlikka o‘ta boradi.

Beruniy — mineralshunos olim

Qattiq jismlarni, xususan, qimmatbaho toshlarning, turli metallarning xossalarini bilish qadimdan odamlarni qiziqtirib kelgan. X–XI asrlarda yashab ijod etgan buyuk bobokalonimiz ***Abu Rayhon Beruniy*** qimmatbaho toshlarning, turli metallarning xossalarini o‘rganishda ham buyuk ishlar qilgan.

Beruniy qimmatbaho toshlarning rangini, yaltiroqligini tasvirlab berdi, qattiqligini, magnit va elektr xususiyatlarini kuzatdi. Minerallarni ta’riflashda o‘zi kashf qilgan asboblar yordamida 50 dan ortiq moddaning solishtirma og‘irligini aniqladi, xususiyatini o‘rgandi. Bu sohadagi tadqiqot ishlarini Beruniy o‘zining «Mineralogiya» asarida yozib qoldirdi. Beruniyning mineralogiya sohasidagi ishlarini uning shogirdi ***Abdurahmon Hozin*** davom ettirdi.



1. Kristall jismlar deb qanday jismlarga aytiladi? Ularga misollar keltiring.
2. Nima sababdan barcha kristall jismlar anizotrop bo‘ladi?
3. Qanday kristallar monokristallar deb ataladi? Polikristall nima?
4. Nima sababdan barcha amorf jismlar izotrop bo‘ladi?
5. Amorf jismlar qanday xossalarga ega?
6. Beruniy mineralogiya sohasida qanday ishlarni amalga oshirgan?

36-§. QATTIQ JISMLARNING MEXANIK XOSSALARI

Deformatsiya

Qattiq jismlar o‘z-o‘zidan shaklini o‘zgartirmaydi. Agar qattiq jismga tashqi ta’sir berilsa, u o‘z shaklini o‘zgartirishi mumkin. Masalan, rezina arqonning uchlaridan ushlab tortilsa, arqonning qismlari bir-biriga nisbatan ko‘chadi, arqon uzunroq hamda ingichkaroq bo‘lib qoladi. Kuchlarning ta’siri to‘xtatilgandan keyin rezina arqon boshlang‘ich holatiga qaytadi.



Jismning tashqi kuch ta’sirida o‘z shaklini yoki o‘lchamini o‘zgartirishi deformatsiya deb ataladi.

Deformatsiya elastik yoki plastik bo‘lishi mumkin.

Tashqi kuchlarning ta’siri to‘xtatilgandan keyin jism shakli yoki o‘lchami o‘zining dastlabki holatiga qaytsa, bunday deformatsiyaga elastik deformatsiya deyiladi.

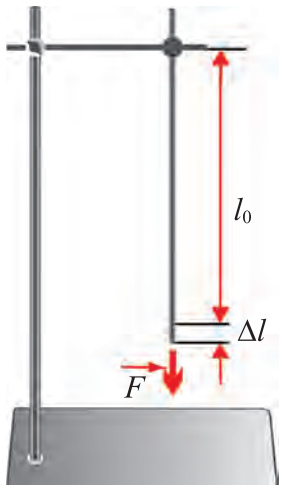
Bir parcha plastilinni barmoqlar bilan ezilsa, barmoqlar plastilindan olingandan so‘ng u dastlabki shaklini tiklay olmaydi.

Jismga qo‘yilgan tashqi ta’sir to‘xtatilgandan so‘ng deformatsiya butunlay yo‘qolmasa, bunday deformatsiya plastik deformatsiya deyiladi.

Loy, mum, qo‘rg‘oshin kabi jismlar shunday xossaga ega bo‘lib, ular plastik deformatsiyalanadi. Juda katta kuch hosil qiladigan presslar yordamida po‘lat buyumlarni shtampovka qilishda po‘latning plastiklik xossasidan foydalaniladi.

Cho‘zilish deformatsiyasi

Uzunligi l_0, ko‘ndalang kesim yuzasi S bo‘lgan rezina materialdan tayyorlangan sterjen olaylik. Sterjenning yuqori uchi shtativga mahkamlangan bo‘lsin. Uning pastki uchiga pastga yo‘nalgan F kuch bilan ta’sir etilsa, sterjen Δl ga uzayadi (52-rasm). Bunda F kuch deformatsiyalovchi kuch, Δl ***absolyut uzayish*** deb ataladi. Agar sterjen deformatsiyalanishi natijasida uzunligi l ga teng bo‘lsa, uning absolyut uzayishi quyidagicha aniqlanadi:



52- rasm

$$\Delta l = l - l_0 . \qquad (1)$$

O‘zgarmas kuch ta’sirida absolyut uzayish sterjenning dastlabki uzunligi l_0 ga bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun ***nisbiy uzayish*** degan tushuncha ham kiritilgan. Sterjenning nisbiy uzayishi quyidagicha ifodalanadi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{yoki} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Mexanik kuchlanish

Qattiq jismlarning mexanik xossalari deganda qattiq jismlarning tashqi mexanik kuchlar ta’siri ostida deformatsiyalanishi va shu kuchlar ta’siridagi yemirilishga bardosh berish qobiliyatini belgilovchi xossalari tushuniladi.

Deformatsiyalangan jismning birlik ko‘ndalang kesim yuzasiga ta’sir qilayotgan deformatsiyalovchi kuchga son jihatidan teng bo‘lgan fizik kattalik mexanik kuchlanish deyiladi va u σ harfi bilan belgilanadi.

Ta’rifga ko‘ra mexanik kuchlanish: $\sigma = \frac{F}{S}.$ (3)

σ – mexanik kuchlanish. Golland olimi Guk tajribada elastik deformatsiyada mexanik kuchlanish nisbiy uzayishga to‘g‘ri proporsional bo‘lishini aniqladi, ya’ni:

$$\sigma = E \cdot |\varepsilon|. \qquad (4)$$

Bu ifodada qatnashgan proporsionallik koeffitsiyenti ***E*** ga elastiklik moduli yoki ***Yung moduli*** deb ataladi. Xalqaro birliklar sistemasida mexanik kuchlanish va Yung modulining birligini, xuddi bosim birligi kabi **Paskal** qabul qilingan.

Yung moduli E qanchalik katta bo‘lsa, material shuncha kam deformatsiyalanadi. Ba’zi moddalarning elastiklik moduli jadvalda keltirilgan.

№	Modda	E, Pa	№	Modda	E, Pa
1	Qo‘rg‘oshin	$1{,}1 \cdot 10^{10}$	4	Mis	$1{,}1 \cdot 10^{11}$
2	Beton	$1{,}6 \cdot 10^{10}$	5	Po‘lat	$1{,}9 \cdot 10^{11}$
3	Alyuminiy	$7 \cdot 10^{10}$	6	Nikel	$2{,}1 \cdot 10^{11}$

Mexanik kuchlanishning $\sigma = \frac{F}{S}$ va nisbiy uzayishning $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ ifodalarini

Guk qonuni ifodasiga (4) qo‘yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{F}{S} = E\frac{|\Delta l|}{l_0}. \qquad (5)$$

Bundan $F = E \cdot S\frac{|\Delta l|}{l_0}$ (6) kelib chiqadi. Agar $\frac{E \cdot S}{l_0} = k$ deb belgilasak, (6) ifodani quyidagicha yozish mumkin: $F = k \cdot |\Delta l|$.

Mustahkamlik chegarasi

Bir uchi osmaga mahkamlangan po‘lat simning ikkinchi uchiga pallachani ilib unga yuk qo‘ysak, po‘lat sim taranglashadi. Pallaga birin-ketin yuklarni

qo‘yib borilsa, simdagi mexanik kuchlanish ham ortib boradi. Kuchlanishning ma’lum bir qiymatida sim uzilib ketadi. Modda materiali chidashi mumkin bo‘lgan mexanik kuchlanishning bu qiymatini mustahkamlik chegarasi deb atash qabul qilingan. Ba’zi moddalarning mustahkamlik chegarasi quyidagi jadvalda keltirilgan. Materialning mustahkamlik chegarasi modda turiga va uning tayyorlash texnologiyasiga bog‘liq bo‘ladi.

	Modda	σ, MPa
1	Beton	48
2	Alyuminiy	50 ÷115
3	Kapron	55 ÷ 80
4	Mramor	100
5	Po‘lat	170 ÷ 700

Elastiklik. Har qanday materiallardan yasalgan jism kichik deformatsiyalarda o‘zini elastik jism kabi tutadi. Tashqi ta’sir olib tashlangandan so‘ng jismning shakli va o‘lchamlari asliga keladi.

Mo‘rtlik. Qattiq jismlarning mo‘rtlik deb ataladigan xossasi amalda katta ahamiyatga ega. Agar material uncha ko‘p bo‘lmagan deformatsiyalarda yemirilsa, u mo‘rt material deb ataladi. Shisha va chinni buyumlar mo‘rt bo‘ladi. Shuningdek, cho‘yan va marmar mo‘rt hisoblanadi. Mo‘rt materiallarda plastiklik xossasi deyarli bo‘lmaydi.

1. Deformatsiya deb nimaga aytiladi? Uning qanday turlarini bilasiz?
2. Absolyut va nisbiy uzayish ifodalarini yozing va ularni tushuntiring.
3. Mexanik kuchlanish deb nimaga aytiladi? U qanday birlikda o‘lchanadi?
4. Yung moduli deb nimaga aytiladi? Uning ma’nosini tushuntirib bering.

37-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Metall sterjenning absolyut va nisbiy uzayishi mos holda 4 mm va 0,15 % bo‘lsa, deformatsiyalanmagan sterjenning uzunligini aniqlang.

Berilgan:
$\Delta l = 3\ \text{mm} = 3\cdot10^{-3}\ \text{m}$
$\varepsilon = 0{,}15\ \%.$

Topish kerak:
$l_0 = ?$

Formulasi:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}\cdot 100\,\%$$

bundan

$$l_0 = \frac{\Delta l}{\varepsilon}\cdot 100\%.$$

Hisoblash:

$$l_0 = \frac{3\cdot10^{-3}}{0{,}15\ \%}\cdot 100\ \% = 2\,m.$$

Javob: $l_0 = 2$ m.

2-masala. Diametri 2 mm bo‘lgan po‘lat simga 6 kg massali yuk osilgan. Simda qanday mexanik kuchlanish yuzaga keladi?

Berilgan:
$d = 2$ mm $= 2 \cdot 10^{-3}$ m
$m = 4$ kg.

Topish kerak:
$\sigma = ?$

Formulasi:

$F = m \cdot g$ va $S = \pi d^2/4$

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4mg}{\pi \cdot d^2}.$$

$$[\sigma] = \left[\frac{F}{S}\right] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa}.$$

Hisoblash:

$$\sigma = \frac{4 \cdot 4 \cdot 10}{3{,}14 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} =$$

$$= 1{,}27 \cdot 10^7 \ \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$$

Javob: $\sigma = 1{,}27 \cdot 10^7$ N / m^2.

3-masala. Uzunligi 4 m, kesimi 10 mm^2 bo‘lgan po‘lat simni 2 mm ga cho‘zish uchun qancha kuch qo‘yish kerak? Po‘lat uchun elastiklik moduli 190 GPa.

Berilgan:
$\ell_0 = 4$ m
$S = 10$ mm$^2 = 10^{-5}$ m^2
$\Delta l = 2$ mm $= 2 \cdot 10^{-3}$ m
$E = 190$ GPa $= 1{,}9 \cdot 10^{11}$ Pa.

Topish kerak:
$F = ?$

Formulasi:

$$\sigma = \frac{F}{S};$$

$$\sigma = E|\varepsilon| = E\frac{\Delta l}{l_0};$$

$$F = E\frac{\Delta l}{l_0} S.$$

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

Hisoblash:

$$F = \frac{1{,}9 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4} \text{N} =$$

$$= 950 \ \text{N}.$$

Javob: $F = 950$ N.

4-masala. Vertolyotdan tushirilayotgan po‘lat arqon o‘zining og‘irligi tufayli uzilib ketmasligi uchun uning uzunligi kamida qancha bo‘lishi kerak? Po‘latning mustahkamlik chegarasi $1{,}7 \cdot 10^8$ Pa, zichligi 7800 kg/m^3 ga teng.

Berilgan:
$\sigma = 1{,}7 \cdot 10^8$ Pa
$\rho = 7800$ kg/m^3
$g = 10$ m/s^2.

Topish kerak:
$l = ?$

Formulasi:

$$\sigma = \frac{\rho V g}{S} = \frac{\rho S l g}{S} = \rho l g;$$

$$l = \frac{\sigma}{\rho g}.$$

$$[l] = \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = \text{m}.$$

Hisoblash:

$$l = \frac{1{,}7 \cdot 10^8}{7800 \cdot 10} \text{m} = 2180 \text{m}.$$

Javob: $l = 2180$ m.

M 21

1. Diametri 2 cm bo‘lgan po‘lat arqonga og‘irligi 30 kN bo‘lgan yuk osilgan. Arqondagi mexanik kuchlanishni aniqlang.
2. 18 kN cho‘zish kuchi berilganda, $6 \cdot 10^7$ N/m^2 mexanik kuchlanish hosil bo‘lishi uchun po‘lat sterjenning ko‘ndalang kesim yuzasi qancha bo‘lishi kerak?
3. Mustahkamlik chegarasi 0,5 MPa va zichligi 4000 kg/m^3 bo‘lgan g‘isht devorning balandligi eng ko‘pi bilan qancha bo‘lishi mumkin?
4. Uzunligi 80 cm va ko‘ndalang kesim yuzi 0,5 mm^2 bo‘lgan simga massasi 25 kg bo‘lgan yuk osilganda sim 2 mm ga uzaydi. Shu sim uchun Yung modulini aniqlang.
5. Po‘latdan yasalgan sterjen uchiga 7,85 kN kuch qo‘yilganda u uzilib ketdi. Uning diametri qanday bo‘lgan? Po‘lat uchun mustahkamlik chegarasi 170 MPa.
6*. Bir uchidan osib qo‘yilgan po‘lat sim suvga tushirilmoqda. Sim o‘zining og‘irligi ta’sirida uzilib ketmasligi uchun simning uzunligi qancha bo‘lishi kerak? Po‘lat uchun mustahkamlik chegarasi 170 MPa, zichligi 7800 kg/m^3 ga teng.

38-§. QATTIQ JISMLARNING ERISHI VA QOTISHI

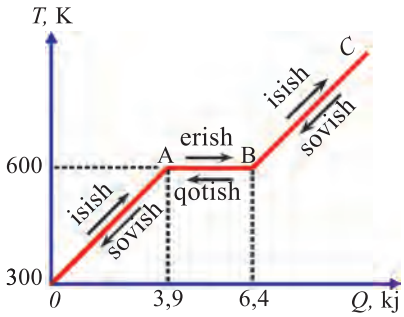
Qattiq jismga issiqlik berish yo‘li bilan uni suyuq holatga o‘tkazish mumkin.

Moddaning qattiq holatdan suyuq holatga o‘tish jarayoni *erish* deb ataladi.

Kristall jismni eritish uchun unga issiqlik berib, uning temperaturasini oshirib boraylik. Kristall jism temperaturasi ma’lum temperaturaga yetganda u eriy boshlaydi.

Kristall jismning erish jarayonidagi temperaturasi shu kristallning *erish temperaturasi* deb ataladi.

Kristall jismning erish va qotish jarayonini qo‘rg‘oshin misolida ko‘rib chiqaylik. Uning erish va qotish jarayonini grafik ravishda tasvirlaylik. Buning uchun koordinataning abssissa o‘qiga qo‘rg‘oshinga berilayotgan issiqlik miqdorini, ordinata o‘qiga esa kristall temperaturasining o‘zgarishini aks ettiraylik (53-rasm).



53 - rasm.

27 °C (300 K) temperaturali massasi 0,1 kg bo‘lgan qo‘rg‘oshin olaylik. Uni qiyin eriydigan metall idishga solib, issiqlik berib boraylik. Bu issiqlik qattiq holatdagi qo‘rg‘oshinning tem-

peraturasini oshirishga sarflana boradi. Bunda qo‘rg‘oshinga berilgan issiqlik uning ichki energiyasini oshirishga sarflanadi. Qo‘rg‘oshin temperaturasi 327 °C (600 K) ga yetganda u eriy boshlaydi va erib bo‘lguncha uning temperaturasi o‘zgarmay qoladi. Bu temperatura qo‘rg‘oshinning ***erish temperaturasidir***.

Erish temperaturasidagi kristall jismni butunlay suyuqlikka aylantirish uchun sarf bo‘lgan issiqlik miqdori erish issiqligi deyiladi.

Berilgan 0,1 kg massali qattiq holatdagi qo‘rg‘oshin temperaturasini 27 °C dan 327 °C gacha oshirish uchun $Q = cm(T_2 - T_1) = 130$ J/(kg ·K)·0,1 kg·(600 – 300) K = 3900 J = 3,9 kJ issiqlik miqdori sarflanadi (53-rasmda tasvirlangan *grafikning O – A qismi*).

Qo‘rg‘oshinning temperaturasi 327 °C (600 K)ga yetgandan keyingi berilgan issiqlik miqdori kristall panjarasini yemira boradi va kristall eriy boshlaydi. Qo‘rg‘oshin to‘la erib bo‘lgunga qadar uning temperaturasi o‘zgarmaydi (*grafikning A–B qismi*). Berilgan bu energiya kristall panjarasini parchalashga, uning atomlari orasidagi o‘zaro ta’sirni kamaytirishga, ya’ni qo‘rg‘oshinning ***suyuq holatga o‘tishiga*** sarflanadi.

Erish jarayonida kristall suyuqlikka to‘liq aylanib bo‘lmaguncha uning temperaturasi o‘zgarmaydi. Qo‘rg‘oshin suyuqlikka to‘liq aylanib bo‘lgandan keyin uning temperaturasi yana orta boradi (*grafikning B – C qismi*). Bunda berilgan issiqlik suyuq holatdagi qo‘rg‘oshin atomlarining harakat tezligini oshirishga, ya’ni ***kinetik energiyasini oshirishga*** sarflanadi.

Suyuq holatdagi qo‘rg‘oshinni qizdiruvchi olov o‘chirilsa, ya’ni unga energiya berilishi to‘xtatilsa, u soviy boshlaydi (*grafikning C – B qismi*). Bunda qo‘rg‘oshin atomlarining kinetik energiyasi, binobarin, moddaning ***ichki energiyasi kamaya boradi.*** Qo‘rg‘oshindan issiqlik ajralib chiqadi.

Suyuq qo‘rg‘oshin soviy borib, 327 °C (600 K)ga yetganda uning temperaturasi o‘zgarmay qoladi (*grafikning B – A qismi*). Bu temperatura ***qo‘rg‘oshinning qotish temperaturasidir***. Lekin qo‘rg‘oshindan issiqlik ajralib chiqishi davom etadi. Bunda qo‘rg‘oshin atomlarining kinetik energiyasi kamaya boradi va atomlar tartibli joylasha boshlaydi. Bu jarayon moddaning ***qotishi*** yoki ***kristallanishi*** deyiladi.

Qo‘rg‘oshin qattiq holatga o‘tib bo‘lgandan keyin uning temperaturasi yana pasaya boshlaydi (*grafikning A – O qismi*). Atomlarning kinetik energiyasi kamayishi hisobiga uning ***ichki energiyasi kamaya boradi***. Bunda temperatura dastlabki 27 °C gacha pasayguncha qo‘rg‘oshin atrof-muhitga issiqlik uzatadi. To‘liq kristall holatga qaytib, 327 °C dan 27 °C gacha soviguncha qo‘rg‘oshindan 3,9 kJ issiqlik miqdori ajralib chiqadi.

Boshqa barcha kristall jismlarning erish va qotish jarayonlari qo‘rg‘oshin kabi bo‘ladi. Ko‘rilgan erish va qotish jarayonidan quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Kristall jismning erish va qotish temperaturalari bir xil bo‘ladi.
2. Kristall jism erish jarayonida tashqaridan qancha issiqlik miqdori olsa, qotish jarayonida tashqariga shuncha issiqlik miqdori beradi.
3. Kristall jismning erish va qotish jarayonlarini ifodalovchi issiqlik grafiklari ustma-ust tushadi.

Qo‘rg‘oshin kabi boshqa kristall jismlar ham aniq erish (qotish) temperaturasiga ega. Quyidagi jadvalda ayrim moddalarning erish temperaturasi t_e keltirilgan.

№	**Modda**	t_e, °C	№	**Modda**	t_e, °C	№	**Modda**	t_e, °C
1	Simob	-39	5	Rux	420	9	Cho‘yan	1220
2	Muz	0	6	Alyuminiy	660	10	Temir	1539
3	Qalay	232	7	Oltin	1064	11	Platina	1769
4	Qo‘rg‘oshin	327	8	Mis	1083	12	Volfram	3410

1. Erish deb qanday jarayonga aytiladi?
2. Erish temperaturasi deb qanday temperaturaga aytiladi?
3. Erish issiqligi deb qanday issiqlikka aytiladi?
4. 53-rasmda tasvirlangan grafikni tahlil qilib bering.

39-§. MODDANING SOLISHTIRMA ERISH ISSIQLIGI. AMORF JISMLARNING ERISHI VA QOTISHI

Moddaning solishtirma erish issiqligi

Erish temperaturasida turgan 1 kg kristall moddani to‘liq eritish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdoriga solishtirma erish issiqligi deyiladi va λ (lyamda) bilan belgilanadi.

Ta’rifga ko‘ra, m massali moddaning solishtirma erish issiqligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\lambda = \frac{Q_e}{m}, \qquad (1)$$

bunda Q_e – erish temperaturasida moddani suyuqlikka aylantirish uchun zarur bo‘ladigan issiqlik miqdori. λ asosan J/kg va kJ/kg, birliklarda o‘lchanadi.

(1) formuladan solishtirma erish issiqligi λ bo‘lgan m massali jismni erish temperaturasida eritish uchun zarur bo‘ladigan issiqlik miqdorini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Q_e = \lambda \cdot m. \qquad (2)$$

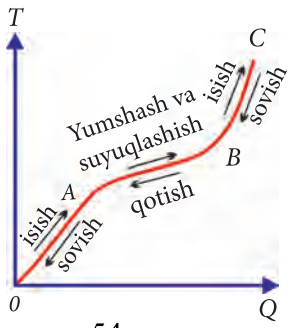
Berilgan massali kristall jismni erish temperaturasida suyuqlikka aylantirish uchun qancha issiqlik miqdori sarflangan bo‘lsa, shu temperaturada suyuq holatdan qattiq holatga aylanishida shuncha issiqlik miqdori ajralib chiqadi.

Ayrim kristallarning solishtirma erish issiqligi quyidagi jadvalda berilgan.

№	**Modda**	λ, kJ / kg	№	**Modda**	λ, kJ / kg
1	Simob	12	6	Kumush	105
2	Qo‘rg‘oshin	25	7	Mis	205
3	Qalay	60	8	Temir	266
4	Oltin	64	9	Muz	334
5	Po‘lat	84	10	Alyuminiy	385

Amorf jismlarning erishi va qotishi

Amorf jismga issiqlik berilganda uning temperaturasi avval bir tekis ortib boradi (54-rasmdagi *grafikning O–A qismi*). Bunda berilgan issiqlik jismdagi molekulalarning o‘z joyida tebranishlarini kuchaytirishga, ya’ni ***kinetik energiyasini oshirishga*** sarf bo‘ladi.



54-rasm.

A nuqtadan boshlab temperaturaning ortishi sekinlashadi (*grafikning A–B qismi*). Berilgan issiqlik ***molekulalarning kinetik energiyasini*** **va** ***molekulalarning o‘zaro ta’sir potensial energiyasini oshirishga*** sarflanadi. Bunda molekulalar orasidagi bog‘lanishning mustahkamligi kamaya borishi natijasida jism yumshab suyuqlasha boradi.

Jism batamom suyuqlikka aylangandan keyin berilgan issiqlik miqdori molekulalarning harakat tezligini oshirishga, ya’ni ***kinetik energiyaning ortishiga*** sarflanadi (*grafikning B – C qismi*).

Amorf jismlar **aniq erish temperaturasiga ega emas. Issiqlik berilganda amorf jismlar avval asta-sekin yumshaydi, so‘ngra suyuqlikka o‘ta boshlaydi.**

Suyuq holatga aylangan amorf jism sovitilgandagi qotishi erish jarayoniga teskari bo‘ladi. Kristall jismdagi kabi amorf jismning erish jarayonidagi temperaturaning issiqlik miqdoriga bog‘liqlik grafigi qotish jarayonidagi grafik bilan ustma-ust tushadi.

Erish jarayonini o‘rganish tabiatda (masalan, Yer sirtida qor va muzning erishi), fan va texnikada (masalan, sof metallar, qotishmalarni olishda, kavsharlashda) muhim ahamiyatga ega.

Masala yechish namunasi

20 °C temperaturadagi 4 kg massali suvga 0 °C temperaturali muz solindi. Muz butunlay erib ketishi uchun uning massasi ko‘pi bilan qanday bo‘lishi kerak? Muzning solishtirma erish issiqligi 336 kJ/kg.

Berilgan:
$t_1 = 20$ °C
$m_1 = 4$ kg
$t_2 = 0$ °C
$\lambda = 336$ kJ/kg.

Topish kerak:
$m_2 = ?$

Formulasi: $Q_1 = Q_2$

$Q_1 = m_1 c(t_1 - t_2)$ va $Q_2 = \lambda m_2$

$$m_2 = \frac{m_1 c(t_1 - t_2)}{\lambda}.$$

$$[m_2] = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \text{K}}{\frac{\text{J}}{\text{kg}}} = \text{kg}.$$

Hisoblash:

$$m_2 = \frac{4 \cdot 4200 \cdot 20}{336 \cdot 10^3}\,\text{kg} = 1\,\text{kg}.$$

Jabob: $m_2 = 1$ kg.

1. Moddaning solishtirma erish issiqligi deb nimaga aytiladi?
2. Moddaning solishtirma erish issiqligining formulasi qanday ifodalanadi? Uning o‘lchov birliklarini ayting.
3. Amorf jismlarning erish va qotish jarayonini tushuntirib bering.
4. Amorf jismlarning erish va qotish jarayoni kristall jismlarning erish va qotishidan qanday farq qiladi?

M 22

1. Erish temperaturasida turgan 3 kg muzni suvga aylantirish uchun unga qancha issiqlik miqdori berish kerak?
2. Erish temperaturasida turgan m massali qalayni to‘liq eritishga 10 kJ issiqlik miqdori sarflandi. Eritilgan qalayning massasini toping.
3. Muzlatkichga qo‘yilgan 0 °C dagi 0,5 l suv batamom muzlaguncha undan qancha issiqlik ajralib chiqadi?
4. Erish temperaturasida turgan 5 kg jismni batamom eritguncha 420 kJ issiqlik miqdori sarflandi. Bu jism qaysi moddadan tayyorlangan?
5. Temperaturasi 0 °C bo‘lgan 1 l suvni qaynatish uchun sarflanadigan energiya shunday temperaturadagi qancha muzni eritishi mumkin?
6. Sirtining yuzasi 250 m^2 bo‘lgan hovuz suvi 0 °C temperaturada 1 mm qalinlikdagi muz bilan qoplandi. Bunda atrofga qancha issiqlik miqdori ajralgan? Muzning zichligini 900 kg/m^3 ga teng deb oling.

40- §. BUG‘LANISH VA KONDENSATSIYA

Og‘zi yaxshilab berkitilgan idishda suyuqlik (masalan, atir) uzoq vaqt tursa-da uning miqdori o‘zgarmaydi. Og‘zi ochiq qoldirilsa, vaqt o‘tishi bilan uning miqdori kamaya boradi va uzoq vaqtdan keyin idishda atir qolmaganligini ko‘ramiz. Kuzatilgan bu fizik hodisaga bug‘lanish hodisasi sababdir.



Moddaning suyuq yoki qattiq agregat holatidan gaz holatga o‘tish jarayoni *bug‘lanish* deyiladi.

Moddaning gaz holatiga o‘tishi uning erkin sirtida bug‘ hosil bo‘lishi bilan kechadi. Biz avval suyuqlikning bug‘ holatiga o‘tishini ko‘rib chiqamiz.

Har qanday temperaturada suyuqlik ichida molekulalar orasida kinetik energiyasi katta bo‘lgan molekulalar topiladi. Ular boshqa molekulalarning tortishish kuchlarini yengib, suyuqlikning sirtqi qatlamini «yorib o‘tib» uchib chiqishi va gaz holatiga o‘tishi mumkin.

Suyuqlik temperaturasi ortishi bilan bug‘lanish ham ortadi. Bug‘lanish suyuqlik ustidagi havoning holatiga ham bog‘liq. Shamol esib turganda suyuqlik sirtidagi molekulalarga shamol qo‘shimcha energiya berganligi tufayli suyuqlik tezroq bug‘lanadi. Masalan, agar havoning temperaturasi yuqori hamda shamol esib turgan bo‘lsa, ko‘lmak suv tezroq quriydi.

Tarelkaga va stakanga bir xil miqdorda suv solaylik. Bir necha soatdan so‘ng, tarelkadagi suv bug‘lanib ketadi, stakandagi suv qoladi. Demak, bug‘lanish suyuqlik sirtining kattaligiga ham bog‘liq ekan. Shuningdek, bug‘lanish tezligi suyuqlik sirtiga ta’sir qilayotgan atmosfera bosimiga ham bog‘liq. Atmosfera bosimi past bo‘lgan joylarda bug‘lanish tezlashadi.

Solishtirma bug‘lanish issiqligi

Bug‘lanish jarayonida energiyasi kattaroq bo‘lgan molekula boshqa molekulalarning tortishish kuchini yengib, suyuqlikdan tashqariga chiqib ketadi. Bug‘lanayotgan molekulalarning tashqariga chiqib ketishi uchun ish bajariladi. Shu sababli bug‘lanish jarayonida suyuqlik soviydi.

Bug‘lanishda suyuqlik temperaturasi o‘zgarmasligi uchun unga tashqaridan issiqlik berib turish kerak bo‘ladi. Bu berib turilishi lozim bo‘lgan issiqlik miqdori ***bug‘lanish issiqligi*** deyiladi.



O‘zgarmas temperaturada 1 kg suyuqlikni to‘la bug‘ga aylantirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdori solishtirma bug‘lanish issiqligi deyiladi va *r* harfi bilan belgilanadi.

Ta’rifga ko‘ra, m massali suyuqlikning solishtirma bug‘lanish issiqligi quyidagicha ifodalanadi:

$$r = \frac{Q_b}{m}. \qquad (1)$$

Bu ifodaga ko‘ra solishtirma bug‘lanish issiqligining birligi J/kg da ifodalanadi. (1) ifodadan m massali suyuqlikni to‘la bug‘ga aylantirish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdorini hisoblash ifodasi kelib chiqadi, ya’ni:

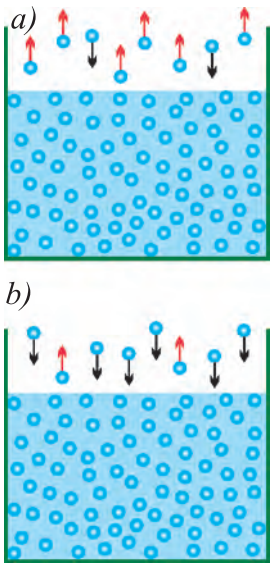
$$Q_b = r \cdot m. \qquad (2)$$

Normal sharoitda qaynash temperaturasida turgan 1 kg suvni to‘la bug‘ga aylantirish uchun $2{,}3 \cdot 10^6$ J energiya sarflanadi. Demak, suv uchun solishtirma bug‘lanish issiqligi $r = 2{,}3 \cdot 10^6$ J/kg ga teng ekan.

Kondensatsiya

Bug‘lanish jarayoniga bir vaqtda teskari jarayon ham mavjud, ya’ni bug‘ yana suyuqlikka aylanadi. Og‘zi yopiq idishdagi suyuqlik miqdorining o‘zgarmay qolishiga ayni shu bug‘ning kondensatsiyalanishi sababdir.

Bug‘ning suyuqlik holatiga o‘tish jarayoni *kondensatsiya* deb ataladi.



55-rasm.

«*Kondensatsiya*» lotinchada «*zichlashish*», «*quyuqlashish*» degan ma’nolarni bildiradi.

Odatda, suyuqlik bir vaqtda ham bug‘lanadi, ham kondensatsiyalanadi. Bug‘lanish jarayoni ustunroq bo‘lsa, suyuqlik bug‘lanadi deyiladi (55-*a*, rasm). Kondensatsiya jarayoni ustunroq bo‘lganda esa, kondensatsiyalanadi deyiladi (55-*b*, rasm).

Atmosferadagi suv bug‘larining kondensatsiyasi natijasida *yomg‘ir*, *do‘l*, *qor*, *shudring* va *qirov* hosil bo‘ladi.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuniga ko‘ra berilgan suyuqlikni bug‘lantirish uchun qancha issiqlik miqdori sarflangan bo‘lsa, bug‘ kondensatsiyalanib shunday temperaturali suyuqlikka aylanganda bug‘lanish issiqligiga teng bo‘lgan issiqlik miqdori ajralib chiqadi va bu issiqlikka kondensatsiyalanish issiqligi deyiladi.

$$Q_k = -Q_b = -r \cdot m. \qquad (3)$$

To‘yingan va to‘yinmagan bug‘

Bug‘lanayotgan suyuqlikning usti berkitilsa, suyuqlik ustida bug‘ to‘planib boradi. Dastlab, bug‘lanayotgan molekulalar soni kondensatsiyalanayotgan molekulalar sonidan ko‘p bo‘ladi. Bu holda suyuqlik ustidagi bug‘ ***to‘yinmagan bug‘*** deyiladi.

Yopiq idishdagi suyuqlik ustida bug‘ molekulalari ko‘payishi bilan kondensatsiyalanish ham ortadi. Ma’lum vaqtga borib bug‘lanish va kondensatsiyalanish tezligi tenglashadi. Bunday holat ***dinamik muvozanatli holat*** deyiladi.

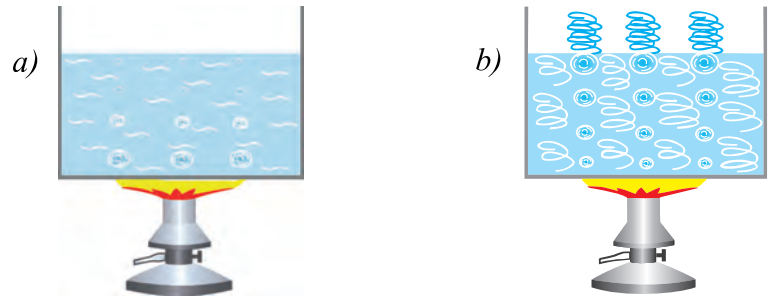
O‘zining suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo‘lgan bug‘ *to‘yingan bug‘* deb ataladi. Bunday sharoitda suyuqlik ustida qaror topgan bug‘ning bosimi *to‘yingan bug‘ning bosimi* deyiladi.

Suyuqlik temperaturasi orta borganda to‘yingan bug‘ bosimi ham ortadi. To‘yingan bug‘ning bosimini $p = nkT$ tenglama orqali ifodalash mumkin.

Qaynash

Har qanday sharoitda suyuqlik ichida ko‘zga ko‘rinmaydigan havo pufakchalari mavjud bo‘ladi. Suyuqlik ustidagi kabi bu pufakchalar ichida ham suyuqlik bug‘lari hosil bo‘ladi. Suyuqlik, masalan, suv temperaturasi orta borganda pufakchalardagi bug‘ning bosimi ham orta boradi va pufakchalar kattalashadi. Kattalashgan pufakchalar Arximed kuchi ta’sirida yuqoriga intiladi.

Suvning yuqori qatlamlari idish tubiga nisbatan yetarli darajada isib ulgurmaganligi uchun pufakchalardagi bug‘ning ma’lum qismi kondensatsiyalanadi (56-*a* rasm). Bu hodisa suvning qaynash oldidan o‘ziga xos ovoz chiqarishida namoyon bo‘ladi. Ma’lum vaqtdan keyin suyuqlikning butun hajmida temperatura tenglashadi. Ko‘tarilayotgan pufakchalar endi kichiklashmaydi. Ular sirtga chiqib yorilib – «portlab», havoda bug‘ hosil qiladi (56-*b,* rasm).



56-rasm.

Suyuqlikning butun hajmi bo‘ylab bug‘ hosil bo‘lish jarayoni qaynash deb ataladi.

Qaynash paytida suyuqlikning butun hajmida temperatura tenglashadi va u intensiv ravishda bug‘lanadi. Suyuqlik qaynay boshlaganda uning temperaturasi ortishi to‘xtaydi. Uning butun hajmida pufakchalar paydo bo‘ladi. Bu temperatura **suyuqlikning qaynash temperaturasi** deyiladi.

Qaynash temperaturasi turli suyuqliklar uchun turlicha bo‘ladi. Masalan, normal sharoitda spirt 78 °C da, suv 100 °C da qaynaydi.

Tashqi bosim qancha katta bo‘lsa, qaynash temperaturasi shunchalik yuqori bo‘ladi. Masalan, ichidagi bosim $16 \cdot 10^5$ Pa ga teng bo‘lgan bug‘ qozonida suv 200 °C da ham qaynamaydi. Tibbiyot muassasalarida jarrohlik asboblarini yuqumli bakteriyalardan zararsizlantirish uchun ular yuqori bosimda qaynatiladi.

Tashqi bosim pasayishi bilan esa suyuqlikning qaynash temperaturasi pasaya boradi. Masalan, tog‘ning 5 km balandligida atmosfera bosimi pastroq bo‘lgani uchun suv 84 °C da qaynaydi. Bunday temperaturada suv har qancha qaynatilsa ham unga solingan go‘sht pishmaydi. Uni pishirish uchun idish germetik berkitilib qaynatilishi kerak.

1. Bug‘lanish deb qanday jarayonga aytiladi? U qanday amalga oshadi?
2. Nima uchun o‘rilgan o‘t shamol bo‘lmaganiga qaraganda, shamol bo‘lganda tezroq quriydi?
3. Kondensatsiya jarayoni qanday kechishini tushuntirib bering.
4. Qanday bug‘ to‘yinmagan bug‘ bo‘ladi?
5. To‘yingan bug‘ deb qanday holatdagi bug‘ga aytiladi?
6. Suvni qizdirmasdan qaynatish mumkinmi?
7. Suv 250 ^{0}C temperaturada ham suyuq holatda bo‘ladimi?
8. Ko‘p qavatli imoratlarning birinchi va oxirgi qavatlarida suvning qaynash temperaturasi qanday farq qiladi?

41-§. ATMOSFERADAGI HODISALAR

Havoning namligi

Yer sharining 2/3 qismini suv tashkil qiladi.Suvning bug‘lanishi tufayli atmosferaning tarkibida har doim suv bug‘i bo‘ladi. Tarkibida suv bug‘i bo‘lgan havo nam havo yoki **namlik** deyiladi. Havoda suv bug‘lari qancha ko‘p bo‘lsa, uning namligi shuncha yuqori hisoblanadi.

1m^3 havodagi suv bug‘ining massasi havoning absolyut namligi deb ataladi.

Absolyut namlik 1m^3 havoda necha gramm suv bug‘i mavjudligini bildiradi. Berilgan hajmdagi havoda suv bug‘ining massasi orqali absolyut namlik quyidagicha hisoblanadi:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (1)$$

Namlik ma'lum ρ_0 miqdorga yetganda havo suv bug'iga to'yinadi. Bu paytda havodagi suv bug'ining zichligini to'yingan suv bug'ining zichligi deb atash qabul qilingan. Havo temperaturasi ortishi bilan, uning to'yinish chegarasi ham ortib boradi.

Havodagi suv bug'ining to'yinganlik darajasini baholash uchun nisbiy namlik tushunchasi kiritilgan. Temperaturasi t bo'lgan havoda mavjud bo'lgan suv bug'ining zichligi, absolyut namligi shu temperaturada to'yingan bug' zichligiga nisbatining foizlarda olingan qiymati **havoning nisbiy namligi** deyiladi, ya'ni:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%. \qquad (2)$$

Demak, absolyut namlikning berilgan temperaturadagi to'yingan bug' zichligiga nisbati nisbiy namlik ekan. Nisbiy namlik havoning suv bug'iga qanchalik to'yinganligini anglatadi. Nisbiy namlik 100% ga teng bo'lganda havodagi suv bug'ining to'yinganligi, bug'lanish sodir bo'lmayotganligini bildiradi.

Ba'zida havodagi suv bug'ining bosimi ham absolyut namlik deyiladi. Shuning uchun absolyut namlikni suv bug'ining bosimi orqali ham ifodalashimiz mumkin. Temperaturasi t bo'lgan havoda mavjud bo'lgan suv bug'i bosimi p ning shu temperaturada to'yingan bug'ning bosimi p_0 ga nisbatining foizlarda olingan qiymati orqali havoning nisbiy namligi deyiladi va uni quyidagicha hisoblaymiz, ya'ni:

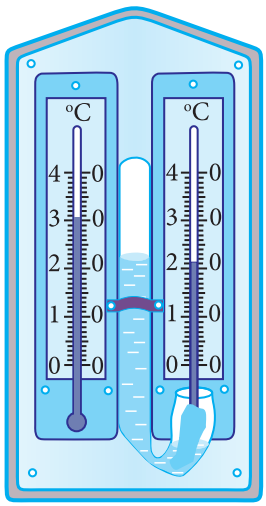
$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\%, \qquad (3)$$

bunda p – havodagi suv bug'ining bosimi, p_0 – to'yingan bug'ning bosimi.

Temperaturaning turli qiymatlari uchun to'yingan suv bug'ning zichligi va to'yingan suv bug'ining bosimi quyidagi jadvalda keltirilgan.

t, °C	ρ_0, g/m^3	p_0, k*Pa*	t, °C	ρ_0, g/m^3	p_0, k*Pa*	t, °C	ρ_0, g/m^3	p_0, k*Pa*
1	5,2	0,653	11	10,0	1,31	21	18,3	2,49
2	5,6	0,706	12	10,7	1,39	22	19,4	2,64
3	6,0	0,759	13	11,4	1,49	23	20,6	2,81
4	6,4	0,813	14	12,1	1,59	24	21,8	2,98
5	6,8	0,880	15	12,8	1,71	25	23,0	3,17
6	7,3	0,933	16	13,6	1,81	26	24,4	3,36
7	7,8	0,999	17	14,5	1,93	27	25,5	3,56
8	8,3	1,07	18	15,4	2,07	28	27,2	3,78
9	8,8	1,15	19	16,3	2,19	29	28,7	3,99
10	9,4	1,23	20	17,3	2,33	30	30,3	4,24

Havoning nisbiy namligini o‘lchash



57-rasm.

Tuzilishi oddiy bo‘lgan Avgust psixrometridan foydalanib havo namligini o‘lchash mumkin (yunoncha *psixros–sovuq*). U biri quruq, ikkinchisi nam termometrdan iborat (57-rasm). Birinchi termometr havo temperaturasini o‘lchaydi. Ikkinchisining uchi mato bilan o‘ralib, pastki uchi suvli idishga tushirilgan bo‘ladi. Havo qanchalik quruq bo‘lsa, suv matodan shunchalik tez bug‘lanadi va uning temperaturasi shunchalik past bo‘ladi. Quruq va nam termometrlar ko‘rsatgan temperaturalar farqini hisoblab, psixrometrik jadvaldan nisbiy namlik aniqlanadi. Psixrometrik jadval shu asbobning o‘zi bilan birga beriladi. Psixrometrik jadvalning bir qismi (15–28 °C uchun) jadvalda keltirilgan.

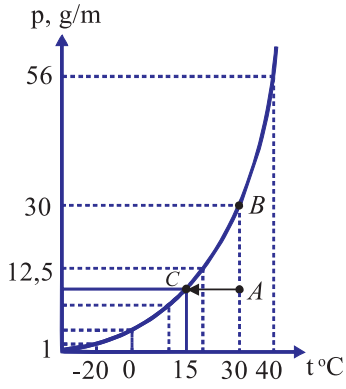
Masalan, 57-rasmdagi psixrometrning quruq termometri 28 °C, nam termometri 21 °C ni ko‘rsatmoqda. Bunda termometrlardagi farq 7 °C ni tashkil etadi. Psixrometrik jadvaldan havoning nisbiy namligi 53 % ekanligini aniqlash mumkin.

Psixrometrik jadval

Quruq termometrning ko‘rsatishi, °C	Quruq va nam termometrlar ko‘rsatishlarining farqi, °C										
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	29
	Nisbiy namlik, %										

Odatda, havoning nisbiy namligi 50 % dan kam bo‘lganda havo quruq, 50–80 % bo‘lganda me’yorida, 80 % dan katta bo‘lganda nam hisoblanadi. Namlikning katta bo‘lishi metall buyumlarning zanglashiga, yog‘och buyumlarning shishishiga olib keladi. Quruq havoda esa yog‘och buyumlar o‘z namligini yo‘qotib, qiyshayishi va yorilishi mumkin.

Yog‘inlarning hosil bo‘lishi



58-rasm.

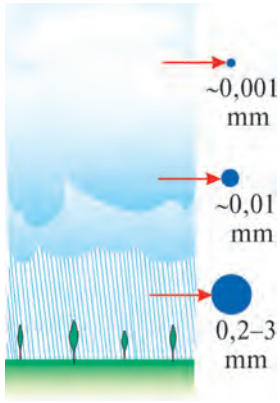
Yer yuzi ustida havo namligi katta bo‘lganda suv bug‘larining bir qismi kondensatsiyalanib, mayda suv tomchilariga aylanadi. Ularning atmosferadagi aralashmasi ***tuman*** deb ataladi.

To‘yinmagan suv bug‘i sovitilsa, ma’lum bir temperaturada to‘yingan bug‘ga aylanadi. Aytaylik, kunduzi 30 °C li havoning absolyut namligi 12,5 g/m^3 bo‘lsin (58-rasmdagi *A* nuqta). Bunday temperaturada havodagi suv bug‘lari to‘yinmagan bo‘ladi, to‘yinishi uchun suv bug‘ining zichligi 30 g/m^3 bo‘lishi kerak (*B* nuqta). Lekin tunda havo temperaturasi pasayib, tongga yaqin 15 °C ga tushishi mumkin. Bunday temperaturada havodagi mavjud suv bug‘lari (12,5 g/m^3) to‘yingan holatga o‘tadi (*C* nuqta) va ular qisman kondensatsiyalanib, yerga ***shudring*** bo‘lib tushadi. Bu holda *C* nuqtaga to‘g‘ri kelgan t_{sh} temperatura shudring nuqtasidir.

Suv bug‘i to‘yinadigan temperatura *shudring nuqtasi* deb ataladi.

Havoning absolyut namligini shudring nuqta orqali aniqlaydigan asbobga **gigrometr** deyiladi.

Temperatura 0 °C dan past bo‘lgan paytlarda kondensatsiyalangan suv bug‘lari muz zarrachalarini hosil qilib, yerga ***qirov*** bo‘lib tushadi.

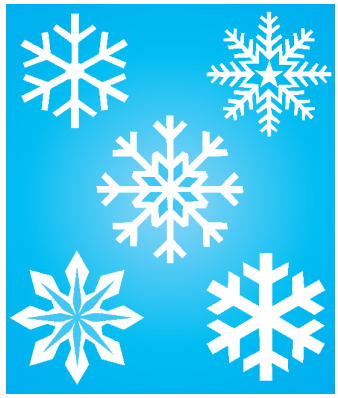


59-rasm.

Okean va quruqliklardan ko‘tarilgan bug‘larning katta qismi yerdan bir necha kilometr balandlikda uchib yuradi. Bunday balandlikda temperatura yer sirtidagiga nisbatan ancha past bo‘ladi. Bunday sharoitda suv bug‘larining to‘yinishi oson bo‘ladi. Namlik yuqori bo‘lganda va temperatura yanada pasayganda to‘yingan bug‘lar kondensatsiyalanib, mayda suv zarrachalarini hosil qiladi. Ular bizga ***bulut*** bo‘lib ko‘rinadi. Temperatura yanada pasayganda suv zarrachalari birlashib, suv tomchilariga aylana boradi. O‘z og‘irligini tutib turolmagan suv tomchilari yerga ***yomg‘ir*** bo‘lib tusha boshlaydi (59-rasm).

Bulutdagi temperatura sovib ketganda suv bug‘lari muz zarrachalarini hosil qilib kondensatsiyalanadi. Muz zarrachalari bir-biri bilan birlashib, ***qor*** uchqunlarini hosil qiladi va shu tariqa qor yog‘adi (60-rasm).

Past temperaturali bulutda hosil bo‘lgan muz zarrachalari havo oqimlari ta’sirida bir necha marta yuqoriga-pastga harakat qilishi mumkin. Bunda muz zarrachalari har gal ko‘tarilganda ularni muz pardasi qoplaydi. Har bir ko‘tarilib tushganda muz zarrachalari yiriklasha boradi va ***do‘l*** hosil bo‘ladi.



60-rasm.

Ob-havo

Havoning temperaturasi, namligi, bosimi, shamol, bulut, yog‘inlar, tuman, shudring, qirov kabi atmosferadagi hodisalar havo holatini tashkil etadi.

Aniq bir vaqtda ma’lum bir joyda havoning holati *ob-havo* deb ataladi. Havoning temperaturasi, namligi va bosimi ob-havoning *asosiy elementlari* deyiladi.

Ob-havoning asosiy elementlarining holatiga bog‘liq ravishda shamol, bulutlar hosil bo‘ladi, yog‘inlar yog‘adi. Masalan, havo temperaturasining pasayishi atmosfera bosimining kamayishiga, nisbiy namlikning ortishiga olib keladi. Bosimning o‘zgarishi shamolni hosil qiladi, nisbiy namlikning oshishi esa yog‘inni vujudga keltiradi. Shamol yer yuzidagi havo oqimini va bulutlarni bir joydan boshqa joyga haydab yuradi. Bu esa havo temperaturasining o‘zgarishiga va yog‘inlar yog‘ishiga olib kelishi mumkin.

Ob-havoni oldindan bilish muhim ahamiyatga ega. Ob-havoni o‘rganish meteorologiya markazlarida amalga oshiriladi. O‘zbekistonda ob-havoni o‘rganish bo‘yicha Toshkent shahrida va viloyatlarda gidrometeorologik markaz xizmat qiladi.

1. Absolyut namlik deb qanday kattalikka aytiladi?
2. Havoning nisbiy namligi deb nimaga aytiladi va qanday ifodalanadi?
3. Avgust psixrometri yordamida nisbiy namlik qanday o‘lchanadi?
4. Shudring nuqta deb nimaga aytiladi?
5. Tuman, shudring va qirov qanday hosil bo‘lishini tushuntiring.
6. Bulut, yomg‘ir, qor va do‘l qanday hosil bo‘ladi?
7. Ob-havo deb nimaga aytiladi?
8. Ob-havoni o‘rganish xizmati haqida nimalarni bilasiz?

42-§. LABORATORIYA ISHI. HAVONING NISBIY NAMLIGINI ANIQLASH

Ishning maqsadi: Havoning namligini tajribada aniqlashni o‘rganish.

Kerakli jihozlar: Avgust psixrometri (yoki ikkita bir xil termometrlar), suv solinadigan idish va doka.

Laboratoriya ishini bajarishdan oldin quyidagi jadvalni chizib oling.

№	t, C	t_h, C	Δt, C	φ, %	ρ, g/m^3
1					
2					
3					

Ishni bajarish tartibi

1. Psixrometr idishchasiga suv soling va 4-5 daqiqa kuting.
2. Quruq va ho‘l termometrlar ko‘rsatishlarini yozib oling.
3. Quruq va ho‘l termometrlarning t va t_h ko‘rsatishlarini yozib oling.
4. Quruq va ho‘l termometrlarning ko‘rsatishlarining farqini, ya’ni: $\Delta t = t - t_h$ hisoblang.
5. Psixrometrik jadvaldan quruq termometrning t ko‘rsatishiga va Δt mos kelgan nisbiy namlikni belgilang (121- betda psixrometrik jadval berilgan).
6. 120-betda berilgan jadvaldan foydalanib, xonadagi absolyut namlikni aniqlang.
7. Tajriba natijalarini jadvalga yozing.

Izoh. Laboratoriya o‘quv jihozlari ichida Avgust psixrometri bo‘lmay, faqat termometrlar bo‘lsa, ulardan psixrometr qurilmasini yig‘ish mumkin. Agar faqat bitta termometr bo‘lsa, u holda dastlab xona temperaturasini o‘lchab olasiz. So‘ng shu termometrning rezervuarini ho‘l mato (doka) bilan o‘rab, matoning bir qismini suvli idishga tushirib qo‘yasiz. 5-6 daqiqa o‘tgach termometrning ko‘rsatishini yozib olasiz. Olingan natijalar asosida havoning nisbiy namligini hisoblaysiz.



1. Havoning nisbiy namligini aniqlash usulini ayting.
2. Tajriba natijalariga ko‘ra, xonadagi absolyut namlik qanday hisoblanadi?

43-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. 16 °C temperaturada havodagi nisbiy namlik 70 % ni tashkil qilgan bo‘lsa, absolyut namlik qanday bo‘ladi? 16 °C temperaturada to‘yingan suv bug‘ining zichligi 13,6 g/m³ ga teng.

Berilgan:
$t = 16\ ^\circ C$
$\varphi = 70\ \%$
$\rho_t = 13{,}6\ g/m^3$.

Topish kerak:
$\rho = ?$

Formulasi:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_t}\cdot 100\%; \quad \rho = \frac{\varphi\cdot\rho_t}{100\,\%}.$$

$$[\rho] = \frac{\varphi\cdot\rho_t}{100\%} = \frac{\%}{\%}\cdot\frac{kg}{m^3} = \frac{kg}{m^3}.$$

Hisoblash:

$\rho = 0{,}7\cdot 13{,}6\ g/m^3 = 9{,}52\ g/m^3$.

Javob: $\rho = 9{,}52\ g/m^3$.

2-masala. 17 °C temperaturada havodagi suv bug‘ining bosimi 2 kPa ga teng bo‘lsa absolyut namlik nimaga teng bo‘ladi?

Berilgan:
$t = 17\ ^\circ C$
$T = 290\ K$
$p = 2\cdot 10^3\ Pa$
$M = 18\cdot 10^{-3}\ kg/mol$

Topish kerak:
$\rho = ?$

Formulasi:

$$pV = \frac{m}{M}RT; \qquad \frac{m}{V} = \frac{M\,p}{RT};$$

$$\rho = \frac{m}{V}; \qquad \rho = \frac{M\,p}{RT}.$$

$$[\rho] = \frac{\frac{kg}{mol}\cdot\frac{N}{m^2}}{\frac{J}{mol\cdot K}\cdot K} = \frac{kg\cdot\frac{N}{m^2}}{N\cdot m} = \frac{kg}{m^3}.$$

Hisoblash:

$$\rho = \frac{18\cdot 10^{-3}\cdot 2\cdot 10^3}{8{,}31\cdot 290}\frac{kg}{m^3} =$$

$$= 14{,}9\cdot 10^{-3}\frac{kg}{m^3}.$$

Javob: $\rho = 14{,}9\ g/m^3$.

3-masala. Temperaturasi 20 °C bo‘lgan havoda, temperaturasi 8 °C bo‘lgan jism terlay boshlaydi. Havoning nisbiy namligini aniqlang. 8 °C temperaturada to‘yingan suv bug‘ining bosimi 1,06 kPa, 20 °C temperaturada to‘yingan suv bug‘ining bosimi 2,33 kPa ga teng.

Berilgan:
$t_1 = 20\ ^\circ C$
$t_2 = 8\ ^\circ C$
$p = 1{,}06\ kPa = 1060\ Pa$
$p_0 = 2{,}33\ kPa = 2330\ Pa$

Topish kerak:
$\varphi = ?$

Formulasi:

$$\varphi = \frac{p_p}{p_{tb}}\cdot 100\,\%.$$

$$[\rho] = \frac{Pa}{Pa}\cdot\% = \%.$$

Hisoblash:

$$\varphi = \frac{1060}{2330}\cdot 100\,\% = 45{,}5\,\%.$$

Javob: $\varphi = 45{,}5\ \%$.

M 23

1. Qaynash temperaturasida 5 kg suvni to‘la bug‘ga aylanishi uchun qancha issiqlik miqdori kerak? Suvning solishtirma bug‘lanish issiqligi $2{,}3 \cdot 10^6$ J/kg.
2. Massasi 50 g bo‘lgan bug‘ kondensatsiyalanganda qancha issiqlik ajraladi?
3. 20 °C temperaturada 4 m^3 havoda 40 g suv bug‘i bo‘lsa, havoning nisbiy namligi qancha? 20 °C temperaturada to‘yingan suv bug‘ining zichligi 17,3 g/m^3.
4. 20 °C temperaturada havodagi suv bug‘ining bosimi 1,54 kPa ga teng. Agar 20 °C temperaturada to‘yingan suv bug‘ining bosimi 2,43 kPa bo‘lsa, nisbiy namlikni aniqlang.
5. 20 °C temperaturada havodagi suv bug‘ining zichligi 17 g/m^3 ni tashkil etadi. Agar havoning absolyut namligi 11 g/m^3 bo‘lsa, nisbiy namligi qancha?
6. 24 °C temperaturada havoning nisbiy namligi 50 % bo‘lsa, absolyut namlik qanday bo‘ladi? 24 °C temperaturada to‘yingan suv bug‘ining zichligi 21,8 g/m^3.
7. Psixrometrning quruq termometri 24 °C ni, nam termometri 19 °C ni ko‘rsatmoqda. Psixrometrik jadvaldan foydalanib, havoning nisbiy namligini aniqlang.

IV BOBNI TAKRORLASH UCHUN TEST TOPSHIRIQLARI

1. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentining birligi qaysi javobda to‘g‘ri berilgan?

A) J·s; B) J/m; C) J/m^3; D) N/m.

2. Diametri 1,46 mm bo‘lgan kapillyar nayda suv qancha balandlikka ko‘tariladi (cm)? Suvning sirt taranglik koeffitsiyenti 73 mN/m ga teng.

A) 4; B) 2; C) 1; D) 8.

3. Suv kapillyar naychada 2,8 cm ga ko‘tarildi. Naychaning diametrini aniqlang (mm). Suvning sirt taranglik koeffitsiyenti $7 \cdot 10^{-2}$ N/m deb hisoblang.

A) 1; B) 2; C) 0,2; D) 0,7.

4. Diametrlari 2 va 1 mm bo‘lgan ikkita kapillyardagi suv sathlarining farqini aniqlang (m). Suvning sirt taranglik koeffitsiyenti 73 mN/m.

A) $14{,}6 \cdot 10^{-3}$; B) $28{,}8 \cdot 10^{-3}$; C) $43{,}2 \cdot 10^{-3}$; D) $57{,}6 \cdot 10^{-3}$.

5. 20 °C temperaturada diametri 1 mm bo‘lgan vertikal shisha naychadan suv tomchisi uzildi. Tomchining og‘irligi nimaga teng (mN)? Suvning sirt taranglik koeffitsiyenti 73 mN/m ga teng.

A) 0,11; B) 0,32; C) 0,50; D) 0,23.

6. Yer sirtidagi kapillyar naychada suv 12 mm ga ko‘tariladi. Agar Oyda erkin tushish tezlanishi yerdagidan 6 marta kichik ekanligi ma’lum bo‘lsa, Oyda shu naychadagi suv qancha balandlikka ko‘tariladi (mm)?

A) 134; B) 36; C) 72; D) 24.

7. Elastiklik (Yung) moduli qanday birlikda o‘lchanadi?

A) N/m; B) N·m; C) Pa·m; D) Pa.

8. Yuk osilganda sim 1,5 mm cho‘zilsa, xuddi shunday, lekin 3 marta uzun simga shu yuk osilganda u qanchaga (mm) cho‘ziladi?

A) 4; B) 2,25; C) 3; D) 4,5.

9. Uzunligi 1,2 m va ko‘ndalang kesim yuzi 1,5 mm^2 bo‘lgan simga qanday kuch qo‘yilganda u osilganda sim 2 mm ga uzaydi. Shu sim uchun Yung moduli 180 GPa.

A) 260; B) 225; C) 130; D) 450.

10. Po‘lat sim uchlariga $8 \cdot 10^7$ Pa mexanik kuchlanish qo‘yilganda qanday nisbiy uzayish bo‘ladi? Po‘lat uchun Yung moduli 200 GPa.

A) $4 \cdot 10^{-4}$; B) $4 \cdot 10^{-2}$; C) $2 \cdot 10^{-3}$; D) $5 \cdot 10^{-3}$.

11. Kristall jism erishni boshlagandan so‘ng erib tugagungacha temperaturasi qanday o‘zgaradi?

A) ortadi; B) kamayadi;
C) o‘zgarmaydi; D) avval ortadi, so‘ngra kamayadi.

12. Muz 0 °C temperaturada erimoqda. Bunda energiya yutiladimi yoki ajraladimi?

A) yutiladi; B) ajraladi;
C) yutilmaydi ham, ajralmaydi ham; D) muzning massasiga bog‘liq.

13. Suv o‘zgarmas 0 °C temperaturada muzga aylanadi. Bunda energiya yutiladimi yoki ajraladimi?

A) yutiladi; B) ajraladi;
C) yutilmaydi ham, ajralmaydi ham; D) muzning birinchi kristallchalari hosil bo‘lishida ajraladi, so‘ngra yutiladi.

14. Kristall qattiq jismlarning o‘zgarmas temperaturada erish jarayonida ichki energiyasi qanday o‘zgaradi?

A) o‘zgarmaydi; B) ortadi;
C) kamayadi; D) ba’zan ortadi yoki kamayadi.

15. Solishtirma qotish issiqligining birligi qaysi javobda to‘g‘ri berilgan?

A) J/kg; B) J/kg·K; C) J/K; D) J.

16. Erish temperaturasida turgan 300 g chugunni to‘la eritish uchun unga qanday issiqlik berish kerak bo‘ladi (kJ)? Chugunning solishtirma erish issiqligi 130 kJ/kg.

A) 39; B) 43; C) 10; D) 26.

IV BOB YUZASIDAN MUHIM XULOSALAR

Suyuqlik xossalari	Suyuqlik o‘z hajmini saqlaydi, lekin o‘z shakliga ega emas. Idishga quyilgan suyuqlik shu idish shaklini oladi. Suyuqlik oquvchanlik xossasiga ega.
Sirt taranglik	Sirt taranglik suyuqlikning sirt qatlamidagi molekulalarning suyuqlik ichiga yo‘nalgan kuchlarning mavjudligi tufayli hosil bo‘ladi.
Sirt taranglik kuchi	Sirt qatlamini chegaralovchi chiziqqa ta’sir qiluvchi sirt taranglik kuchi shu chiziqning uzunligiga proporsional hamda suyuqlikning turiga bog‘liq bo‘ladi, ya’ni: $F = \sigma l$. Bunda σ – suyuqlikning tabiatiga bog‘liq bo‘lgan suyuqlik sirtining xossalarini xarakterlovchi kattalik bo‘lib, sirt taranglik koeffitsiyenti deb ataladi.
Sirt energiyasi	Suyuqlik sirtidagi barcha molekulalarning suyuqlik hajmidagi molekulalarga nisbatan ortiqcha potensial energiyasi sirt energiyasi deb ataladi. Sirt energiyasi quyidagi formula bilan aniqlanadi: $W = \sigma \cdot S$.
Qattiq jism sirtining ho‘llanishi	Suyuqlik va qattiq jism molekulalari orasidagi tortishish kuchlari suyuqlik molekulalarining o‘zaro tortishish kuchlaridan katta bo‘lsa, suyuqlik qattiq jism sirtini ho‘llaydi.
Qattiq jism sirtining ho‘llanmasligi	Suyuqlik va qattiq jism molekulalari orasidagi tortishish kuchlari suyuqlik molekulalarining o‘zaro tortishish kuchlaridan kichik bo‘lsa, suyuqlik qattiq jism sirtini ho‘llamaydi.
Kapillyar hodisa	Suyuqlikning ingichka naychalarda – kapillyarda keng idishdagi suyuqlik sathiga nisbatan ko‘tarilishi yoki pasayishi kapillyar hodisa deb ataladi.
Kapillyarda ko‘tarilgan (yoki tushgan) suyuqlik balandligi	To‘liq ho‘llovchi suyuqlikning kapillyarda ko‘tarilish balandligi yoki to‘liq ho‘llamovchi suyuqlikning pasayish chuqurligi quyidagi formula bilan aniqlanadi: $h = \frac{2\sigma}{\rho_s r g}$.
Kristall jismlar	Atom yoki molekulalari fazoda muayyan tartibli davriy strukturani tashkil etgan qattiq jismlar kristall jismlar deb ataladi.

Anizatropiya	Jismning fizik xossalari uning yo‘nalishlariga bog‘liqligi anizotropiya deb ataladi. Kristall jismlar anizotrop xossaga ega.
Polikristall	Bir-biriga nisbatan tartibsiz holatdagi ko‘p kristallchalardan tuzilgan jism polikristall deb ataladi.
Monokristall	Agar jism yaxlit kristalldan iborat bo‘lsa, bunday jism monokristall deb ataladi.
Izotropiya	Amorf jismlarning fizik xossalari barcha yo‘nalishlarda bir xil bo‘ladi. Jismning fizik xossalari uning ichki yo‘nalishlariga bog‘liq bo‘lmasligi izotropiya deb ataladi. Amorf jismlar izotrop xossaga ega.
Deformatsiya	Jismning tashqi kuch ta’sirida o‘z shaklini yoki o‘lchamini o‘zgartirishi deformatsiya deb ataladi.
Elastik deformatsiya	Tashqi kuchlarning ta’siri to‘xtatilgandan keyin jism shakli yoki o‘lchami o‘zining dastlabki holatiga qaytsa, bunday deformatsiyaga elastik deformatsiya deyiladi.
Plastik deformatsiya	Jismga qo‘yilgan tashqi ta’sir to‘xtatilgandan so‘ng deformatsiya yo‘qolmasa, bunday deformatsiya plastik deformatsiya deyiladi.
Mexanik kuchlanish	Deformatsiyalangan jismning birlik ko‘ndalang kesim yuzasiga ta’sir qilayotgan deformatsiyalovchi kuchga son jihatidan teng bo‘lgan fizik kattalik mexanik kuchlanish deyiladi .
Kristall jismning erishi	Moddaning qattiq holatdan suyuq holatga o‘tish jarayoni erish deb ataladi. Kristall jismning eriyotgandagi temperaturasi shu kristallning erish temperaturasi deb ataladi
Bug‘lanish	Moddaning suyuq yoki qattiq agregat holatdan gaz holatga o‘tish jarayoni bug‘lanish deyiladi.
Kondensatsiya	Bug‘ning suyuqlikka yoki qattiq holatga aylanish jarayoni kondensatsiya deb ataladi.
Qaynash	Suyuqlikning butun hajmi bo‘ylab bug‘ hosil bo‘lish jarayoni qaynash deb ataladi.
To‘yingan bug‘	O‘zining suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo‘lgan bug‘ to‘yingan bug‘ deb ataladi.
Havoning absolyut namligi	1 m^3 havodagi suv bug‘ining massasi havoning absolyut namligi deb ataladi. Berilgan hajmda havodagi suv bug‘ining massasi orqali absolyut namlik quyidagicha hisoblanadi: $\rho = \frac{m}{V}$.

OPTIKA

Fizikaning «***Optika***» bo‘limida yorug‘likning tabiati, yorug‘lik hodisalarining qonuniyatlari, yorug‘lik bilan moddalarning o‘zaro ta’siri o‘rganiladi. Optika (οπτικοζ) yunoncha so‘zdan olingan bo‘lib *ko‘rilgan* ma’nosini bildiradi.

Yorug‘likning *to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi haqidagi tasavvurlar* qadimiy Misrda ma’lum bo‘lgan hamda undan qurilish ishlarida foydalanilgan. Tasvirning ko‘zguda hosil bo‘lishini mil. av. III asrda yunon olimlari ***Aristotel, Platon, Yevklid*** o‘rganganlar.

O‘rta asrlarda yurtimiz olimlari – ***Beruniy, Ibn Sino, Ulug‘bek, Ali Qushchi*** va boshqalar yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi, Quyosh va Oy tutilishi, kamalak hosil bo‘lishining sababini o‘rganishgan.

1620 – 1630-yillarda gollandiyalik olim ***Villebrod Snellius*** va fransuz olimi ***Rene Dekart*** *yorug‘likning sinish qonunini* ifodalab berdi. Robert Guk 1672-yili angliya Qirolligi jamiyatining yig‘ilishida qilgan ma’ruzasida yorug‘lik ko‘ndalang to‘lqin kabi tarqaladi degan fikr (gipoteza)ni aytdi. 1690-yili golland fizigi Xristian Gyugens yorug‘likning bo‘ylama to‘lqin nazariyasini ishlab chiqdi. U shu nazariyaga ko‘ra, akustik va optik hodisalarning bir-biriga o‘xshashligini izohladi hamda yorug‘likning to‘lqin nazariyasini muhit chegarasidan qaytishi va ikki muhit chegarasida sinishi misolida tushuntirdi.

Dunyo olimlari tomonidan optikaning turli yo‘nalishlarida keng miqyosda tadqiqot ishlari olib borilib, yuksak natijalarga erishildi. *Proyeksion apparatlar, mikroskop, fotoapparat, teleskop, binokl* kabi optik asboblarning yaratilishi, *fotografiya, televideniya, rentgenografiya, lazerlar fizikasi, tolali optika, geliotexnika* kabi sohalarning vujudga kelishi va rivojlanishi optika sohasida olib borilgan tadqiqot ishlarining natijasidir.

O‘zbekistonda ham optikaning zamonaviy yo‘nalishlari bo‘yicha amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan tadqiqot ishlari olib borilib, dunyo fan va texnikasining taraqqiyotiga munosib hissa qo‘shib kelinmoqda. Jumladan, «Fizika-Quyosh» ilmiy ishlab chiqarish birlashmasida Quyosh energiyasidan foydalanish bo‘yicha keng qamrovli tadqiqot ishlari olib borilmoqda hamda amaliyotga joriy etilmoqda.





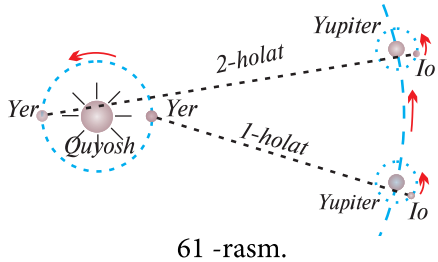
V BOB
YORUG‘LIKNING TARQALISH QONUNLARI. OPTIK ASBOBLAR

44-§. YORUG‘LIK TEZLIGINI ANIQLASH

Agar tunda xonaning elektr chirog‘ini yoqsak, bir zumda xonaning yorug‘ bo‘lganligining guvohi bo‘lamiz. Qo‘limizda vaqtni o‘lchaydigan asbob (sekundomer), o‘lchov lentasi bo‘lsa-da, yorug‘likning tarqalish tezligini o‘lchay olmaymiz. Ammo olimlar tomonidan yorug‘lik tezligini o‘lchashning bir necha usullari o‘rganilgan.

Yorug‘lik tezligini o‘lchashning astronomik usuli

Yorug‘lik tezligini birinchi bo‘lib daniyalik olim ***Olaf Ryomer*** 1676-yilda o‘lchadi. U yorug‘lik tezligini Yupiterning «Io» yo‘ldoshi uning soyasiga kirishi va undan chiqishi, ya’ni tutilishi asosida aniqladi. Astronomik kuzatishlar Yer Yupiterga eng yaqin bo‘lganda (61-rasm, 1-holat) Io yo‘ldoshining tutilishi o‘rtacha takrorlanish davridan taxminan 11 minut oldin, Yupiterdan Yer eng uzoq bo‘lganda esa (2-holat) taxminan 11 minut keyin boshlanganini ko‘rsatgan.



61 -rasm.

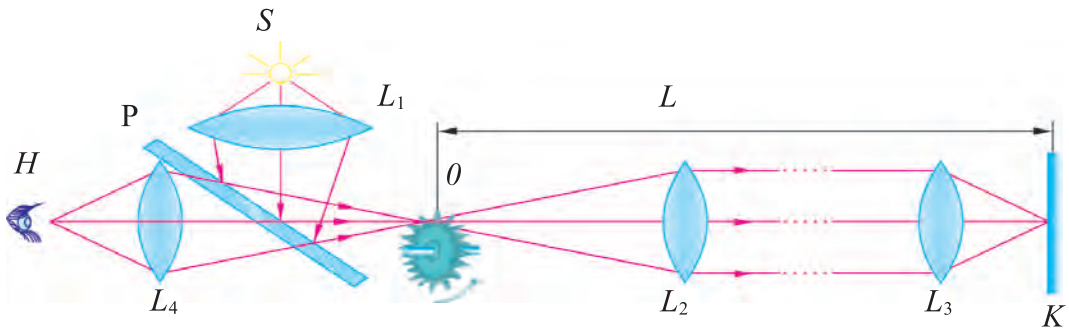
Bundan $t = (11 + 11)$ minut = 22 minut bo‘ladi. Ryomer bu vaqtni yorug‘likning Yer orbitasini kesib o‘tishi uchun ketgan vaqt deb tushuntirdi. U Yerning Quyosh atrofida aylanish orbitasi diametrini $D = 284\ 000\ 000$ km deb olib, $c = D/t$ dan yorug‘lik tezligini aniqladi.

O. Ryomer 1676-yilda birinchi bo‘lib yorug‘lik tezligini aniqlagan. Uning qiymati taqriban 215 000 000 m/s ga teng bo‘lib chiqqan.

Garchi yorug‘lik tezligining Ryomer aniqlagan qiymati hozirgi zamondagi aniqlangan qiymatidan katta farq qilsa-da, bu natija o‘sha davrda juda katta yangilik edi. Ryomer bu bilan, birinchidan, yorug‘lik cheklangan tezlikka ega ekanligini tajribada isbotladi. Ikkinchidan, yorug‘lik tezligi nihoyatda katta ekanligini aniqladi.

Fizo tajribasi

Oradan 173 yil o‘tgandan keyin – 1849-yilda fransuz fizigi ***Arman Fizo*** tajriba yo‘li bilan yorug‘lik tezligini aniqroq o‘lchash bo‘yicha muvaffaqiyatga erishdi. Fizo tajribasining qurilmasi 62-rasmda tasvirlangan. Yorug‘lik manbayi S yo‘liga qo‘yilgan linza L_1 dan o‘tgan nurlar yassi shisha plastina P dan qaytib, O nuqtaga yig‘iladi. Nur yig‘ilgan nuqtaga tishli g‘ildirak o‘rnatilgan, nur uning tishlari orasidan o‘tadi. G‘ildirakdan o‘tgan nur linza L_2 yordamida parallel nur dastasini hosil qiladi. Parallel nurlar yo‘liga juda uzoq masofaga qo‘yilgan linza L_3 nurlarni yassi ko‘zgu K ga yig‘ib beradi. Ko‘zgudan qaytgan nurlar kelgan yo‘li bo‘yicha g‘ildirak tishlari orasidan o‘tib, shisha plastina P va linza L_4 orqali kuzatuvchi ko‘ziga tushadi.



62-rasm.

G‘ildirak sekinroq aylantirilganda qaytgan nurni kuzatuvchi ko‘rib turadi. G‘ildirakning aylanish tezligi oshirila borilib, ma’lum tezlikka erishganda qaytgan nur kuzatuvchiga ko‘rinmay qoladi. Bunga sabab, g‘ildirak tishlari orasidan o‘tgan nur qaytib kelguncha shu tishlar ma’lum burchakka burilib, nur yo‘lini to‘sib qo‘yadi.

G‘ildirakning aylanishi ma’lum ω burchak tezlikka erishganda kuzatuvchiga yana nur ko‘rina boshlagan. G‘ildirak shu tezlik bilan aylantirib turilganda, qaytgan nurning ko‘rinishi davom etavergan. Bunga sabab, g‘ildirakning 1- va 2-tishlari orasidan o‘tgan nurlar qaytib kelguncha g‘ildirakning 1-tishi o‘rnini 2-tishi, 2-tishi o‘rnini 3-tishi egallashga ulgurgan. Natijada qaytgan nur 2- va 3-tishlar orasidan o‘tgan.

Fizo g‘ildirakning aylanish chastotasini ν ($\nu = 12{,}67\ s^{-1}$), g‘ildirakdagi tishlar soni N ($N = 720$), g‘ildirakdan ko‘zgugacha bo‘lgan masofani l ($l = 8{,}6\ km$) bilgan holda yorug‘lik tezligini $c = 4\,N\,l\,\nu$ ifodaga ko‘ra aniqladi.

Fizo tajribasida *yorug‘lik tezligi* 313 300 000 m/s ga teng bo‘lib chiqqan.

Fizo tajribasidan keyin boshqa olimlar tomonidan ham yorug‘lik tezligini yanada aniqroq o‘lchash usullari o‘rganildi. Masalan, fransuz fizigi ***Jan Fuko*** (1819–1868) 1862-yilda Fizo tajribasidagi tishli g‘ildirak o‘rniga aylanuvchi ko‘zgular o‘rnatib, yorug‘lik tezligini aniqladi va uning 298 000 000 m/s ga teng qiymatini oldi.

Amerikalik fizik ***Albert Maykelson*** (1852–1931) 1927-yilda Fuko tajribasini takomillashtirib, yorug‘lik tezligi uchun 299 796 000 m/s qiymatni olishga muvaffaq bo‘ldi.

Hozirgi paytdagi ma’lumotlarga ko‘ra, yorug‘likning vakuumdagi tezligi 299 7924 58 m/s ga teng.

1983-yilda Xalqaro o‘lchov va birliklar Bosh assambleyasida yorug‘likning vakuumdagi tezligi c =299 792 458 m/s ga teng ekanligini hisobga olib, metrning yangi tavsifi qabul qilingan. «***Metr*** – yorug‘likning vakuumda 1/299792458 s vaqt intervalida o‘tgan yo‘l uzunligiga teng».

Yorug‘lik tezligining aniqlanishi uning tabiatini bilishga yordam berdi. Olamda hech bir jism yorug‘likning vakuumdagi tezligidan katta tezlik bilan harakatlana olmaydi.

Yorug‘likning vakuumdagi tarqalish tezligini lotin harfi c bilan belgilash qabul qilingan (lotincha *celeritas* – tezlik). Yorug‘lik tezligini yaxlitlab, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s deb olamiz.

1. Yorug‘lik tezligi astronomik usulda qanday aniqlanganini tushuntirib bering.
2. Yorug‘lik tezligini aniqlash bo‘yicha Ryomerning ishlari qanday ahamiyatga ega?
3. Yorug‘lik tezligini aniqlash bo‘yicha Fizo tajribasi nimadan iborat?
4. Fuko va Maykelson tajribasi Fizo tajribasidan qanday farq qiladi?
5. Yorug‘lik tezligining hozirgi zamonda aniqlangan qiymati qancha?

M 24

1. Yerdan Quyoshgacha o‘rtacha masofa 149,6 mln km, Yupiterdan Quyoshgacha o‘rtacha masofa 778,3 mln km ga teng. Yer Quyosh bilan Yupiter oralig‘idagi holatda bo‘lsa, Yupiterdan qaytgan nur qancha vaqtda Yerga yetib keladi?
2. Quyosh nuri Yerga qancha vaqtda yetib keladi? Yerdan Oygacha o‘rtacha masofa 384 ming km bo‘lsa, Oydan yorug‘lik nuri qancha vaqtda yetib keladi? Yerdan Quyoshgacha bo‘lgan masofa 149,6 mln km.
3. Fizo usuli bilan yorug‘lik tezligini aniqlashda tishli g‘ildirak ko‘zgudan 8633 m masofaga joylashtirilgan. G‘ildirak 720 ta tishga ega. Tajribada yorug‘lik tezligi 313000 km/s bo‘lib chiqdi. G‘ildirak aylanish chastotasi qanday bo‘lgan?

45-§. YORUG‘LIKNING QAYTISH VA SINISH QONUNLARI

Yorug‘lik nuri

Yorug‘lik manbayidan chiqayotgan nurlarning yo‘liga kichik tirqish qo‘yilsa, ingichka yorug‘lik nur dastasi hosil bo‘ladi.Yorug‘lik nur dastasi kuzatilsa uning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalayotganligini ko‘ramiz. Yorug‘likning tarqalish yo‘nalishida yorug‘lik energiyasi ham ko‘chadi.

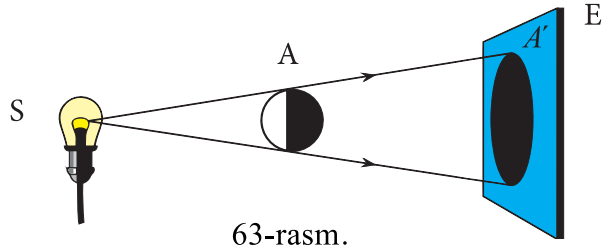
Yo‘nalishlari fazoning ixtiyoriy nuqtasida yorug‘lik energiyasining ko‘chish yo‘nalishi bilan ustma-ust tushgan geometrik chiziq yorug‘lik nuri deyiladi.

Demak, yorug‘lik nuri geometrik tushunchadir. Yorug‘likning tarqalish qonunlarini o‘rganadigan bo‘lim geometrik optika deb ataladi. Tajriba yo‘li bilan geometrik optikaning quyidagi to‘rtta qonunlari asoslangan:

yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalish qonuni;
yorug‘likning mustaqillik qonuni;
yorug‘likning qaytish qonuni;
yorug‘likning sinish qonuni.

Yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi

S nuqtaviy yorug‘lik manbayi bilan ekran orasiga A jismni qo‘yaylik (63-rasm). Yorug‘lik to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalayotgani uchun A jism yorug‘lik nurini to‘sib qoladi, natijada bu jismning orqasida kesik konus shaklidagi soya hosil bo‘ladi. Bu kesik konus ichidagi birorta nuqtaga S manbadan kelayotgan yorug‘lik tushmaydi. Shuning uchun bunday konus o‘qiga tik qilib qo‘yilgan E ekranda A jismning A' soyasi hosil bo‘ladi. Bundan yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi kuzatiladi. Quyoshli kunda daraxt, binolarning soyasi yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi natijasida hosil bo‘ladi.



63-rasm.

Yorug‘likning mustaqilligi

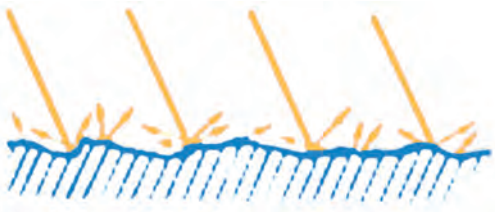
Sinf xonasiga yoki katta binoni yaxshi yoritish maqsadida bir nechta yorug‘lik chiqaradigan manbalar o‘rnatiladi. Ular ishlayotganida har biridan yorug‘lik nuri chiqadi va atrofga tarqaladi. Yorug‘lik nurlari o‘zaro kesishganda bir-biriga hech qanday ta’sir ko‘rsatmaydi. Bu esa, yorug‘lik nurining mustaqillik tamoyiliga ega ekanligini bildiradi.

Yorug‘likning qaytishi

Quyoshdan, lampadan va boshqa manbalardan kelayotgan yorug‘lik devor, Yer va buyumlarga tushganda ulardan qaytadi. Qaytgan nur ko‘zimizga tushgach, biz uning shakli, rangini sezamiz.

Agar sirt notekis bo‘lsa, nur dastasi sirt chegarasida sochiladi. Sirtdan qaytgan yorug‘lik nurlari turli yo‘nalishlarda tarqala boshlaydi. Yorug‘likning bunday qaytishi **tarqoq qaytish** yoki **diffuz qaytish** deb ataladi (64-rasm).

Yorug‘lik silliq bo‘lmagan, ya’ni g‘adir-budur sirtdan *tarqoq* (diffuz) qaytadi.



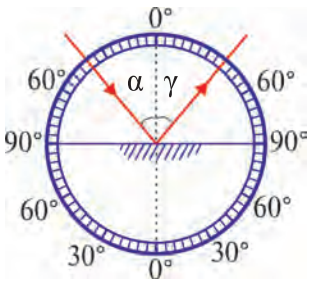
64-rasm.



65-rasm.

Yorug‘likni yaxshi qaytaruvchi silliq sirtga **ko‘zgu** deyiladi. Agar ko‘zgu sirti yassi bo‘lsa, unga **yassi ko‘zgu** deyiladi. Yassi ko‘zguga tushgan parallel nurlar dastasi qaytgandan keyin ham parallel nurlar dastasi ko‘rinishida qoladi (65-rasm). Yorug‘likning bunday qaytishini **tekis qaytish** yoki ko‘zgusimon qaytish deb atash qabul qilingan.

Agar sirt tekis (silliq) bo‘lsa, bunday sirtdan yorug‘lik *ko‘zgusimon* qaytadi.



66-rasm.

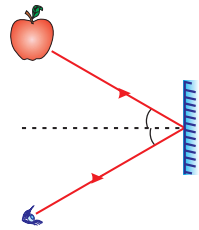
Sirtdan nurlarning ko‘zgusimon qaytishi quyidagi qaytish qonuniga bo‘ysunadi (66-rasm):

1. Tushgan nur, qaytgan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasiga o‘tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi.

2. Qaytish burchagi γ tushish burchagi α ga teng, ya’ni:

$$\alpha = \gamma. \qquad (1)$$

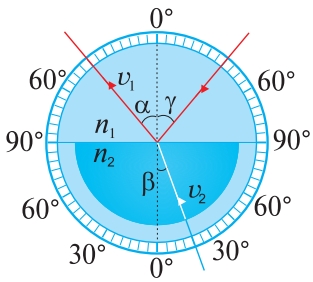
Yassi ko‘zgu orqali biror narsaning ko‘zgudagi aksini ko‘rish yorug‘likning qaytish qonuniga asoslangan (67-rasm).



67-rasm.

Yorug‘likning sinish qonuni

Yorug‘lik nuri dastasi shisha, suv va boshqa shaffof moddalar sirtidan ham qaytadi, ham sinib ikkinchi muhitga o‘tadi. Ikki muhit chegarasida nurning sinishi quyidagi sinish qonuniga bo‘ysunadi (68-rasm):



68-rasm.

1. Tushgan nur, singan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasiga o‘tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi.

2. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan ikki muhit uchun o‘zgarmas kattalikdir.

Bu o‘zgarmas kattalik n_{21} ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan ***nisbiy nur sindirish ko‘rsatkichi*** deyiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$n_{21} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}. \qquad (2)$$

Bunda n_{21}– ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nisbiy nur sindirish ko‘rsatkichi, α – nurning tushish burchagi, β – nurning sinish burchagi.

Ko‘p hollarda nisbiy nur sindirish ko‘rsatkichi o‘rniga ***absolyut nur sindirish ko‘rsatkichi*** qo‘llaniladi. Moddaning absolyut nur sindirish ko‘rsatkichi n quyidagicha ifodalanadi:

$$n = \frac{c}{\upsilon}. \qquad (3)$$

bunda $c = 3\cdot10^8$ m/s – yorug‘likning vakuumdagi tezligi, υ – yorug‘likning berilgan moddadagi tezligi. Yorug‘likning ayrim moddalardagi tezligi (υ) va shu moddalarning absolyut sindirish ko‘rsatkichi (n) jadvalda keltirilgan.

№	Modda	υ, 10^8 m/s	n	№	Modda	υ, 10^8 m/s	n
1	Muz	2,29	1,31	4	Kvars	1,95	1,54
2	Suv (20^0 C)	2,25	1,33	5	Yoqut	1,70	1,76
3	Shisha	2,0	1,5	6	Olmos	1,24	2,42

Yorug‘likning havodagi tezligini vakuumdagi tezligiga taqriban teng deb olish mumkin. Shuning uchun amalda moddalarning nur sindirish ko‘rsatkichi vakuumga nisbatan emas, balki havoga nisbatan olinadi.

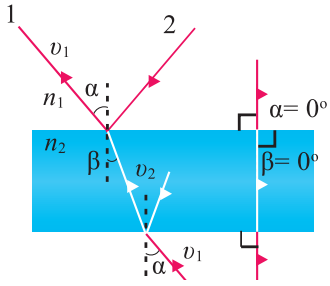
Agar nur tushayotgan muhitda yorug‘lik tezligi υ_1, sindirish ko‘rsatkichi n_1, nur singan muhitda yorug‘lik tezligi υ_2, sindirish ko‘rsatkichi n_2 bo‘lsa, quyidagi munosabatni yozish mumkin:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}. \qquad (4)$$

Nur tushayotgan muhitning nur sindirish ko‘rsatkichi n_1, nur singan muhitniki n_2 ekanligi hisobga olinsa, $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ bo‘ladi. U holda (2) formulani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}. \qquad (5)$$

Yorug‘lik nuri sindirish ko‘rsatkichi kichik bo‘lgan muhitdan sindirish ko‘rsatkichi katta bo‘lgan muhitga o‘tganida sinish burchagi tushish burchagidan kichik bo‘ladi. Aks holda sinish burchagi tushish burchagidan katta bo‘ladi. Bu shartni quyidagicha ifodalash mumkin: $n_2 > n_1$ da $\beta < \alpha$ va $n_2 < n_1$ da $\beta > \alpha$.



69-rasm.

Yorug‘lik nuri havodan ($n_1 = 1$) shishaga ($n_2 = 1{,}5$) α burchak ostida tushib, undan yana havoga o‘tsin (69-rasm, 1-nur). Bu holda nur shishadan havoga o‘tishdagi sinish burchagi ham α ga teng bo‘ladi.

Ikki muhit chegarasiga perpendikulyar tushganda nur sinmaydi, chunki tushish burchagi $\alpha = 0^0$ va sinish burchagi $\beta = 0^0$ bo‘ladi (69-rasm, 2 -nur).

1. Yorug‘lik nuri nima?
2. Yorug‘likning tarqoq qaytishining sababi nimada?
3. Bir jinsli shaffof muhitda yorug‘likning tarqalishi qanday qonunga asoslangan?
4. Yorug‘likning qaytish qonuni nimadan iborat?
5. Yorug‘lik nurining muhit chegarasida sinishiga sabab nima?
6. Yorug‘likning sinish qonunini ta’riflab bering.
7. Absolyut nur sindirish ko‘rsatkichining fizik ma’nosini tushuntiring.
8. Nega kunduz kuni yulduzlarni ko‘rmaymiz?
9. Biz yorug‘likni shisha orqali kuzatsak, nur bizning ko‘zimizga kelguncha necha marta sinadi?
10. Nur sindirish ko‘rsatkichi nurning muhitda tarqalish tezligiga bog‘liqligi qanday ifodalanadi?

1. Stakan ichiga tanga solib, uning ustidan suv quying. Stakandagi suvning sathi orta borishi bilan tanga go‘yoki ko‘tarila borgandek bo‘ladi. Buning sababini izohlang.

46-§ MASALALAR YECHISH

1-masala.Yorug‘lik nurining birinchi muhitdan ikkinchi muhitga o‘tganda tushish burchagi 60º, sinish burchagi esa 30º ga teng. Ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko‘rsatkichi qanchaga teng?

Berilgan:

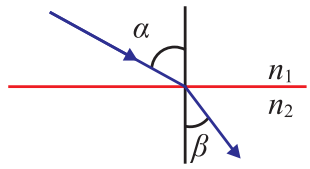
$\alpha = 60°$

$\beta = 30°$

Topish kerak:

$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = ?$

Chizmasi:



Formulasi:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}.$$

Hisoblash:

$$n_{21} = \frac{\sin 60^0}{\sin 30^0} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}.$$

Javob: $n_{21} = \sqrt{3}.$

2-masala. Agar yorug‘lik to‘lqini qandaydir vaqt davomida vakuumda 45 cm masofa o‘tsa, biror suyuqlikda esa shuncha vaqtda 30 cm masofani o‘tadi. Bu suyuqlikning nur sindirish ko‘rsatkichi nimaga teng?

Berilgan:

$n_1 = 1$

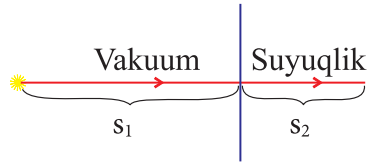
$s_1 = 45$ cm

$s_2 = 30$ cm

Topish kerak:

$n_2 = ?$

Chizmasi:



Formulasi:

$$\upsilon_1 = \frac{c}{n_1} \quad \text{va} \quad \upsilon_2 = \frac{c}{n_2}$$

$$\upsilon_1 \cdot n_1 = \upsilon_2 \cdot n_2 \qquad \upsilon_1 = \frac{s_1}{t} \qquad \upsilon_2 = \frac{s_2}{t}$$

$$\frac{s_1}{t} \cdot n_1 = \frac{s_2}{t} \cdot n_2 \qquad n_2 = \frac{s_1 \cdot n_1}{s_2}.$$

Hisoblash:

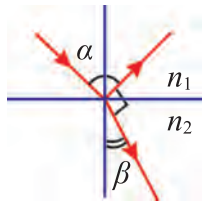
$$n_2 = \frac{45\,\text{cm} \cdot 1}{30\ \text{cm}} = 1{,}5.$$

Javob: $n_2 = 1{,}5.$

3-masala. Yorug‘lik nuri birinchi muhitdan ikkinchi muhitga 45 ° burchak ostida tushib, ikkinchi muhitga 30 ° burchak ostida sinib o‘tadi. Birinchi muhitning absolyut nur sindirish ko‘rsatkichi $\sqrt{2}$ ga teng bo‘lsa, yorug‘likning ikkinchi muhitdagi tezligi nimaga teng?

Berilgan:
$\alpha = 45°$
$\beta = 30°$
$n_1 = \sqrt{2}$.

Chizmasi:



Topish kerak:
$\upsilon_2 = ?$

Formulasi:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}; \quad n_2 = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}\cdot n_1.$$

$$\upsilon_2 = \frac{c}{n_2}.$$

Hisoblash:

$$n_2 = \frac{\sin 45^o}{\sin 30^o}\cdot\sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}/2}{1/2}\cdot\sqrt{2} = 2$$

$$\upsilon_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3\cdot 10^8}{2}\frac{\text{m}}{\text{s}} = 1{,}5\cdot 10^8\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

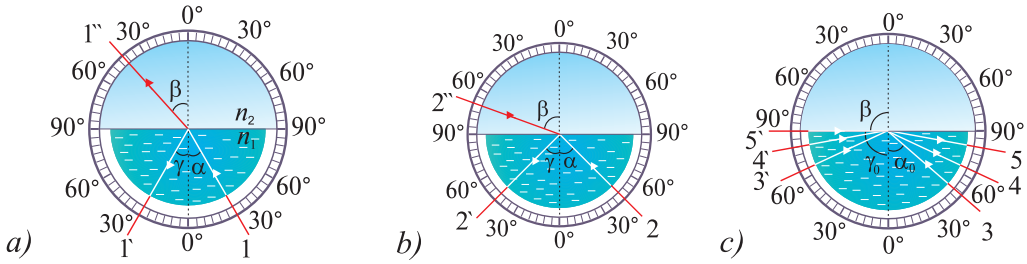
Javob: $\upsilon_2 = 1{,}5\cdot 10^8$ m/s.

M 25

1. Tushgan va qaytgan nurlar orasidagi burchak 70° bo‘lishi uchun yassi ko‘zguga nur qanday burchak ostida tushishi lozim?
2. Yassi ko‘zguda buyum tasviri ko‘zgudan 60 cm masofada hosil bo‘lsa, buyum bilan uning tasviri orasidagi masofa qanday bo‘ladi?
3. Absolyut sindirish ko‘rsatkichi 2 ga teng bo‘lgan muhitda yorug‘lik qanday tezlik bilan tarqaladi?
4. Havodan shishaga tushgan va qaytgan nurlar orasidagi burchak 60° ga teng. Agar shishaning sindirish ko‘rsatkichi 1,5 ga teng bo‘lsa, sinish burchagi qanday bo‘ladi?
5. Nur suvdan shishaga o‘tmoqda. Suvning sindirish ko‘rsatkichi 1,33 ga, shishaniki 1,5 ga teng. Bir xil vaqt ichida shu moddalardan yorug‘lik nuri o‘tgan masofalar nisbati qanday bo‘ladi?

47-§. TO‘LA ICHKI QAYTISH

Yorug‘lik nuri sindirish ko‘rsatkichi katta bo‘lgan muhitdan sindirish ko‘rsatkichi kichik bo‘lgan muhitga tushganda qiziq hodisani kuzatish mumkin. Masalan, yorug‘lik nurlari dastasini shisha orqali havoga o‘tadigan qilib α burchak ostida yo‘naltiraylik. Nurning bir qismi muhitlar chegarasidan qaytadi, qolgan qismi β burchak ostida ikkinchi muhitga – havoga o‘tadi (70-*a,* rasm).



70- rasm

Shishaning nur sindirish ko‘rsatkichi ($n_1 = 1{,}5$) havonikidan ($n_2 = 1$) katta bo‘lgani uchun nurning sinish burchagi β tushish burchagi α dan katta bo‘ladi.

Nurning tushish burchagi kattalashtirib borilsa, sinish burchagi 90° ga yaqinlasha boradi. Sinish burchagini quyidagi ifoda orqali aniqlash mumkin:

$$\sin\beta = \frac{n_1}{n_2}\cdot\sin\alpha. \qquad (1)$$

Masalan, $\alpha = 30°$ da $\beta \approx 42°$ (70-*a* rasm), $\alpha = 40°$ da esa $\beta = 75°$ (70-*b,* rasm) bo‘ladi. Nurning tushish burchagini oshira borib, ma’lum $\alpha = \alpha_0$ chegaraviy qiymatga yetganda sinish burchagi $\beta = 90°$ bo‘lib qoladi (70-*c* rasm).

Tushish burchagining chegaraviy qiymati α_0 quyidagicha ifodalanadi:

$$\sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}. \qquad (2)$$

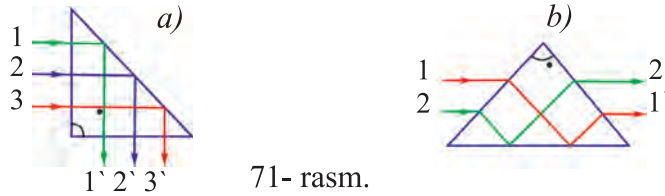
Nurning shishadan havoga tushishdagi α_0 chegaraviy burchagini aniqlaylik:

$$\sin\alpha_0 = \frac{1}{1{,}5} \approx 0{,}667 \quad \text{bundan} \quad \alpha_0 \approx 42°.$$

Tushish burchagi α_0 dan har qanday katta qiymatlarga teng bo‘lgan hollarda singan nur ikki muhit chegarasidan shu muhit ichiga to‘la qaytadi, ya’ni ***to‘la ichki qaytish*** hodisasi yuz beradi.

Sindirish ko‘rsatkichi katta bo‘lgan muhitdan sindirish ko‘rsatkichi kichik bo‘lgan muhitga yorug‘lik yo‘naltirilganda tushish burchagi ma’lum burchakdan katta bo‘lganda nur ikki muhit chegarasidan *to‘la qaytadi*.

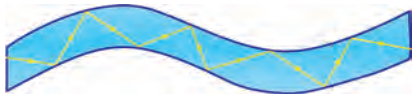
To‘la ichki qaytish hodisasidan yorug‘lik nurlarini biror yo‘nalishga burish (71- *a*, rasm) yoki nurlar dastasining o‘rnini almashtirish (71- *b*, rasm) uchun foydalaniladi.



71- rasm.

To‘la ichki qaytish hodisasi axborot texnologiya sohasida keng qo‘llaniladi. Bu hodisa «Nur tolalar optikasi» deb ataluvchi optikaning alohida soha mutaxassislari tomonidan keng o‘rganiladi. Bunda optik tasvir muayyan tartib bilan joylashtirilgan nur tolalar kabellari orqali uzatiladi.

Har bir toladan nurning o‘tishini 72-rasmda tasvirlangandek tasavvur qilish mumkin. Tola sindirish ko‘rsatkichlari bir-biridan farq qiluvchi silindr shakldagi shisha yoki plastik o‘zak hamda uni o‘rab turuvchi qobiqdan tashkil topgan. O‘zakning sindirish ko‘rsatkichi qobiqnikidan katta bo‘ladi. Shu sababli o‘zak va qobiq chegarasida yorug‘likning to‘la ichki qaytish hodisasi yuz beradi. O‘zak ichiga yo‘naltirilgan nur tashqariga chiqib ketmasdan tolaning ikkinchi uchidan chiqadi.



72 - rasm.

Tola o‘zagining diametri bir necha mikrondan yuzlab mikrongacha, qobiq qalinligi o‘nlab mikrondan yuzlab mikrongacha bo‘ladi. Shunday kabelning bir uchidan signal (tasvir) yuborilsa, uning ikkinchi uchidan shu signalning o‘zini qabul qilib olish mumkin. Nur tolali kabellar orqali yuborilgan signal nihoyatda kam yo‘qotish va yuqori sifat bilan uzoq masofalarga uzatiladi.

Nur tolali aloqa kabellari Tinch va Atlantika okeanlarining suv ostidan o‘tkazilgan. Hozirgi paytda kabellar Osiyo va Yevropani Amerika qit’asi bilan, Yevropani O‘zbekiston orqali Xitoy bilan bog‘lab turadi.

Nur tolalar optikasi tibbiyotda ham keng qo‘llaniladi. Nur tolali kabel yordamida odamning ichki a’zolarini ko‘rish, tasvirga olish mumkin.

Bunda nur tolali kabel qizilo‘ngach orqali oshqozonga tushiriladi. Kabeldagi bitta toladan yorug‘lik beriladi, ikkinchisidan oshqozon devorlaridan qaytgan yorug‘lik qabul qilinadi.

1. To‘la ichki qaytish hodisasi qanday yuz beradi?
2. Nur tolali kabellarda tasvirlar qanday uzatiladi?
3. To‘la ichki qaytishning qo‘llanilishi haqida nimalarni bilasiz?
4. Temperatura ortishi bilan suvning sindirish ko‘rsatkichi biroz kamayadi. Bunda suv uchun to‘la qaytishning chegaraviy burchagi qanday o‘zgaradi?
5. Havoga nisbatan toza suv, shishaga va olmosning sindirish ko‘rsatkichlari 1,33; 1,5 va 2,42 ga teng. Shu moddalardan qaysi birida to‘la ichki qaytishning chegaraviy burchagi eng kichik?
6. Nur havodan suvga tushmoqda. Bunda to‘la ichki qaytish hodisasini kuzatish mumkinmi?

48-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Yorug‘lik nurining ikki muhit chegarasiga tushish burchagi 30° bo‘lganda, sinish burchagi 45° ekanligini bilgan holda, to‘la ichki qaytishning chegaraviy burchagi qanchaga teng bo‘lishini aniqlang.

Berilgan:

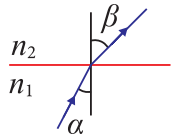
$\alpha = 30°$

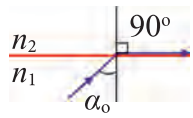
$\beta = 45°$

Topish kerak:

$\alpha_0 = ?$

Chizmasi:





Formulasi:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}; \qquad \sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}.$$

Hisoblash:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin 30^0}{\sin 45^0} = \frac{1/2}{\sqrt{2}/2} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

$$\sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

Javob: $\alpha_0 = 45°$.

2-masala. Shisha – havo chegarasidagi yorug‘likning to‘la ichki qaytish chegaraviy burchagi 37° ekanligini bilgan holda yorug‘likning shishadagi tezligini aniqlang.

Berilgan:

$\alpha = 37°$

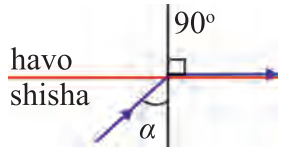
$n_2 = 1$

$\beta = 90°$

Topish kerak:

$\upsilon_1 = ?$

Chizmasi:



Formulasi:

$$\sin\alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}; \qquad n_1 = \frac{n_2}{\sin\alpha_0};$$

$$\upsilon_1 = \frac{c}{n_1} = \frac{c}{n_2}\cdot\sin\alpha_0.$$

Hisoblash:

sinusning 37° burchakdagi qiymatini jadvaldan olamiz, ya’ni

$\sin 37° \approx 0{,}6$

$$\upsilon_1 = \frac{3\cdot 10^8}{1}\cdot\sin 37^o \approx$$

$$\approx 3\cdot 10^8\cdot 0{,}6 \approx 1{,}8\cdot 10^8\ \text{m/s}.$$

Javob: $\upsilon_1 = 1{,}8\cdot 10^8\ \text{m/s}$.

M 26

1. Nur dastasi suvdan (n = 1,33) havoga o‘tmoqda. To‘la ichki qaytish yuz berishi uchun suv ichidan tushayotgan nur qanday burchak ostida tushishi kerak?
2. Yoqut uchun to‘la qaytishning chegariviy burchagi 34° ga teng. Yoqutning sindirish ko‘rsatkichini aniqlang.
3. Agar olmos uchun sindirish ko‘rsatkichi 2 bo‘lsa, yorug‘lik nurining olmosdagi to‘la ichki qaytish chegaraviy burchagi qanday?

4. Nur dastasi sindirish ko‘rsatkichi 1,5 bo‘lgan bir muhitdan ikkinchi muhitga 53° burchak ostida tushganda, to‘la ichki qaytish kuzatildi. Ikkinchi muhitning sindirish ko‘rsatkichi qanday bo‘lgan?

5. Nur dastasi bir muhitdan nur sindirish ko‘rsatkichi 1,2 bo‘lgan ikkinchi muhitga 47° burchak ostida tushganda to‘la ichki qaytish kuzatildi. Birinchi muhitning nur sindirish ko‘rsatkichi qanday bo‘lgan?

49-§. LABORATORIYA ISHI. SHISHANING NUR SINDIRISH KO‘RSATKICHINI ANIQLASH

***Maqsad*:** shishaning nur sindirish ko‘rsatkichini aniqlashni o‘rganish.

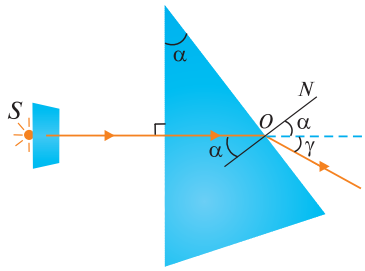
***Kerakli jihozlar*:** yorug‘lik manbayi, tirqishli to‘siq, uchburchakli shisha prizma, ignalar, transportir.

Ishni bajarish tartibi

1. Nur dastasi yo‘liga uchburchakli shisha prizmani 73-rasmda ko‘rsatilgandek joylashtiring. Prizmaning yuqori uchidagi α burchakni yozib oling (bu burchak prizmaga yozilgan bo‘ladi).

2. Prizma qo‘yilganda nur dastasi *O* nuqtada sinadi va o‘z yo‘lini o‘zgartirib, γ burchakka buriladi. Nurning singan yo‘lini ignalar bilan belgilang va γ burchakni transportir yordamida o‘lchang.

3. Nur sindirish ko‘rsatkichi *n* bo‘lgan shisha prizmadan havoga o‘tish holati uchun yorug‘likning sinish qonunini quyidagicha ifodalash mumkin:



73-rasm.

$$\frac{1}{n}=\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\gamma)} \quad (1) \qquad \text{yoki} \qquad n=\frac{\sin(\alpha+\gamma)}{\sin\alpha} \quad (2)$$

bunda α − shisha va havo chegarasiga nurning tushish burchagi bo‘lib, uning kattaligi prizmaning yuqorigi burchagiga teng. α va γ ning o‘lchangan qiymatini (2) formulaga qo‘yib, berilgan shishaning nur sindirish ko‘rsatkichini aniqlang.

4. Tajriba jarayonidagi o‘lchash va hisoblash natijalarini jadvalga yozing.

№	α	sin α	γ	sin (α+γ)	*n*	$n_{o'rt}$
1						
2						

1. Tajribadagi yorug‘lik nurining yo‘lini tahlil qiling, tushish va sinish burchaklarini ko‘rsating.

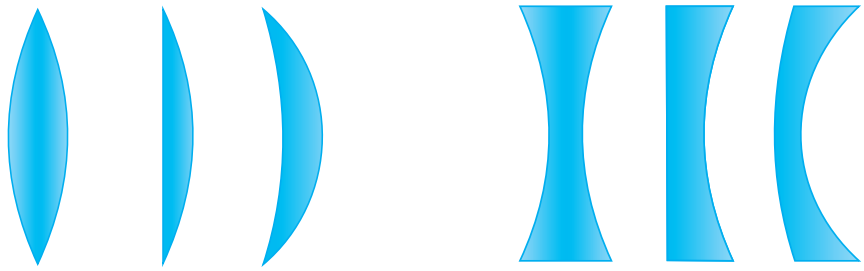
2. Tajriba jarayonini va natijalarini tahlil qiling.

50-§. LINZALAR

Qavariq va botiq linzalar

Bir yoki ikki tomoni sferik sirt bilan chegaralangan shaffof jism *linza* deb ataladi.

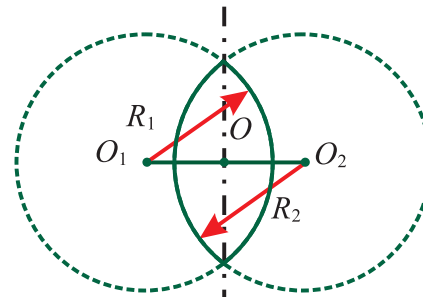
Linzalar qavariq yoki botiq bo‘ladi. O‘rta qismi chetki qismlariga nisbatan qalin bo‘lsa – ***qavariq linza***, yupqa bo‘lsa – ***botiq linza*** deyiladi. Har ikki xil linzaning uchtadan turi mavjud (74-rasm).



a) *b)*

74-rasm.

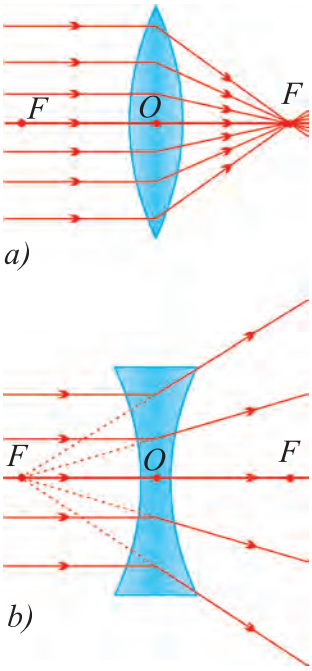
Qavariq linza sirtini R_1 va R_2 radiusli sferalarning o‘zaro kesishishidan hosil bo‘lgan sirt deb qarash mumkin (75-rasm). Bunda R_1 va R_2 linzaning egrilik radiuslari. Sferalarning O_1 va O_2 markazlaridan o‘tkazilgan O_1O_2 to‘g‘ri chiziq ***linzaning bosh optik o‘qi*** deyiladi. Linzaning o‘rtasidagi O nuqta ***linzaning markazi*** deyiladi.



75 rasm

Agar qavariq linzaga uning bosh optik o‘qiga parallel yo‘nalgan nurlar yo‘naltirsak, linzadan o‘tgan nurlar bosh optik o‘q ustidagi bir nuqtada yig‘iladi (76-*a* rasm). Ana shu F nuqta linzaning ***bosh fokusi*** deyiladi. Qavariq linza nurlarni bitta nuqtaga yig‘ish xususiyatiga ega bo‘lgani uchun u ***yig‘uvchi linza*** deb ham ataladi.

Agar qavariq linza o‘rniga botiq linzaga nurlarni xuddi shunday yo‘naltirilsa, linzadan o‘tgan nur bir tekis sochiladi (76-*b* rasm). Shuning uchun botiq linza ***sochuvchi linza*** deb ham ataladi. Sochuvchi linzadan o‘tgan nurlar teskari tomonga davom ettirilsa, ular bosh optik o‘qning bitta nuqtasida kesishadi. Ana shu F nuqta botiq linzaning ***mavhum fokusi*** deyiladi.



76-rasm.

Linzalar ikkita fokusga ega bo‘lib, ular linzaning ikki tomonida markazidan bir xil masofada yotadi. Linza markazidan fokusigacha bo‘lgan masofa linzaning ***fokus masofasi*** deyiladi va F harfi bilan belgilanadi.

Fokus masofasiga teskari kattalik linzaning *optik kuchi* deyiladi va *D* harfi bilan belgilanadi.

Linzaning optik kuchi: $D = \frac{1}{F}$, (1)

ifodaga ko‘ra aniqlanadi. Optik kuchning asosiy birligi qilib *dioptriya* (1dptr) qabul qilingan. Fokus masofasi 1 m bo‘lgan linzaning optik kuchi 1 dptr ga teng bo‘ladi: 1 dptr = 1/m.

Yig‘uvchi linzada optik kuch va fokus masofa musbat, sochuvchi linzada esa ikkisi ham manfiy bo‘ladi.

Egrilik radiusi R_1 va R_2 hamda sindirish ko‘rsatkichi n bo‘lgan linzaning fokus masofasini quyidagi formula orqali topish mumkin:

$$F = \frac{1}{(n-1)\cdot\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)}. \qquad (2)$$

Bunda nur havodan linzaga tushadi va havoning nur sindirish ko‘rsatkichi 1 ga teng deb olinadi.

1. Linza deb qanday jismga aytiladi?
2. Qavariq va botiq linzalarning bir-biridan farqi nimadan iborat?
3. Qavariq va botiq linzalarning qanday asosiy turlari mavjud?
4. Linzaning bosh optik o‘qi, bosh fokusi, mavhum fokusi, fokus masofasi deb nimaga aytiladi? Ularni 76-rasmdan ko‘rsating.
5. Linzaning optik kuchi deb qanday kattalikka aytiladi? U qanday birlikda ifodalanadi?

1. Qavariq-botiq linzani rasmda ko‘rsatilgandek gorizontal qo‘ying. Unga suyuqlik quyilsa linzaning optik kuchi qanday o‘zgaradi. Tajribada tekshirib ko‘ring. Xulosa yozing.

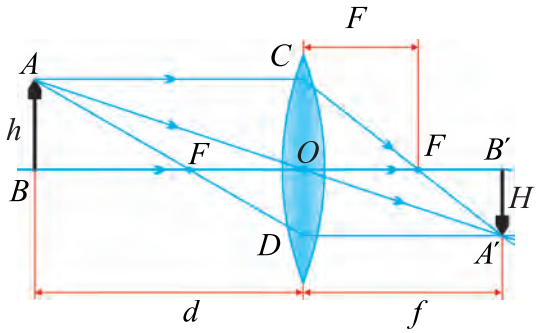


2. Turli xil optik kuchga ega bo‘lgan sochuvchi va yig‘uvchi linzalar berilgan. Ularning qaysi birining optik kuchi kattaligini qanday aniqlaysiz?

51-§. YUPQA LINZA YORDAMIDA TASVIR YASASH

Linzada tasvir yasash

Biror AB buyum yig‘uvchi linzadan d uzoqlikka qo‘yilsa (77-rasm), uning tasviri qanday hosil bo‘ladi? Jism (yoki buyum)ning tasvirini linza yordamida yasash uchun quyidagi nur yo‘nalishlarini tanlash maqsadga muvofiqdir:



77-rasm.

1. Linzaning bosh optik o‘qiga parallel bo‘lgan (AC) nurni olamiz. Bu nur linzadan sinib o‘tgach (CA' nur) uning fokusidan o‘tadi (77-rasm).

2. Linzaga tushgunga qadar uning fokusidan o‘tgan (AD) nur olinadi. Bu nur linzadan o‘tgach, bosh optik o‘qqa parallel (ya’ni DA' nur) yo‘nalishda ketadi.

3. Linza optik markazidan o‘tuvchi (AO) nur olinadi. Bu nur linzadan o‘tgach dastlabki yo‘nalishini o‘zgartirmaydi (ya’ni OA').

Linzadan o‘tgan nurlarning kesishmasidan hosil bo‘lgan tasvir, haqiqiy tasvir bo‘lib hisoblanadi. 77-rasmdagi linza yordamida olingan ($A'B'$) tasvir to‘nkarilgan haqiqiy tasvirdir.

Linza formulasi

Linza formulasi buyumdan linzagacha bo‘lgan d masofa, linzadan tasvirgacha bo‘lgan f masofa va linzaning F fokus masofasi orasidagi bog‘lanishni ifodalaydi, ya’ni:

$$\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f} \qquad \text{yoki} \qquad D=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}. \qquad (1)$$

Yig‘uvchi linzalar uchun F, d, f kattaliklar musbat. Buyum linzadan $d<F$ masofada bo‘lganda f manfiy bo‘lib, tasvir mavhum bo‘ladi.

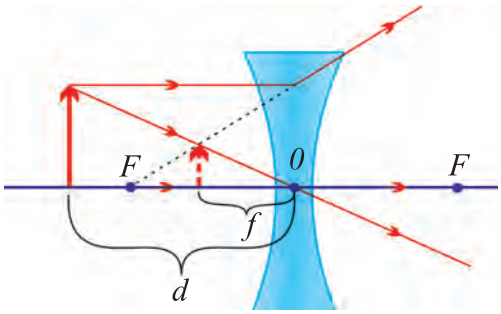
Linzaning chiziqli kattalashtirishi

Buyum tasvir o‘lchamining o‘z o‘lchamiga nisbati linzaning chiziqli kattalashtirishi deyiladi.

Ta’rifga ko‘ra: $K = \frac{H}{h} = \frac{A'B'}{AB}$. Shuningdek, linzaning chiziqli kattalashtirishi linzadan tasvirgacha bo‘lgan masofa (f) va buyumdan linzagacha bo‘lgan masofa (d) orqali ham aniqlanadi, ya’ni: $K = \frac{f}{d}$.

Agar $K > 1$ bo‘lsa, buyumning linzadagi tasviri kattalashgan bo‘ladi. $K < 1$ bo‘lganda esa tasvir kichiklashgan bo‘ladi.

Sochuvchi linzada tasvir yasash



78-rasm.

Sochuvchi linzada buyum tasvirini olish chizmasi 78-rasmda ko‘rsatilgan. Rasmdan ko‘rinadiki, tasvir sochuvchi linzadan o‘tgan nurlarni davomi kesishishidan hosil bo‘ladi. Shuning uchun tasvir mavhum, ayni paytda to‘g‘ri tasvirdir.

Sochuvchi linzalarda esa, f va F doim manfiy va tasvir mavhum bo‘ladi. Sochuvchi linza formulasi: $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$. (2)

1. Linzada tasvir yasash uchun qanday nurlar tanlanadi?
2. Linza formulasi qanday kattaliklarni bir-biriga bog‘laydi?
3. Linzaning chiziqli kattalashtirishi qanday ifodalar orqali aniqlanadi?
4. Yig‘uvchi linzada qanday tasvirlarni olish mumkin?
5. Yig‘uvchi linza qanday holda mavhum tasvirni hosil qiladi?
6. Sochuvchi linzada qanday tasvirlarni olish mumkin?

Jadvalni to‘ldiring.

Yig‘uvchi linza			
d	f	K	Tasvir shakli
$d=\infty$	$f = F$	$K<1$ (kichraygan)	tasvir haqiqiy, ammo u nuqtasimon va linzaning fokusida joylashadi
d>2F	$F < f < 2F$	$K<1$ (kichraygan)	tasvir haqiqiy, ammo teskari
$d = 2F$			
$F < d < 2F$			
$d < F$			

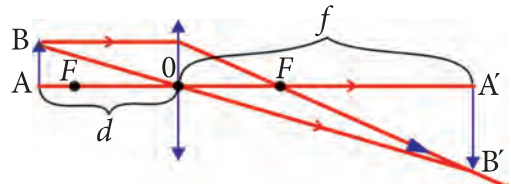
52-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Buyum fokus masofasi 7,5 cm bo‘lgan yig‘uvchi linzadan 10 cm masofada joylashgan. Uning tasviri linzadan qanday masofada hosil bo‘ladi? Linzaning kattalashtirishi qanday?

Berilgan:
$F = 7{,}5$ cm
$d = 10$ cm.

Topish kerak:
$f = ?$ $K = ?$

Chizmasi:



Formulasi:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f};$$

$$f = \frac{d \cdot F}{d - F}.$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}.$$

Hisoblash:

$$f = \frac{d \cdot F}{d - F} = \frac{10 \cdot 7{,}5}{10 - 7{,}5}\,\text{cm} = 30\,\text{cm}.$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{30\,\text{cm}}{10\,\text{cm}} = 3.$$

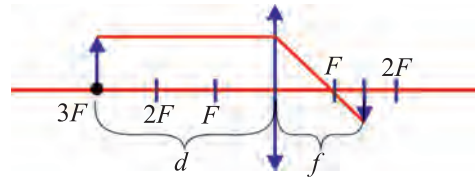
Javob: $f = 30$ cm, $K = 3$.

2-masala. Buyum yig‘uvchi linzadan uch fokus masofa uzoqda turibdi. Uning chiziqli o‘lchami o‘zidan necha marta kichik bo‘ladi?

Berilgan:
$d = 3 \cdot F$

Topish kerak:
$K = ?$

Chizmasi:



Formulasi:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \qquad f = \frac{d \cdot F}{d - F}$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}$$

Hisoblash:

$$K = \frac{F}{d - F} = \frac{F}{3F - F} = \frac{1}{2}.$$

Javob: $K = \frac{1}{2}$.

3-masala. Linzadan 50 cm uzoqlikdagi jismning mavhum tasviri 2 marta kichiklashgan holda hosil bo‘ldi. Linzaning optik kuchini aniqlang.

Berilgan:

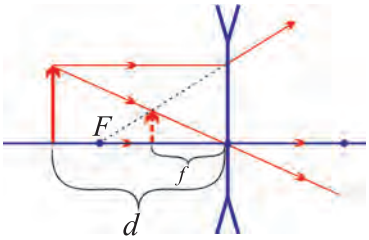
$d = 50$ cm $= 0{,}5$ m

$K = 1/2$.

Topish kerak:

$D = ?$

Chizmasi:



Formulasi:

$$K = \frac{f}{d} \qquad f = d \cdot K$$

$$D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \frac{1}{d \cdot K} = \frac{K-1}{d \cdot K}.$$

Hisoblash:

$$D = \frac{0{,}5 - 1}{0{,}5 \cdot 0{,}5}\,\text{dptr} = -2\,\text{dptr}.$$

Javob: D = – 2 dptr.

M 27

1. Fokus masofasi 40 cm, 25 cm, 10 cm, –10 cm, –25 cm, – 40 cm bo‘lgan linzaning optik kuchini aniqlang.
2. Havoga nisbatan nur sindirish ko‘rsatkichi 1,5 ga teng shishadan yasalgan sirtning egrilik radiuslari 20 cm va 25 cm bo‘lgan ikkiyoqlama qavariq linzaning optik kuchini toping.
3. Fokus masofasi 10 cm bo‘lgan linzadan 15 cm beriga qo‘yilgan buyumning tasviri linzadan qancha masofa narida hosil bo‘ladi? Linzaning kattalashtirilishi nechaga teng?
4. O‘quvchi laboratoriya ishini bajara turib ekranda yonib turgan shamning aniq tasvirini hosil qildi. Agar buyumdan linzagacha bo‘lgan masofa 15 cm, linzadan ekrangacha bo‘lgan masofa esa 60 cm bo‘lsa, linzaning fokus masofasi va optik kuchi qanday?
5. Fokus masofasi 50 cm bo‘lgan yig‘uvchi linzadan buyumni qanday masofaga joylashtirganda, 4 marta kattalashgan tasvir hosil bo‘ladi?
6. Buyumning mavhum tasviri linzadan 50 cm masofada hosil bo‘ldi. Agar buyumdan linzagacha bo‘lgan masofa 20 cm bo‘lsa, linzaning optik kuchini aniqlang.
7. Sochuvchi linzadan 1 m uzoqlikda turgan buyumning mavhum tasviri linzadan 25 cm masofada hosil bo‘ldi. Linzaning optik kuchi qanday bo‘lgan?
8. Ekrandan 1 m uzoqda turgan yig‘uvchi linza, buyumning ekranda 2 marta kattalashgan tasvirini hosil qildi. Linzaning optik kuchi qanday bo‘lgan?

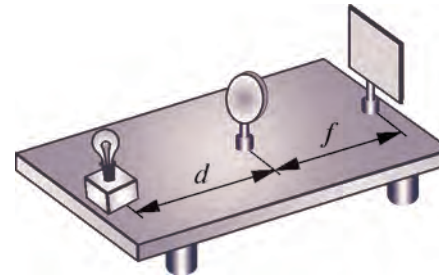
53-§. LABORATORIYA ISHI
LINZANING OPTIK KUCHINI ANIQLASH

Maqsad: linzaning fokus masofasini va optik kuchini aniqlashni o‘rganish.
***Kerakli jihozlar*:** qavariq linza, elektr lampa, ekran va masshtabli chizg‘ich.

Ishni bajarish tartibi

1. Elektr lampa, linza va ekranni stol ustiga 79-rasmda ko‘rsatilgandek joylashtiring.

2. Lampani yoqing. Ekranni oldinga-orqaga surib, lampa tolasining eng aniqroq tasviri hosil bo‘ladigan masofani toping. Buyumdan (lampadan) linzagacha bo‘lgan d_1 masofani va linzadan tasvirgacha (ekrangacha) bo‘lgan f_1 masofani o‘lchang.



79-rasm.

3. Lampa bilan linza orasidagi masofani d_2 va d_3 ga o‘zgartirib, tajribani takrorlang. Ekranda lampa tolasining eng aniqroq tasviri hosil bo‘lgan masofada f_2 va f_3 larni o‘lchang.

4. Linza formulasidan foydalanib har bir tajribadan olingan d_1 va f_1, d_2 va f_2, d_3 va f_3 uchun fokus masofasi F_1, F_2, F_3 ni hisoblang.

5. $F_{o‘rt} = (F_1+F_2+F_3)/3$ formulaga qo‘yib, fokus masofasining o‘rtacha qiymatini hisoblang.

6. $D = 1/F_{o‘rt}$ formuladan linza optik kuchining o‘rtacha qiymatini hisoblang.

7. O‘lchash va hisoblash natijalarini jadvalga yozing.

№	*d*, m	*f*, m	*F*, m	$F_{o‘rt}$, m	*D*, dptr
1					
2					
3					

8. Linzani lampadan $d = 2F$ masofaga qo‘ying. Ekranni oldinga-orqaga surib, unda lampa tolasi tasvirini hosil qiling.

9. Linzani lampadan shunday masofaga qo‘yingki, bunda $F < d < 2F$ shart bajarilsin. Ekranni surib, unda lampa tolasining tasvirini hosil qiling.

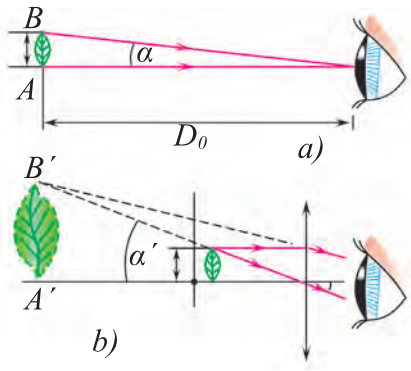
10. Linzani lampadan $d < F$ masofaga qo‘ying. Ekranda lampa tolasining tasvirini qidiring. Linza orqasida tasvir hosil bo‘lmaganligiga ishonch hosil qiling.

1. 8–9-bandlar bo‘yicha o‘tkazilgan tajribalarda ekranda hosil qilingan tasvirlar bir-biridan qanday farq qiladi?
2. 10-band bo‘yicha o‘tkazilgan tajribada nima sababdan ekranda tasvir hosil bo‘lmaganini tushuntirib bering.
3. Tajriba natijalarini tahlil qiling va ular yuzasidan fikr-mulohaza yuriting.

54-§. OPTIK ASBOBLAR

Lupa

Lupa **– buyumlarni ko‘rish burchagini kattalashtirib beradigan kichik fokus masofali qavariq linza.**



80-rasm.

Ko‘zimizning eng yaxshi ko‘rish masofasi D_0 = 25 cm atrofida bo‘ladi. Aytaylik, AB buyum sirtidagi juda mayda narsalarni ko‘zdan kechirmoqchimiz. Masofa D_0 dan kamayganda ko‘zimiz buyumdagi mayda narsalarni ilg‘ay olmaydi.

D_0 masofada ko‘zimizning AB buyumni ko‘rish burchagi α ga teng bo‘lsin (80-*a,* rasm). Buyum bilan ko‘zimiz orasiga lupa qo‘ysak, D_0 masofada AB buyumning kattalashgan $A'B'$ tasviri ko‘rinadi (80-*b,* rasm). Tasvirda buyum sirtidagi mayda narsalar ham kattalashgan holda ko‘rinadi. Bunday holat uchun lupaning kattalashtirishi $K=A'B'/AB=\alpha'/\alpha$ bo‘ladi.

Lupaning kattalashtirishi $K = D_0/F$ formula bilan aniqlanadi. Lupalarning fokus masofasi, odatda, 1-10 cm bo‘ladi. D_0 =25 cm atrofida ekanligini hisobga olsak, aytish mumkinki, lupa buyumlarni 2,5-25 marta kattalashtirib ko‘rsatadi.

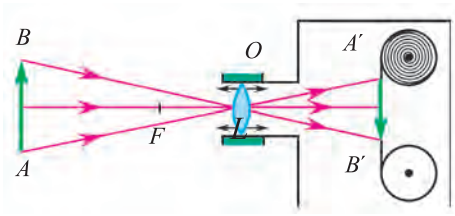
Fotoapparat

Fotoapparat – obyektning tasvirini fotoplyonka, fotoplastina yoki foto qog‘ozga tushirib, saqlaydigan qilib beradigan asbob.

Fotoapparatning asosiy qismi kamera K va unda joylashgan obyektiv O dan iborat (81-rasm). Obyektivdagi linza L kamera ekranida AB buyumning teskari, haqiqiy va kichraygan $A'B'$ tasvirini hosil qiladi. Fotoapparatda buyum tasvirini saqlab qolish maqsadida kameraning ekraniga yorug‘lik ta’sirida tasvirni o‘zida hosil qiladigan va saqlab qoladigan maxsus fotoemulsiya qoplangan fotoplyonka joylashtiriladi.

Fan va texnikaning taraqqiyoti natijasida plyonkali fotoapparatlar o‘rnini zamonaviy elektron (raqamli) fotokameralar egalladi (82-rasm). Elektron fotokameralarda fotoplyonka o‘rniga maxsus sezgir element o‘rnatiladi. Elementda olingan tasvirning nuqtalari shakllanadi. Tasvirning bu nuqtalari – piksel deb yuritiladi. *Pixel* – inglizcha *(picture element)* so‘zlardan olingan bo‘lib, tasvir

elementi degan ma’noni anglatadi. Piksel fotoapparat uchun muhim sifat xarakteristikasi hisoblanadi. Agar fotoapparatning pikseli qancha katta bo‘lsa, bu fotoapparatda olingan tasvir sifatli bo‘ladi. Eng yaxshi fotoapparatning tasvirni qayd qiluvchi elementi bir necha o‘n mega pikselni tashkil qiladi.



81-rasm.



82-rasm.

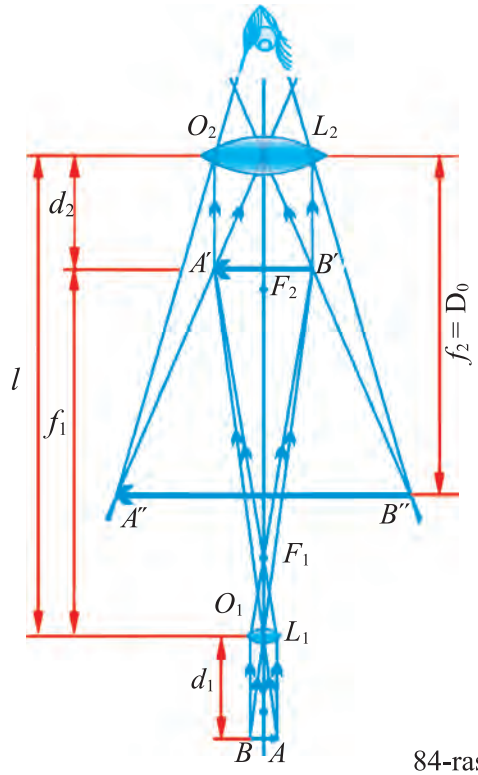
Mikroskop

Mikroskop **— yaqin masofadagi ko‘zga bevosita ko‘rinmaydigan juda mayda obyektlarni kattalashtirib ko‘rsatadigan optik asbob.**

Mikroskopdan bakteriyalar, hujayralar kabi mayda obyektlarni kuzatish uchun ham foydalaniladi (83-rasm).



83-rasm.



84-rasm.

O_1 okulyardagi L_1 yordamida AB buyumning teskari, haqiqiy va kattalashgan tasviri $A'B'$ hosil qilinadi (84-rasm). Mikroskopning O_2 obyektividagi L_2 linza lupa kabi ko‘rish burchagini oshirib beradi. Mikroskopning obyektiviga qaralganda L_1 linza hosil qilgan $A'B'$ tasvir ko‘zning eng yaxshi ko‘rish masofasi bo‘lgan D_0 uzoqlikda yanada kattalashgan $A''B''$ holda ko‘rinadi.

Mikroskopning kattalashtirishi

$$K = \frac{l \cdot D_0}{F_1 \cdot F_2}$$

formula bilan aniqlanadi. Bunda l – linzalar orasidagi masofa, F_1 va F_2 – linzalarning fokus masofasi.

Takomillashtirilgan bunday mikroskoplar yordamida ko‘z ilg‘amaydigan mayda obyektlarni 3 ming martagacha kattalashtirib ko‘rish mumkin. Keyingi yillarda yaratilgan maxsus mikroskoplarning kattalashtirish koeffitsiyenti 100 minggacha bo‘ladi.



1. Lupada tasvir qanday hosil qilinadi? Uning kattalashtirishi qanday aniqlanadi?
2. Fotoapparatning tuzilishi va ishlashini tushuntirib bering.
3. Mikroskopda tasvir qanday hosil qilinadi? Uning kattalashtirishi qanday aniqlanadi?
4. Optik teleskoplar haqida nimalarni bilasiz?

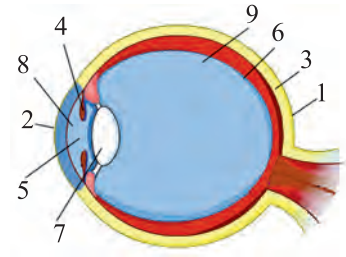


1. Fokus masofasi 2,5 cm bo‘lgan lupa buyumni necha marta kattalashtirib ko‘rsata oladi? Ushbu va keyingi masalalarda D_0 = 25 cm deb oling.
2. Buyumni 20 marta kattalashtirib ko‘rsata oladigan lupaning fokus masofasi qancha?
3. Mikroskop linzalarining fokus masofalari mos ravishda 1,5 cm va 2,5 cm, linzalar orasidagi masofa 30 cm. Bunday mikroskop obyektni necha marta kattalashtirib ko‘rsatadi?
4. Fokus masofasi 30 cm bo‘lgan linza, buyumning 3 marta kichiklashgan haqiqiy tasvirini hosil qildi. Buyum linzadan qanday masofaga qo‘yilgan?
5. Birinchi fotoapparat obyektivining fokus masofasi 5 cm, ikkinchisiniki 4 cm. Bir xil masofadan turib bitta obyektning fotosurati olinganda obyektning qaysi fotoapparatda olingan surati kattaroq chiqadi?
6. Fokus masofasi 40 cm bo‘lgan qavariq linzadan buyum 50 cm masofada turibdi. Linzaning chiziqli kattalashtirishi nechaga teng?
7. Fokus masofasi 20 cm bo‘lgan qavariq linza ekrandan 60 cm masofada turganda, ekranda buyum kattalashgan haqiqiy tasviri hosil bo‘ldi. Buyum va ekran orasidagi masofa qanday bo‘lgan?

55-§. KO‘Z VA KO‘RISH

Ko‘zning tuzilishi

85-rasmda odam ko‘zining kesimi tasvirlangan. Ko‘z sharining tashqi qobig‘i *sklera* (1), uning shaffof old qismi *shoh parda* (2) deyiladi. Sklera ichki tomondan *tomirli qobiq* (3) bilan qoplangan.Tomirli qobiq qon tomirlaridan tashkil topgan.



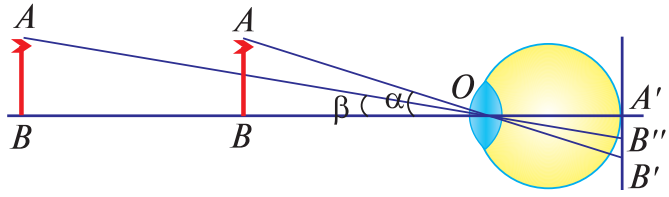
85-rasm.

Tomirli qobiqning old qismi *kamalak qobiqqa* (4) tutashgan. Uning o‘rtasida doirasimon teshik – *qorachiq* (5) mavjud. Tomirli qobiq ostida *to‘r parda* (6) bo‘lib, u zich joylashgan nerv tolalarining uchlaridan iborat. Kamalak qobiq ortida shaffof jism – *gavhar* (7) joylashgan bo‘lib, unga tutashgan maxsus muskullar gavharning egrilik radiusini o‘zgartirib turadi. Gavharning qarama-qarshi tomonidagi to‘r parda sirti yorug‘likka sezgir sariq modda bilan qoplangan. Shoh parda bilan gavhar oralig‘i rangsiz *suvsimon suyuqlik* (8) bilan to‘lgan. Gavhar bilan to‘r parda orasini yumshoq *shishasimon jism* (9) tashkil etadi. Suvsimon suyuqlik va shishasimon jism orasida joylashgan gavharning nur sindirish ko‘rsatkichi 1,5 ga teng. Gavhar ikkiyoqlama qavariq linza vazifasini bajaradi.

Ko‘rish

Buyumga qaralganda undan kelayotgan nur ko‘zga tushadi va to‘r pardada buyumning haqiqiy, kichiklashgan va to‘nkarilgan tasviri hosil bo‘ladi. To‘r pardadagi nerv tolalari buyumning shakli va rangi haqida informatsiyani miyaga uzatadi. Shu tariqa odam mazkur buyumning shakli va rangini sezadi.

Atrofdagi buyumlar odam ko‘zidan turli masofada joylashgan bo‘lsa-da, to‘r pardada aniq tasvir hosil bo‘laveradi. Bunga sabab, ko‘z gavharining egrilik radiusi, binobarin, fokus masofasining o‘zgaruvchanligidir.



86-rasm.

Juda uzoqdagi buyumlarni seza olmaymiz. Aytaylik, ko‘z gavharining optik markazi O nuqtada bo‘lsin. Yaqinroqda turgan AB kattalikdagi buyumga α burchak ostida qaraganimizda uning tasviri to‘r pardada $A'B'$ kattalikda hosil bo‘ladi (86-rasm). Agar shu AB buyumni uzoqroq masofaga qo‘yib unga qarasak, hosil bo‘lgan $A'B''$ tasvir va β ko‘rish burchagi kichikroq bo‘ladi. Bu holda

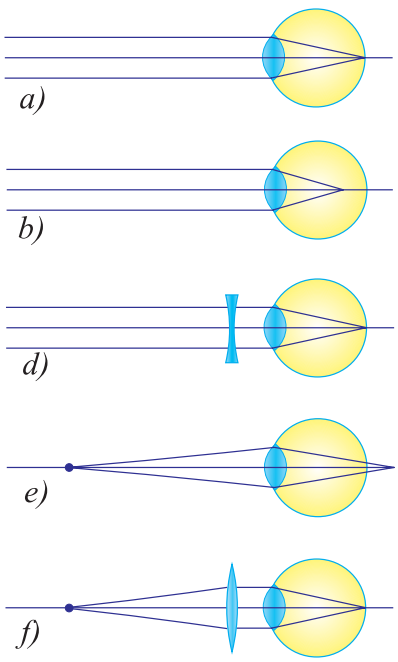
tasvir ostiga kamroq sonli nerv uchlari to‘g‘ri keladi. Shuning uchun buyumning tashqi ko‘rinishi bo‘yicha kamroq informatsiya olamiz.

AB buyum qanchalik uzoq masofada bo‘lsa, tasvir va ko‘rish burchagi shunchalik kichik bo‘ladi, tashqi ko‘rinishi bo‘yicha ham shuncha kam informatsiya olamiz. Agar *AB* buyum juda uzoqda bo‘lsa, parda tolasidagi tasvir shunchalik kichik bo‘ladiki, tasvir faqat bitta nerv tolasi uchiga tushadi. Bitta nerv tolasi faqat bitta nuqta haqida informatsiya beradi, xolos.

Ikki ko‘z bilan ko‘rishda buyumning tasviri ikkala ko‘zda bir xil hosil bo‘ladi. Agar barmog‘imizni tik holatda burnimiz qarshisida tutib tursak, u ikkilanib ko‘rinadi. Lekin barmog‘imiz 15–20 cm uzoqlikka borganida bu ikkilanish yo‘qoladi. Shu masofadan boshlab ko‘zlarimiz ko‘rishda bir-biriga yordam beradi. Bir ko‘z bilan fazoning uch o‘lchovligini, buyumlarning uzoq-yaqinligini, yo‘lning o‘nqir-cho‘nqirligini sezish qiyin. Bunda ikki ko‘z bilan ko‘rish yordam beradi.

Ko‘rishdagi defektlar. Ko‘zoynak

Me’yorda ko‘ruvchi odam ko‘zida buyum tasviri to‘r pardada hosil bo‘ladi (87-*a* rasm). Ayrim odamlar uzoqni yomon ko‘radi. Bunday odamlar ko‘zida uzoqdagi buyum tasviri to‘r pardadan beriroqda hosil bo‘ladi va buyumlar chaplashibroq ko‘rinadi (87-*b* rasm). Bunday ko‘z ***yaqindan ko‘rarlik*** deyiladi.



87-rasm.

Yaqindan ko‘rarlik ko‘zlarda gavharning fokus masofasi me’yordan kam, ya’ni optik kuchi kattaroq bo‘ladi. Ko‘rishni yaxshilash uchun botiq linzali ko‘zoynakdan foydalaniladi. Ko‘zoynakdagi optik kuchi manfiy bo‘lgan bunday linza tasvirni to‘r parda tomon surib beradi (87-*d* rasm). Bunday ko‘zoynak yordamida buyumni yaxshi ko‘rish mumkin.

Ba’zilar, ayniqsa, katta yoshdagi odamlar o‘qish va yozishda qiynalishadi. Bunday odam ko‘zida buyum tasviri to‘r pardadan nariroqda hosil bo‘ladi va chaplashibroq ko‘rinadi (87-*e* rasm). Bunday ko‘z ***uzoqdan ko‘rarlik*** deyiladi.

Uzoqdan ko‘rarlik ko‘zlarda fokus masofasi me’yordan katta, ya’ni optik kuchi kichikroq bo‘ladi. Ko‘rishni yaxshilash uchun qavariq linzali ko‘zoynakdan foydalaniladi. Ko‘zoynakdagi optik kuchi musbat bo‘lgan linza tasvirni to‘r parda tomon surib beradi (87-*f* rasm). Natijada bunday ko‘zoynak yordamida odam buyumni me’yordagi ko‘z kabi yaxshi ko‘radi.

1. Ko‘zda tasvir qanday hosil bo‘ladi?
2. Ikki ko‘z bilan ko‘rishning bir ko‘z bilan ko‘rishdan farqi nimadan iborat?
3. Yaqindan ko‘rarlik va uzoqdan ko‘rarlik ko‘zlardagi kamchilik nimadan iborat? Bunday ko‘zlar yaxshi ko‘rishi uchun qanday ko‘zoynakdan foydalanish mumkin?

56-§. MASALALAR YECHISH

1-masala. Odam 4,5 m uzoqlikdan rasmga olinganda, uning tasvirining balandligi 40 mm ga teng bo‘ldi. Fotoapparat obyektivining fokus masofasi 10 cm ga teng bo‘lsa, odamning bo‘yi qancha bo‘lgan?

Berilgan:
$d = 4{,}5$ m
$h = 40$ mm $= 0{,}04$ m
$F = 10$ cm $= 0{,}1$ m.

Topish kerak:
$H = ?$

Formulasi:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \qquad \frac{h}{H} = \frac{f}{d};$$

$$H = \frac{d}{f} \cdot h = \frac{d}{\frac{F \cdot d}{d - F}} \cdot h = \frac{d - F}{F} \cdot h.$$

Hisoblash:

$$H = \frac{4{,}5\,\text{m} - 0{,}1\,\text{m}}{0{,}1\,\text{m}} \cdot 0{,}04\,\text{m} = 1{,}76\,\text{m}$$

Javob: $H = 176$ cm.

2-masala. Mikroskop linzalarining fokus masofalari mos ravishda 0,5 cm va 2,5 cm, linzalar orasidagi masofa 40 cm. Bunday mikroskop obyektni necha marta kattalashtirib ko‘rsatadi?

Berilgan:
$F_1 = 0{,}5$ cm$=0{,}005$ m
$F_2 = 2{,}5$ cm $=0{,}025$ m
$D_0 = 25$ cm $= 0{,}25$ m
$l = 40$ cm $= 0{,}4$ m

Topish kerak:
$K = ?$

Formulasi:

$$K = \frac{l \cdot d_0}{F_1 \cdot F_2}.$$

Hisoblash:

$$K = \frac{0{,}4\,\text{m} \cdot 0{,}25\,\text{m}}{0{,}005\,\text{m} \cdot 0{,}025\,\text{m}} = 800$$

Javob: $K = 800$.

3-masala. Yaqindan ko‘rar kishi 12,5 cm masofadan kitobni o‘qiy olsa, u normal o‘qiy olishi uchun optik kuchi qanday bo‘lgan ko‘zoynak taqishi kerak?

Berilgan:
$a = 0{,}125$ m
$d_0 = 0{,}25$ m

Topish kerak
$D_{ko'zoynak} = ?$

Yechilishi:

$$D_n = \frac{1}{d_0} = \frac{1}{0,25m} = 4\,dptr\cdot$$

$$D_n = \frac{1}{a} + D_{ko'zoynak}$$

$$D_{ko'zoynak} = D_n - \frac{1}{a} = 4\ dptr - \frac{1}{0,125\,m} = 4\,dptr - 8\ dptr = -4\,dptr.$$

Javobi: kishi linzaning optik kuchi -4 dptr bo‘lgan ko‘zoynak taqishi kerak.

M 29

1. Balandligi 3 m bo‘lgan daraxt suratga olinganda uning tasvirining balandligi 12 mm bo‘ldi. Agar fotoapparat obyektivining fokus masofasi 20 cm bo‘lsa, surat qanday masofadan olingan?
2. Mikroskop obyektivining fokus masofasi 20 mm, okulyarning fokus masofasi 30 mm. Obyektiv bilan okulyar orasidagi masofa 20 cm bo‘lsa, mikroskopning kattalashtirishini toping.
3. Fokus masofasi 50 cm bo‘lgan botiq linzali ko‘zoynakning optik kuchi qancha bo‘ladi? Bunday ko‘zoynak qanday maqsadda taqiladi?
4. O‘quvchi bola optik kuchi -4 dioptriya bo‘lgan ko‘zoynakda o‘qimoqda. Uning ko‘zoynaksiz eng yaxshi ko‘rish masofasi qanday?
5. O‘quvchi bola ko‘zoynagini olib, kitobni ko‘zidan 16 cm uzoqlikda o‘qiydi. U taqqan ko‘zoynakning optik kuchi qanday bo‘lgan?
6. O‘quvchi optik kuchi -2 dptr bo‘lgan ko‘zoynakda o‘qimoqda. Uning ko‘zoynaksiz eng yaxshi ko‘rish masofasi qanday bo‘ladi?
7. Havoga nisbatan nur sindirish ko‘rsatkichi 1,5 ga teng shishadan yasalgan sirtning egrilik radiuslari 25 cm va 40 cm bo‘lgan ikkiyoqlama qavariq linzaning optik kuchini toping.

57-§. GELIOTEXNIKA. O‘ZBEKISTONDA QUYOSH ENERGIYASIDAN FOYDALANISH

Quyoshdan kelayotgan yorug‘lik energiyasini issiqlik yoki elektr energiyasiga aylantirib, undan turli maqsadlarda foydalanish mumkin.

Quyosh energiyasini boshqa turdagi energiyalarga aylantirib beruvchi qurilmalar *geliotexnik qurilmalar* deb, Quyosh energiyasidan foydalanish istiqbollari bilan shug‘ullanadigan soha esa *geliotexnika* deb ataladi.

Yunonchada «*Gelios*» — «*Quyosh*» demakdir.

Yer sirtiga yetib keladigan Quyosh nurlari juda katta issiqlik manbayi hisoblanadi. Ana shu manbadan samarali foydalanish usullarini topish, turli qurilmalar, energiya manbalarini yaratish *geliotexnikaning asosiy vazifasi* hisoblanadi.

Ma’lumki, Quyosh Yer yuzini geografik kengliklar bo‘yicha turlicha yoritadi. Yil davomida Yerning 1 m^2 yuzasiga to‘g‘ri keladigan Quyosh energiyasi 300 W/m^2 dan 1340 W/m^2 gacha o‘zgarib turadi. Markaziy Osiyo mamlakatlarida Quyosh energiyasidan foydalanish uchun geografik, optik va energetik jihatdan tabiiy sharoitlar bor. Chunonchi, iyun oyida yorug‘ kun uzunligi 16 soat, dekabrda esa 8–10 soatni tashkil etadi. Yozda oyiga 320–400 soat ochiq quyosh nuri to‘g‘ri keladi. Bu joylarda geliotexnik qurilmalardan foydalanish natijasida ko‘p miqdordagi yoqilg‘i va boshqa manbalardan olinayotgan energiya tejalishi mumkin. Quyoshli O‘zbekistonda geliotexnikadan samarali foydalanish imkoni katta.

O‘zbekistonda Quyosh energiyasidan avval foydalanib kelingan. Odamlar qadimdan meva va sabzavotlarni Quyosh nurida quritib kelganlar. Masalan, uzumni oftobda quritib, eng yuqori sifatli mayizlar tayyorlangan. O‘rik, qovun, olma, shaftoli va boshqalarni quritib, ularning qoqisi tayyorlangan.

Buyuk mutafakkirlarimiz Quyosh issiqligining Yer yuzida bo‘ladigan hodisalarga aloqadorligi haqida fikr yuritganlar. Masalan, ***Abu Ali ibn Sino*** o‘zining «*Donishnoma*» kitobida «Linzaning alanga oldirishiga sabab, uning bir tomondan kelayotgan nurlarni bir nuqtaga yig‘ishidadir. Bu nuqta kuchli yoritiladi va kuchli isiydi», deb yozadi.

Quyosh energiyasi bilan ishlaydigan geliotexnik qurilmalar XX asrning boshlarida qurila boshlangan. Bu davrda O‘zbekistonda Quyosh energiyasi bilan ishlaydigan geliotexnik qurilmalar (tamaki ekstraktini Quyosh nurida bug‘lantirish, tajribaviy issiqxonalar) barpo etildi.

Geliotexnika sohasida tadqiqotlarni olib borishga ham e’tibor berila boshlandi. 1934-yilda Toshkentda ***Geliotexnika laboratoriyasi*** faoliyat ko‘rsata boshladi.

1943-yilda O‘zbekiston Fanlar akademiyasining Fizika-texnika institutida ***Geliotexnika laboratoriyasi*** tashkil etildi. Bu laboratoriyada olib borilgan tadqiqotlar asosida Quyosh energiyasidan foydalanib suv isitish qurilmalari, meva quritkichlar, pilla ivitkich va quritkichlar, oltingugurtni suyultirish qurilmalari yaratildi.

1946-yilda Fizika-texnika institutida diametri 10 m li ko‘zgusimon ***paraboloid qurilma*** barpo etildi. Quyosh energiyasini yig‘ib beradigan bu qurilmadan bug‘ va muz olish ishlarida foydalanildi.

1963-yilda O‘zbekiston Fanlar akademiyasining ***Geofizika bo‘limi*** tashkil etildi. Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar asosida Quyosh nurini yig‘ish va undan foydalanishga mo‘ljallangan turli qurilmalar yaratildi. Masalan, yig‘ilgan Quyosh nuri ta’sirida bemorlarni davolaydigan tibbiyot qurilmalari, qishloq xo‘jalik ekinlari urug‘lariga Quyosh nuri bilan ishlov beruvchi qurilmalar yaratildi.

Respublikamizda Quyosh energiyasidan foydalanish borasida ulkan yutuqlarga erishildi. 1960 – 1970-yillardayoq bu sohada olimlarimiz ***U.O.Oripov, S.A.Azimov*** va boshqalar asos solgan geliotexnika maktabi shakllangan edi.

1976-yilda ***S.A.Azimov*** tashabbusi bilan hukumatimiz qaroriga muvofiq O‘zbekiston Fanlar akademiyasining «***Fizika-Quyosh***» ***ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi*** tashkil etildi. Bu birlashma tomonidan amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan tadqiqotlar olib borilib, natijalari amaliyotga tadbiq qilindi. Yuqori foydali ish koeffitsiyentiga ega bo‘lgan Quyosh qurilmalari asosida ishlovchi suv nasoslari, tibbiyotda qo‘llaniladigan jihozlar, suv chuchituvchi qurilmalar, issiqxonalar, quritkichlar va sovitkichlar yaratildi va xalq xo‘jaligining turli sohalarida, ayniqsa, binolarni issiq suv bilan ta’minlashda qo‘llanishga joriy etildi.

Quyosh energiyasidan yanada samarali foydalanish maqsadida 1987-yilda Toshkent viloyatining Parkent tumanida «Fizika- Quyosh» IIChB ga qarashli issiqlik quvvati 1 MW bo‘lgan ***Quyosh sandoni*** barpo etildi. Bunday qurilma shu vaqtga qadar faqat Odeo (Fransiya) shahrida bor edi. Qurilmaning konsentratori fokus masofasi 18 m bo‘lgan paraboloid ko‘zgular sistemasidan iborat bo‘lib, uning o‘lchami 54 × 42 m ni tashkil etadi. Quyosh sandonida yig‘ilgan energiya issiqqa chidamli materiallarni olish, issiqqa va ishqalanishga chidamli elektr izolyatsiya xossalariga ega bo‘lgan materiallar yaratishda foydalanilmoqda. Shuningdek, mahalliy xomashyo va sanoat chiqindilari negizida keramik issiqqa chidamli materiallar olish va ular asosida tibbiyot, energetika, neft va gaz, yengil sanoat uchun zarur buyumlar ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish kabi ilmiy-texnik ishlanmalar barpo etilmoqda. Quyosh sandoni yordamida aralashmalari bo‘lmagan toza metallarni eritib olishga erishilmoqda.

Kosmik stansiyalardagi katta quvvatli qurilmalarda Quyosh energiyasidan foydalanilmoqda. Kichik quvvatli elektron qurilmalar (mikrokalkulyatorlar, soatlar, mobil telefon apparatlar)da ham fotoelementlardan foydalaniladi.

Quyosh energiyasidan foydalanish, istiqbollidir. Quyosh energetikasi ekologik toza bo‘lib, uning imkoniyatlari kattadir.

1. Qanday qurilmalar geliotexnik qurilmalar deb ataladi? Geliotexnika sohasi nimalarni o‘rganadi?
2. Nima sababdan O‘zbekiston hududi Quyosh energiyasidan foydalanish uchun qulay hudud hisoblanadi?
3. O‘lkamizda qadimdan Quyosh energiyasidan qanday foydalanib kelingan?
4. O‘zbekistonda geliotexnika sohasini rivojlantirish va undan amaliyotda foydalanish bo‘yicha qanday ishlar amalga oshirilgan?

V BOBNI TAKRORLASH UCHUN TEST TOPSHIRIQLARI

1. Yorug‘lik nuri havodan suvga tushmoqda. Tushish burchagi α bo‘lsa, sinish burchagi β ni quyidagi shartlardan qaysi biri to‘g‘ri qanoatlantiradi?

A) $\beta > \alpha$; B) $\beta > \alpha$; C) $\beta = \alpha$; D) $\beta < \alpha$.

2. Yorug‘lik nuri shishadan havoga o‘tyapti. Tushish burchagi 30°. Nur o‘tganda, o‘z yo‘nalishini 30° ga o‘zgartirgan bo‘lsa, shishaning nur sindirish ko‘rsatkichi nimaga teng bo‘ladi?

A) 1,5; B) 2; C) $\sqrt{2}$; D) $\sqrt{3}$.

3. Yorug‘lik nurining 1-muhitdan 2-muhitga o‘tishida tushish burchagi 60° ga, sinish buchagi esa 30° ga teng. 2-muhitning 1-muhitga nisbatan nur sindirish ko‘rsatkichi qanchaga teng?

A) 0,5; B) 2; C) $\sqrt{3}/3$; D) $\sqrt{3}$.

4. Linzadan 50 cm uzoqlikda buyumning 5,5 marta kichraygan mavhum tasviri hosil bo‘ldi. Linzaning optik kuchini toping (dptr).

A) -9; B) -5; C) -8; D) -2.

5. Biror buyum fokus masofasi 12 cm li linzadan 16 cm uzoqlikda qo‘yilgan. Linzaning kattalashtirishi qanchaga teng bo‘ladi?

A) 2; B) 3; C) 4; D) 5.

6. Jism optik kuchi 10 dioptriya bo‘lgan qavariq linzadan 20 cm masofada turibdi. Linzaning kattalashtirishini toping.

A) 0,5; B) 1; C) 0,8; D) 1,5.

7. Fokus masofasi 36 cm bo‘lgan linzada 18 cm uzoqlikda joylashgan buyumning kattalashgan mavhum tasviri linzadan qanday masofada hosil bo‘ladi (cm)?

A) 9; B) 18; C) 36; D) 12.

8. Linzadan 10 cm masofada joylashgan buyumning 2 marta kichiklashgan mavhum tasviri hosil bo‘ldi. Linzaning optik kuchini aniqlang (dptr).

A) 5; B) 10; C) -10; D) -5.

9. Agar fokus masofasi 5 cm li fotoapparat yordamida 8 m li binoning olingan rasmi 4 cm bo‘lsa, bino qanday uzoqlikdan (*m*) rasmga olingan?

A) 4; B) 10; C) 41; D) 13;

10. Fokus masofasi 2 cm bo‘lgan lupaning kattalashtirishini aniqlang.

A) 9; B) 9,5; C) 10; D) 12,5.

11. Besh marta kattalashtiradigan lupaning optik kuchini (dptr) toping.

A) 150; B) 15; C) 25; D) 20.

12. Lupada qanday tasvir hosil bo‘ladi?

A) haqiqiy, teskari, kattalashgan; B) mavhum, teskari, kattalashgan;
C) haqiqiy, to‘g‘ri, kattalashgan; D) mavhum, to‘g‘ri, kattalashgan.

13. Odamning eng yaxshi ko‘rish masofasi 60 cm bo‘lsa, o‘zining ko‘zgudagi tasvirini yaxshiroq ko‘rish uchun u ko‘zgudan qanday masofada turishi kerak (cm)?

A) 25; B) 15; C) 30; D) 60.

14. O‘quvchi bola optik kuchi -2,25 dioptriya bo‘lgan ko‘zoynakda o‘qimoqda. Uning ko‘zoynaksiz eng yaxshi ko‘rish masofasini toping (cm).

A) 10; B) 16; C) 15; D) 12,5.

15. Bola ko‘zoynaksiz kitobni 20 cm masofadan o‘qiydi. Bola ko‘zoynagining optik kuchini aniqlang (dptr).

A) -1,5; B) -1; C) -2; D) +2.

16. Buyum fokus masofasi 12 cm bo‘lgan linzadan qanday masofaga qo‘yilganda, uning tasviri o‘z o‘chamidan uch marta katta bo‘ladi (cm)?

A) 16; B) 18; C) 20; D)15.

V BOB YUZASIDAN MUHIM XULOSALAR

Olaf Ryomer-tajribasi	O. Ryomer yorug‘likning tezligini birinchi bo‘lib astronomik usulda o‘lchagan.
Arman Fizo tajribasi	A.Fizo laboratoriya sharoitida yorug‘lik tezligini o‘lchashga muvaffaq bo‘lgan.
Yorug‘lik tezligi va «metr» uzunlik o‘lchoviga yangi tasnif	1983-yilda Xalqaro o‘lchov va birliklar Bosh assambleyasida yorug‘likning vakuumdagi tezligi c = 299 792 458 m/s ga teng ekanligini hisobga olib, metrning yangi tavsifi qabul qilingan. «***Metr*** – yorug‘likning vakuumda 1/299792458 s vaqt intervalida o‘tgan yo‘l uzunligiga teng».
Yorug‘likning tarqoq qaytishi	Yorug‘lik nuri g‘adir-budur sirtdan tarqoq qaytadi.
Yorug‘likning tekis qaytishi	Agar sirt yetarli darajada tekis (silliq) bo‘lsa, bunday sirtdan yorug‘lik nuri tekis qaytadi.
Yorug‘likning qaytish qonuni	1. Tushgan nur, qaytgan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan o‘tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi. 2. Qaytish burchagi α, tushish burchagi β ga teng.
Yorug‘likning sinish qonuni	1. Tushgan nur, singan nur va ikki muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan o‘tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi. 2. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan ikki muhit uchun o‘zgarmas kattalikdir, ya’ni: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=\frac{n_2}{n_1}$.
Yorug‘likning to‘la ichki qaytishi	Nur sindirish ko‘rsatkichi katta bo‘lgan muhitdan nur sindirish ko‘rsatkichi kichik bo‘lgan muhitga yorug‘lik yo‘naltirilganda $(n_1 > n_2)$ va nurning tushish burchagi chegaraviy burchakdan katta bo‘lganda nur ikki muhit chegarasidan to‘la qaytadi. To‘la ichki qaytishda tushish burchagining chegaraviy qiymati α_0 quyidagicha ifodalanadi: $\sin\alpha_0=\frac{n_2}{n_1}$ bunda n_1 va n_2 birinchi va ikkinchi muhitlarning nur sindirish ko‘rsatkichi.

Linza	Bir yoki ikki tomoni sferik sirt bilan chegaralangan shaffof jism linza deb ataladi. Ular tabiatiga ko‘ra ikki turga bo‘linadi, ya’ni yig‘uvchi va sochuvchi linzalarga.
Linzaning optik kuchi	Fokus masofasiga teskari kattalik linzaning *optik kuchi* deyiladi. $D = \frac{1}{F}$.
Linza formulasi:	$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ d va f lar mos ravishda buyumdan linzagacha va linzadan tasvirgacha bo‘lgan masofalar.
Linzaning chiziqli kattalashtirishi	Buyum tasviri o‘lchamining o‘z o‘lchamiga nisbati linzaning chiziqli kattalashtirishi deyiladi. Ta’rifga ko‘ra: $K = \frac{f}{d} = \frac{A'B'}{AB}$ Shuningdek, linzaning chiziqli kattalashtirishi linzadan tasvirgacha bo‘lgan masofa (f) va buyumdan linzagacha bo‘lgan masofa (d) orqali ham aniqlanadi, ya’ni: $K = \frac{f}{d}$.
Lupa	Lupa – buyumlarni ko‘rish burchagini kattalashtirib beradigan qavariq linza. Lupaning kattalashtirishi $K = \frac{D_0}{F}$ formula bilan aniqlanadi. Bunda D_0 – eng yaxshi ko‘rish masofasi. $D_0 = 25$ cm.
Fotoapparat	Fotoapparat – obyektning tasvirini fotoplyonka, fotoplastina yoki fotoqog‘ozga tushirib, saqlaydigan qilib beradigan asbob.
Mikroskop	Mikroskop – yaqin masofadagi ko‘zga bevosita ko‘rinmaydigan juda mayda obyektlarni kattalashtirib ko‘rsatadigan optik asbob. Mikroskopning kattalashtirishi $K = lD_0/F_1F_2$ formula bilan aniqlanadi. Bunda l – linzalar orasidagi masofa, F_1 va F_2 – obyektiv va okulyarning fokus masofasi.
Yaqindan ko‘rarlik	Yaqindan ko‘rarlik ko‘zlarda ko‘rishni yaxshilash uchun optik kuchi manfiy bo‘lgan linzali ko‘zoynakdan foydalaniladi.
Uzoqdan ko‘rarlik	Uzoqdan ko‘rarlik ko‘zlarda ko‘rishni yaxshilash uchun optik kuchi musbat bo‘lgan linzali ko‘zoynakdan foydalaniladi.

VI BOB
OLAMNING FIZIK MANZARASI. FIZIKA-TEXNIKA TARAQQIYOTI

58-§. OLAMNING YAGONA FIZIK MANZARASI

Olamning mexanik manzarasi

Olam manzarasi haqida qadimdan boshlab olimlar mulohaza yuritishgan. Biroq ular faqat tafakkurgagina tayanib, tajriba va kuzatishdan kelib chiqadigan umumlashtirishni nazardan qochirganlar.

Tabiat hodisalarini o‘rganishda tajriba natijalariga asoslanishni birinchi bo‘lib G.Galiley boshlab berdi. Shuning uchun fizikaning fan sifatida shakllanishi Galileydan boshlangan deb qaraladi. Bunda u inersiya, nisbiylik prinsipi haqidagi g‘oyalarni aytib, ularning tasdig‘ini tajribada kuzatdi. Bu boradagi ishlar I. Nyuton tomonidan davom ettirildi. Shu tariqa XVII asrda tabiatshunoslikdan mexanika ajralib chiqdi va olamning mexanik manzarasi yaratildi.

Olamning mexanik manzarasi **materiya, harakat, fazo, vaqt, o‘zaro ta’sir, sabab va oqibat qonuniyati kabi elementlardan tashkil topgan bo‘lib, unda tabiatdagi turli jarayonlarni mexanika qonunlari asosida tushuntirish mumkin deb qaraydi.**

Olamning mexanik manzarasiga ko‘ra, ***materiya*** zarralardan tashkil topgan modda deb tushuntirilgan; olam harakatlanuvchi materiyadan tashkil topgan va barcha ko‘rinishda harakatlar mexanik ***harakatga*** keladi; ***fazo*** va ***vaqt*** absolyut mohiyat bo‘lib, materiya va harakatga bog‘liq emas deb qaraladi (Nyuton), XX asrda bunday qarash inkor etildi (Eynshteyn); ***o‘zaro ta’sir*** universal tortishish qonuni asosida bo‘lib, u bir onda bo‘ladi; ***oqibat*** albatta ***sabab*** bilan bog‘liq (voqealar sababli bog‘lanishga ega, bir holat ma’lum bo‘lsa, keyingi holatni sabab-oqibat prinsipi asosida aniqlash mumkin); Nyuton tomonidan yaratilgan klassik mexanika tasavvuriga ko‘ra avval alohida-alohida bo‘lgan hodisalar, jarayonlar, dalillar bir tizimga keltiriladi, ular bir-biri bilan ***mexanik qonuniyatlar*** asosida bog‘lanib, umumiy yagona manzarani tashkil etadi.

Olamning elektromagnit manzarasi

XIX asrda elektromagnit hodisalarni tadqiq qilish, ularning qonuniyatlarini kashf etish boshlandi. Lekin ularni mexanik nuqtayi nazardan qandaydir fluid (faraz qilingan maxsus suyuqlik, muhit) asosida tushuntirishga urinishlar bo‘ldi. Bunday qarashlar tanqidga uchrab, inkor etila boshlandi. Shunda

M.Faradey *elektromagnit maydon* tushunchasini kiritdi. Bu fanda muhim olg‘a siljish bo‘ldi. So‘ngra bu g‘oyani rivojlantirib, J. Maksvell *elektromagnit maydon nazariyasini* yaratdi. Alohida-alohida deb qaralayotgan elektr va magnit hodisalar ma’lum tartibga keltirildi. Bunda elektromagnit maydon fazoda uzluksiz o‘zgaradi deb qaraldi.

Olamning mexanik manzarasi bo‘yicha materiya *moddadan* iborat deb qaralgan bo‘lsa, olamning elektromagnit manzarasida materiya *maydon* shaklida bo‘lishi ham mumkinligi qayd etildi. *Harakat* faqat modda va uning zarralari harakatidangina iborat bo‘lmasdan, balki maydon va uning elektromagnit to‘lqinlarining harakati sifatida ham qaralishini taqozo etdi. O‘zaro ta’sir faqat gravitatsion maydon orqali *bir ondagina* emas, balki *chekli* tezlik bilan tarqaluvchi elektromagnit maydon orqali ham bo‘lishi e’tirof etildi. Shunday qilib, Olamning elektromagnit manzarasi shakllandi.

Shu bilan birga tabiatda ikkita fundamental o‘zaro ta’sir – *gravitatsion* va *elektromagnit o‘zaro ta’sir* mavjudligi qayd etildi.

Olamning hozirgi zamon fizik manzarasi

XIX asr oxirlari va XX asr boshlariga kelib, atom fizikasi sohasidagi tadqiqotlar, elektromagnit maydon porsiyalar – kvantlardan iborat ekanligi to‘g‘risidagi nazariya, zarralarning to‘lqin tabiati haqidagi ta’limotlar klassik fizikaning qonunlari barcha fizik hodisalar uchun o‘rinli bo‘lavermasligini ko‘rsatdi. Materiyaning uzlukli tuzilishga ega bo‘lgan *moddaga* va uzluksiz *maydonga* bo‘linishi o‘zining absolyut ma’nosini yo‘qotdi.

Korpuskulyar-to‘lqin dualizmi («dualizm» − «ikkiyoqlamalik» demakdir) materiyaning barcha shakllariga − moddaga va maydonga xosligi aniqlandi. Bular natijasida materiyaning *kvant* xossalari kashf etildi.

Mikrozarralarning harakatini tavsiflovchi *kvant fizikasi* paydo bo‘lgandan so‘ng olamning yagona fizik manzarasida yangi elementlar ko‘zga tashlana boshladi. Kvant nazariyasining prinsiplari mutlaqo umumiy bo‘lib, barcha zarralarni, ular orasidagi o‘zaro ta’sirlarni va ularning o‘zaro aylanishlarini tavsiflash uchun qo‘llaniladi.

1. Olamning mexanik manzarasi qanday elementlardan tashkil topgan?
2. Olamning mexanik va elektromagnit manzaralari orasidagi farq nimadan iborat?
3. Olamning yagona fizik manzarasi haqida nimalarni bilasiz?

59-§. FIZIKA VA TEXNIKA TARAQQIYOTI. O‘ZBEKISTONDA FIZIKA SOHASIDAGI TADQIQOTLAR

Fizika va texnika taraqqiyoti

Ibtidoiy jamoa tuzumida dastavval tosh qurollar, keyinchalik o‘q-yoy, loydan yasalgan idishlar, toshbolta va mis qurollar paydo bo‘ldi. Mil. av. 4-3-ming yillikda jezdan yasalgan mehnat qurollari yaratildi. Keyinroq temirdan foydalanishga o‘tildi. Dehqonchilik rivojlana boshlagach, suv chiqarish qurilmalari va yer haydash qurollari paydo bo‘ldi. Qurilishda turli yuk ko‘tarish richaglari ixtiro qilindi. Odamlar daraxt tanasidan qayiq yasab, suvda suza boshladilar. Keyinchalik yelkanli kemalar paydo bo‘ldi. To‘qimachilik dastgohlari yaratildi. Hunarmandchilik rivojlana boshladi.

XV–XVI asrlarga kelib domna pechlari qurildi. Harbiy texnikada o‘t ochish qurollari, mashina va mexanizmlar paydo bo‘ldi. XVIII asr oxirida bug‘ mashinasi va to‘qimachilik dastgohlari yaratildi. XIX asrda bosma dastgoh, telegraf apparati, fotografiya, ichki yonuv dvigateli, radio, telefon, kinematografiya, avtomobil yaratildi, harbiy texnika, temiryo‘l transporti rivojlandi.

Fizika va texnika XX asr davomida misli ko‘rilmagan darajada rivojlandi. Elektr energiya ishlab chiqarish va undan foydalanish keng miqyosda amalga oshdi, elektr energiya barcha sohalarga kirib bordi. Mashinasozlik, aviatsiya, atom texnikasi, kibernetika va hisoblash texnikasi, elektronika, televideniya, raketasozlik, avtomatika, kosmonavtika, axborot texnologiyasi va boshqa sohalar yuksak darajada taraqqiy etdi. Sanoat, qishloq xo‘jaligi, xizmat ko‘rsatish, fan, maorif, madaniyat, sport, qurilish, transport, aloqa, energetika va boshqa sohalar texnikaning yutuqlari bilan qurollantirildi.

XXI asrda axborot texnologiyasi, biofizika va nanotexnologiya sohalarida buyuk kashfiyotlar qilinishi bashorat qilinmoqda.

O‘zbekistonda fizika sohasidagi izlanishlar

Forobiy, Beruniy, Ibn Sino, Ulug‘bek kabi buyuk allomalar yetishib chiqqan yurtimizdagi universitet va institutlarda hamda Fanlar akademiyasining ilmiy muassasalarida fizika fanining deyarli barcha yo‘nalishlarida keng miqyosda tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

O‘zbekistonda 1920–30- yillarda fizika sohasida ilmiy tadqiqot ishlari oliy o‘quv yurtlaridagi laboratoriyalarda olib borildi. 1932-yilda O‘zbekiston Fan Qo‘mitasi tarkib topdi. 1943-yilda O‘zbekiston Fanlar akademiyasi tashkil etildi. Shu yili O‘zFA ning Fizika-texnika instituti, 1956-yilda Yadro fizikasi instituti, 1966-yilda Astronomiya instituti, 1967-yilda Elektronika instituti, 1976-yilda «Fizika-Quyosh» ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi tashkil etildi. Fizika bo‘yicha ilmiy tadqiqot muassasalari safiga 1977-yilda O‘zFA ning Issiqlik fizikasi bo‘limi, 1992-yilda «Koinot» ilmiy ishlab chiqarish birlashmasi, 1993-yilda Materialshunoslik instituti qo‘shildi. Ushbu ilmiy tadqiqot muassasalarida, shuningdek,

Toshkent Davlat universiteti (hozirda O‘zbekiston Milliy universiteti), Samarqand Davlat universiteti, Nukus Davlat universiteti, Toshkent Davlat texnika universiteti va boshqa oliy o‘quv yurtlarida fizika fanining turli muammolariga oid tadqiqot ishlari olib borilib, jahon miqyosida fizika taraqqiyotiga tegishli hissa qo‘shishmoqda.

O‘zbekistonda Quyosh energiyasidan foydalanish va yadro fizikasi sohasida olib borilgan tadqiqot ishlari bilan tanishsiz (32- va 37-§ larga qarang). Fizikaning boshqa yo‘nalishlarida ham mamlakatimiz olimlari erishgan muvaffaqiyatlar beqiyosdir. Yarimo‘tkazgichlar xossasiga ega bo‘lgan qattiq eritmalarning bir necha turi hosil qilindi va ularning fizik xossalari o‘rganildi. Tadqiqotlar natijalari asosida o‘ta yuksak chastotali diodlar, yarimo‘tkazgichlarda tez kechadigan elektron jarayonlarni o‘rganish uchun mo‘ljallangan asboblar, tasvirni uzatuvchi fotodiod matritsalar, kremniy-litiyli detektor va boshqa asboblar yaratildi.

Mamlakatimiz ilmiy tadqiqot muassasalarida va oliy o‘quv yurtlari laboratoriyalarida qattiq jismlar fizikasi, issiqlik va molekulyar fizika, optika va akustikaning zamonaviy fundamental yo‘nalishlari bo‘yicha amaliy ahamiyatga ega bo‘lgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, moddalarning yuqori temperaturadagi sintezi, strukturasi va xossalarini lazer nuri bilan boshqarishning yangi usullari ishlab chiqildi. 5 – 1000°C va 80 – 2000°C temperatura intervalida ishlaydigan pirometr, infraqizil nur chiqaradigan jismning nurlanishini qayd qila oladigan yangi tur qabulqilgich yaratildi.

Kondensatlangan muhitlar optikasi sohasidagi o‘ta toza shaffof muhitlarda lazer nurining tarqalishi bilan bog‘liq optik hodisalar o‘rganilib, unda yangi hodisa – tezkor keng polosali luminissensiya topildi. Lazer spektroskopiyasi sohasida nochizig‘iy muhitlarda lazer nurining anomal og‘ishi va o‘z-o‘zidan fokuslanish hodisalari kashf qilindi. Nochizig‘iy modulyatsion nur tolalar optikasi yaratildi.

Shuningdek, yuqori samarali nurlovchi turfa diodlar (akademik M.S.Saidov), Rossiya bilan hamkorlikda kosmik tadqiqotlar uchun zarur bo‘lgan qator materiallar yaratildi.

Mamlakatimizda fizika sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar hozirgi zamon fizikasining jahon miqyosida taraqqiy etishiga, xalq turmush tarzining farovonlashishiga xizmat qiladi.



1. Texnika taraqqiyotida fizika fanining tayanch ekanligini asoslab bering.
2. Qadimdan hozirgi davrgacha fizika va texnika taraqqiyoti haqida so‘zlab bering.
3. O‘zbekistonda fizika sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar haqida nimalarni bilasiz?

MASHQLARNING JAVOBLARI

1-mashq. 1. $N = 1{,}2 \cdot 10^{26}$ ta. 2. $d = 2{,}5 \cdot 10^{-10}$ m. 3. $N \approx 1{,}67 \cdot 10^{23}$ ta. 4. $V = 27$ cm^3. 5. $N \approx 2 \cdot 10^{24}$ ta.

2-mashq. 1. $\nu = 15$ mol. 2. $m = 352$ g. 3. $N = 1{,}5 \cdot 10^{23}$ ta. 4. $m_0 = 6 \cdot 10^{-26}$ kg. 6. $M = 44$ g/mol (karbonat angirid).

3-mashq. 1. $N = 1{,}8 \cdot 10^{24}$ ta. 2. $m = 373$ g. 3. Karbonat angidrit. 4. $n = 3{,}33 \cdot 10^{28}$ m^{-3}. 5. $N = 1{,}05 \cdot 10^{24}$ ta. 6. $S \approx 0{,}72$ m^2. 7. $m = 40$ g. 8. $V = 0{,}5$ l. 9. $n = 3 \cdot 10^{27}$ m^{-3}. 10*. $l = 3 \cdot 10^{13}$ m. Suv molekulalari bir qator qilib joylashtirilgandagi uzunlik Yerdan Oygacha bo‘lgan masofadan ≈ 78125 marta katta. 11*. $V = 81$ cm^3. 12*. $N \approx 3 \cdot 10^{24}$ ta. 13*. $d = 2{,}5 \cdot 10^{-9}$ m.

4-mashq. 1. $p = 800$ Pa. 2. $p = 108$ k Pa. 3. $\overline{\upsilon} = 120$ m/s. 4. $\overline{E}_k = 4 \cdot 10^{-21}$ J. 5. $\rho = 0{,}75$ kg/m^3. 6. $\overline{\upsilon} = 2000$ m/s. 7. $\overline{E}_k = 1{,}125 \cdot 10^{-21}$ J

5-mashq. 3. 3 marta ortadi. 4. $p \approx 13{,}8$ kPa. 5. $n = 5 \cdot 10^{25}$ m^{-3}. 6. $N \approx 2{,}65 \cdot 10^{25}$ ta. 7. $N \approx 265$ ta.

6-mashq. 1. $\overline{\upsilon} \approx 1765$ m/s. 2. $T \approx 321$ K. 3. $T \approx 460$ K. 4. $\overline{E}_k = 6 \cdot 10^{-22}$ J. 5. $n = 3 \cdot 10^{26}$ m^{-3}. 6. $V \approx 0{,}5$ m^3. 7. $T = 700$ K. 8. $T_0 = 50$ K.

7-mashq. 1. $V = 3$ m^3. 2. $\nu = 3$ mol. 3. $M = 32$ g/mol, kislorod gazi (O_2). 4. $\rho = 2{,}5$ kg/m^3. 5. $T \approx 318$ K. 6. $\nu = 2{,}4$ mol. 7. $\nu \approx 2490$ mol. 8. $T = 700$ K.

8-mashq. 1. $V = 0{,}5$ l. 2. $p = 1{,}2 \cdot 10^6$ Pa. 3. $V = 12{,}5$ l. 4. $p = 80$ kPa.

9-mashq. 1. $V_2 = 20$ l. 2. $\Delta T = 216$ K. 3. $V = 4$ l. 4. $\Delta T = 128$ K.

10-mashq. 1. $T = 400$ K. 2. Bosim $\approx 2{,}2$ marta ortadi. 3. $p_1 = 125$ kPa.

11-mashq. 1. $p_2 = 1{,}5 \cdot 10^6$ Pa. 2. Bosim $\approx 1{,}72$ marta kamaygan. 3. $t_2 = 99$ °C. 4. Gaz hajmi 30 % ga ortgan. 5. $h \approx 25$ m. 6. $T_1 = 120$K. 7. $T_1 = 200$ K 8. $T_2 = 240$ K

12-mashq. 1. $m = 0{,}8$ kg. 2. $p = 75$ kPa. 3. $\Delta U =$ 4487 J ga kamaygan. 4. $\Delta U =$ 12465 J ga ortgan. 5. $\Delta U =$ 59,6 kJ ga ortgan. 6. $\Delta U =$ 30 J ga ortgan. 7. 2 marta ortgan.

13-mashq. 1. $\Delta V = 0{,}3$ m^3. 2. $\Delta t \approx 70$ °C. 3. $A = 20$ J. 4. $A = 0{,}25$ J.

14-mashq. 1. $Q = 67{,}5$ kJ. 2. $c = 890$ J/ (kg ·K) alyuminiy. 3. $Q = 504$ kJ. 4. $Q_1 = 7{,}8$ kJ; $Q_2 = 1{,}95$ kJ.

15-mashq. 1. $m \approx 53{,}5$ g. 2. 4,2 marta ortgan. 3. $\Delta U =$ 900 J ga ortgan. 4. $t_2 = 113$ °C. 5. $A = 200$ J. 6. $T_0 = 100$ K; $A =$ 4155 J. 7. $m_2 = 48$ kg. 8. Vodorod 2 marta ko‘proq. 9. $t = 20$ °C. 10. $V_1 = 40$ l; $V_2 = 40$ l. 11. $\Delta t = 320$ °C.

16-mashq 1. $m = 200$ g. 2. $m = 72{,}5$ kg. 3. $Q = 322$ MJ. 4. $Q = 3 \cdot 10^7$ J.

17-mashq 1. $A = 5$ kJ. 2. $\Delta U =$ 2,8 kJ. 3. $A = 1{,}4$ kJ. 4. $\Delta U \approx 7{,}5$ kJ. 5. $Q = 6232$ J. 6. $Q = 500$ J. 7. $\nu \approx 1$ mol

18-mashq. 1. $A = 252$ J. 2. $\eta = 60\%$. 3. $T_1 = 800$ K. 4. $A = 390$ J. 5. $A = 42$ kJ. 6. $\Delta T = 335$ K. 7*. $Q_1 = 900$ kJ. 8*. $\Delta T = 600$ K.

19-mashq. 1. $\eta = 28$ %. 2. $t = 9$ minut. 3. $m = 0{,}2$ kg. 4. $m = 37{,}8$ kg. 5. $T_2 = 300$ K. 6. $A = 20$ kJ. 7*. $s = 138$ km. 8*. $N = 36$ kW.

20-mashq. 1. $d \approx 2{,}1$ mm. 2. $r = 0{,}25$ mm. 3. $h = 10{,}2$ mm. 4. $m \approx 46{,}7$ mg. 5. $\sigma \approx 23{,}4$ mN/m. 6. $\sigma =$ 33 mN/m. 7. $N \approx 285$ ta. 8. $h =$ 90 mm. 9. $\Delta W = 96$ μJ. 10. $\Delta W \approx 0{,}5$ mJ.

21-mashq. **1.** σ = 95,5 MPa. **2.** S = 3 cm^2. **3.** $h \approx$ 12,7 m. **4.** $E \approx$ 196 GPa. **5.** $d \approx$ 7,7 mm. **6.** l = 2548 m.

22-mashq. **1.** Q = 1008 kJ. **2.** $m \approx$ 0,17 kg. **3.** Q = 167 kJ. **4.** Po‘latdan. **5.** m = 1,25 kg **6.** $Q \approx$75MJ.

23-mashq. **1.** Q = 11,5 MJ. **2.** Q = -115 kJ. **3.** $\varphi \approx$ 58 %. **4.** $\varphi \approx$ 63 %. **5.** $\varphi \approx$ 65 %. **6.** ρ = 10,9 g/m^3 **7.** φ = 62 %.

24-mashq. **1.** $t \approx$ 2095s . **2.** $t_1 \approx$ 500 s, $t_2 \approx$ 1,3 s. **3.** $\nu \approx$ 12,6 s^{-1}.

25-mashq. **1.** α = 35°, **2.** d = 1,2 m. **3.** υ = 1,5·10^8 m/s. **4.** $\beta \approx$ 19°.

5. $\frac{s_1}{s_2} = \frac{n_2}{n_1} \approx 1{,}13$.

26-mashq. **1.** α_0 = 49° . **2.** n = 1,79. **3.** α_0 = 30°. **4.** n = 1,2. **5.** n = 1,64.

27-mashq. **1.** D_1 = 2,5 dptr, D_2 = 4 dptr, D_3 =10 dptr, D_4 = -10 dptr, D_5 = -4 dptr, D_6 = - 2,5 dptr**.** **2.** D = 4,5 dptr, **3.** f = 30 cm, K = 2. **4.** F =12 cm, D = 8,3 dptr. **5.** d = 62,5 cm. **6.** D = 3 dptr. **7.** D = -3 dptr. **8.** D = 4,5 dptr.

28-mashq. **1.** K = 10. **2.** F = 1,25 cm. **3.** K = 200. **4.** D = 1,2 m. **5.** Birinchisida **6.** K = 4. **7.** l = 90 cm.

29-mashq. **1.** $d \approx$ 50 m. **2.** $K \approx$ 833. **3.** D = +2 dptr. Uzoqni ko‘rar odamda. **4.** a = 12,5 cm. **5.** D = -2,25 dptr. **6.** a = 17 cm

I- bob test topshiriqlarining javoblari

1.D	2.B	3.D	4.B	5.B	6.B	7.B	8.B	9.D	10.D
11.A	12.D	13.A	14.B	15.C	16.D	17.B	18.C	19.B	20.D
21.A	22.C	23.A	24.B	25.D	26.D	27.D	28.C	29.A	30.B

II- bob test topshiriqlarining javoblari

1.A	2.A	3.B	4.B	5.C	6.B	7.D	8.D	9.C	10.D
11.A	12.A	13.A	14.B	15.A	16.A	17.A	18.D	19.D	20.C
21.C	22.D	23.B	24.C	25.A	26.B	27.A	28.A	29.D	

III- bob test topshiriqlarining javoblari

1.D	2. C	3. B	4.C	5.A	6.C	7.B	8.A	9.C	10.C
11.D	12.B	13.D	14.A	15.C					

IV- bob test topshiriqlarining javoblari

1.D	2.B	3.A	4.A	5.D	6.C	7.D	8.D	9.D	10.A
11.C	12.A	13.B	14.B	15.A	16.A				

V- bob test topshiriqlarining javoblari

1.D	2.D	3.D	4.A	5.B	6.B	7.C	8.C	9.B	10.D
11.D	12.D	13.C	14.B	15.B	16.A				

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. P. Habibullayev, A. Boydedayev, A. Bahromov, M.Yuldasheva. FIZIKA. 9- sinf darsligi. Toshkent . «G‘.G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi» – 2014-y.

2. N.Sh.Turdiyev. FIZIKA. 9 - sinf darsligi. Toshkent . «G‘. G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi» – 2016-y.

3. В.А. Касьянов. ФИЗИКА 10 – класс. Москва. «Дрофа» – 2005 г.

4. Е.В.Громыко, В.И.Зенкович, А.А. Луцевич, И.Э.Слесарь. ФИЗИКА. 10-класс.

Минск. «Адукацыя і выхаванне» – 2013 г.

5. K. Suyarov, A. Husanov, L. Xudoyberdiyev. FIZIKA. Mexanika va molekulyar fizika. Akademik litsey o‘quvchilari uchun o‘quv qo‘llanma. Toshkent. «O‘qituvchi» NMIU – 2002-y.

6. K.T. Suyarov, Sh.N. Usmonov, J. E. Usarov. Molekulyar fizika. II kitob. Toshkent. «Yangi nashr» – 2016-y.

7. K.A.Tursunmetov va boshqalar. Fizikani takrorlang. Toshkent. «O‘qituvchi» – 2007 y

8. В.И.Лукашик. Qiziqarli fizika. Savol va masalalar to‘plami. «G‘. G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi». Тошкент – 2016-y.

9. Oliy o‘quv yurtlariga kiruvchilar uchun test savollari. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Davlat test markazi. «Axborotnoma» Toshkent . 1996 – 2003-yillar.

V BOB OPTIKA
YORUG‘LIKNING TARQALISH QONUNLARI. OPTIK ASBOBLAR

44-§. Yorug‘lik tezligini aniqlash 131
45-§. Yorug‘likning qaytish va sinish qonunlari 134
46-§. Masalalar yechish 138
47-§. To‘la ichki qaytish 139
48-§. Masalalar yechish 142
49-§. Laboratoriya ishi. Shishaning nur sindirish ko‘rsatkichini aniqlash 143
50-§. Linzalar 144
51-§. Yupqa linza yordamida tasvir yasash 146
52-§. Masalalar yechish 148
53-§. Laboratoriya ishi. Linzaning optik kuchini aniqlash 150
54-§. Optik asboblar 151
55-§. Ko‘z va ko‘rish 154
56-§. Masalalar yechish 156
57-§. Geliotexnika. O‘zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanish 158
V bobni takrorlash uchun test topshiriqlari 160
V bob yuzasidan muhim xulosalar 162

VI BOB OLAMNING FIZIK MANZARASI. FIZIKA-TEXNIKA TARAQQIYOTI

58-§. Olamning yagona fizik manzarasi 164
59-§. Fizika va texnika taraqqiyoti. O‘zbekistonda fizika sohasidagi tadqiqotlar 166

MUNDARIJA

MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA ASOSLARI

I BOB MODDA TUZILISHINING MOLEKULYAR-KINETIK NAZARIYASI ASOSLARI

1-§. Modda tuzilishining molekulyar – kinetik nazariyasi 4
2-§. Molekulaning massasi va o‘lchami 7
3-§. Modda miqdori 12
4-§. Masalalar yechish 16
5-§. Ideal gaz 18
6-§. Temperatura 21
7-§. Gaz molekulalarining harakat tezligi 25
8-§. Masalalar yechish 28
9-§. Ideal gaz holatining tenglamalari 30
10-§. Izotermik jarayon 33
11-§. Izobarik jarayon 35
12-§. Izoxorik jarayon 37
13-§. Amaliy mashg‘ulot. Molekulalarning o‘lchamini baholash 38
14-§. Masalalar yechish 40
I bobni takrorlash uchun test topshiriqlari 44
I bob yuzasidan muhim xulosalar 47

II BOB ICHKI ENERGIYA VA TERMODINAMIKA ELEMENTLARI

15-§. Ichki energiya 50
16-§. Termodinamik ish 53
17-§. Issiqlik miqdori 55
18-§. Masalalar yechish 60
19-§. Amaliy mashg‘ulot. Jismlarda issiqlik muvozanatini o‘rganish 63
20-§. Laboratoriya ishi. Qattiq jismlarning solishtirma issiqlik sig‘imini aniqlash 64

21-§. Yoqilg‘ining solishtirma yonish issiqligi 65
22-§. Termodinamikaning birinchi qonuni 67
23-§. Masalalar yechish 70
24-§. Issiqlik jarayonlarining qaytmasligi. Termodinamikaning ikkinchi qonuni 72
25-§. Laboratoriya ishi. Turli temperaturali suv aralashtirilganda issiqlik miqdorlarini taqqoslash 73
II bobni takrorlash uchun test topshiriqlari 74
II bob yuzasidan muhim xulosalar 78

III BOB ISSIQLIK DVIGATELLARI

26-§. Ichki yonuv dvigatellari 81
27-§. Issiqlik dvigatellarining ishlash prinsipi 83
28-§. Masalalar yechish 86
29-§. Issiqlik mashinalari va tabiatni muhofaza qilish 87
30-§. Masalalar yechish 89
III bobni takrorlash uchun test topshiriqlari 91
III bob yuzasidan muhim xulosalar 93

IV BOB
SUYUQLIK VA QATTIQ JISMLARNING XOSSALARI

31-§. Suyuqlikning xossalari 94
32-§. Ho‘llash. Kapillyar hodisalar 97
33-§. Masalalar yechish 100
34-§. Laboratoriya ishi. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentini aniqlash 103
35-§. Kristall va amorf jismlar 104
36-§. Qattiq jismlarning mexanik xossalari 106
37-§. Masalalar yechish 109
38-§. Qattiq jismlarning erishi va qotishi 111
39-§. Moddaning solishtirma erish issiqligi. Amorf jismlarning erishi va qotishi 113
40-§ Bug‘lanish va kondensatsiya 116
41-§. Atmosferadagi hodisalar 119
42-§. Laboratoriya ishi. Havoning nisbiy namligini aniqlash 124
43-§. Masalalar yechish 125
IV bobni takrorlash uchun test topshiriqlari 126
IV bob yuzasidan muhim xulosalar 128

HABIBULLAYEV PO‘LAT QIRG‘IZBOYEVICH,
BOYDEDAYEV AHMADJON,
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH,
SUYAROV KUSHARBAY TASHBAYEVICH,
USAROV JABBOR ESHBEKOVICH,
YULDASHEVA MOHIDILXAN KAMALDJANOVNA.

FIZIKA

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

Uchinchi nashr

Muharrir *Sh.Usmonov*
Badiiy muharrir *Sh. Mirfayozov*
Texnik muharrir *X. Hasanova*
Musahhih *D. To‘ychiyeva*
Kompyuterda sahifalovchi *U. Valijonova*

Nashriyot litsenziya raqami AI.№ 290. 04.11.2016.
2019-yil 5-mayda bosishga ruxsat etildi.
Bichimi 70x100 1/16. Times New Roman garnitura.
Ofset bosma. 14,3 shartli bosma toboq. 12,5 nashr tobog‘i.
Adadi 59426 nusxa. 121 - raqamli buyurtma.

Nashriyot litsenziya raqami AI.№ 290. 04.11.2016.
2019-yil 5-mayda bosishga ruxsat etildi.
Bichimi 70x100 1/16. Times New Roman garnitura.
Ofset bosma. 14,3 shartli bosma toboq. 12,5 nashr tobog‘i.
Adadi 494082 nusxa. 120 - raqamli buyurtma.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligining
G‘afur G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyida chop etildi
Toshkent, 100128. Labzak ko‘chasi, 86.

www. gglit.uz. E-mail:info@gglit.uz

Ijaraga beriladigan darslik holatini ko‘rsatuvchi jadval

T/r.	O‘quvchining ismi va familiyasi	O‘quv yili	Darslikning olingan-dagi holati	Sinf rahbarining imzosi	Darslikning topshiril-gandagi holati	Sinf rahbarining imzosi
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Darslik ijaraga berilib, o‘quv yili yakunida qaytarib olinganda yuqoridagi jadval sinf rahbari tomonidan quyidagi baholash mezonlariga asosan to‘ldiriladi:

Yangi	Darslikning birinchi marotaba foydalanishga berilgandagi holati.
Yaxshi	Muqova butun, darslikning asosiy qismidan ajralmagan. Barcha varaqlari mavjud, yirtilmagan, ko‘chmagan, betlarida yozuv va chiziqlar yo‘q.
Qoniqarli	Muqova ezilgan, birmuncha chizilib, chetlari yedirilgan, darslikning asosiy qismidan ajralish holati bor, foydalanuvchi tomonidan qoniqarli ta’mirlangan. Ko‘chgan varaqlari qayta ta’mirlangan, ayrim betlariga chizilgan.
Qoniqarsiz	Muqova chizilgan, yirtilgan, asosiy qismidan ajralgan yoki butunlay yo‘q, qoniqarsiz ta’mirlangan. Betlari yirtilgan, varaqlari yetishmaydi, chizib, bo‘yab tashlangan. Darslikni tiklab bo‘lmaydi.