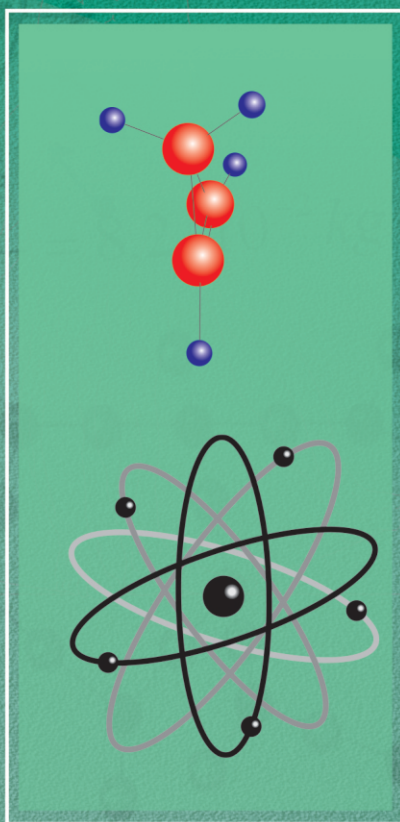


K. SUYAROV,
Sh. USMONOV,
J. USAROV

MOLEKULAR FIZIKA



II KITOB

Maktab,
akademik litsey
o'quvchilari,
abituriyentlarga
yordamchi
qo'llanma

K. SUYAROV, SH. USMONOV, J. USAROV

MOLEKULAR FIZIKA

2- KITOB

O'quvchilarga yordamchi qo'llanma

TOSHKENT
“YANGI NASHR”
2016

UDK: 539.1 (075)

22.36

S-98

Respublika Ta'lim markazi huziridagi fizika fani yo'nalishidagi ilmiy metodik kengashning 2008- yil 23- maydagi qarori bilan nashrga tavsiya etilgan.

P. f. d., professor Botir Mirzaraximovich Mirzaxmedov tahriri ostida

Taqrizchilar:

N. B. G'ofurov – p. f. n., TDPU professori

M. Rajabova – Toshkent shahar Shayxontohur tumani, 34- maktab fizika o'qituvchisi

Suyarov, K.

S-98

Molekular fizika: o'quvchilarga yordamchi qo'llanma / K. Suyarov, Sh. Usmonov, J. Usarov; B. M. Mirzaxmedov tahriri ostida. – Toshkent: Yangi nashr, 2016.

Kitob 2. – 240 b.

I. Usmonov, Sh.

II. Usarov, J.

BBK 22.36

ISBN-978-9943-22-049-2

© “YANGI NASHR”, 2016

SO‘ZBOSHI

Ma'lumki keyingi yillarda oliy o'quv yurtlariga kirish uchun topshiriladigan sinovlarda fizika fanining nufuzi ancha ortdi. Jumladan ko'pgina oliy o'quv yurtlari yo'nalishlariga kirish uchun topshiriladigan test sinovlarida fizika fani birinchi blokka o'tkazildi. Birinchi blokda test topshiriqlarida har bir to'g'ri javob uchun 3,1 ball beriladi. Bundan tashqari o'ndan ortiq yo'nalishlariga kirish uchun topshiriladigan fan bloklariga fizika fani yangidan kiritildi. Shunga ko'ra oliy o'quv yurtlariga kiruvchilar uchun mazkur fanni o'zlashtirish muhim ahamiyatga egadir.

Umumiy o'rta ta'lim maktablarida har yili asosiy fanlardan "Bilimlar bellashuvi" o'tkaziladi. Barcha fanlar kabi fizika o'quv fanidan umumta'lim maktablarining 6-9 sinf o'quvchilari bilimlari bo'yicha bellashuvlarda qatnashadilar. Bellashuvlar to'rt bosqichda ya'ni maktab, tuman, viloyat va Respublika bosqichida qatnashadilar. Bellashuvlar masalalar yechish, test topshiriqlarini bajarish hamda laboratoriya ishlarini bajarishdan iborat.

Bundan tashqari, uzluksiz ta'lim tizimida akademik litsey va kasb-hunar kollejlari talabalari umumta'lim fanlari bo'yicha fan olimpiadalarida qatnashadilar. Olimpiada ham to'rt bosqichli bo'lib, oxirgi Respublika bosqichi ikki turda, masalalar yechish va test topshiriqlarini bajarishdan iborat. To'plash mumkin bo'lgan ballarning yetmish foizi test topshiriqlari orqali to'planadi. Sanab o'tilgan barcha yo'nalishlarda chuqur bilimga hamda puxta tayyorgarlikka ega bo'lgan o'quvchilar g'oliblik supasiga ko'tariladilar. Lekin, tayyorgarlik ko'rish uchun o'zbek tilida fizikaga oid adabiyotlar juda kam. Shuni hisobga olib, hurmatli o'quvchilarimiz va ularning murabbiylari uchun o'quv qo'llanma tayyorlandi. O'quv qo'llanma 4 kitobdan iborat bo'lib 1-kitob fizikaning mexanika bo'limiga, 2-kitob molekulyar fizika va termodinamika bo'limiga, 3-kitob elektr hodisalari bo'limiga, 4-kitob atom va yadro fizikasi bo'limiga bag'ishlangan. Qo'llanmada bo'limlarga tegishli barcha mavzularga doir asosiy nazariy material, masala yoki test topshirig'ini yechish namunasi hamda mustaqil shug'ullanish uchun materiallar keltirilgan. Qo'llanma oddiyan murakkabga qarab borish tamoyiliga asoslangan bo'lib, ta'limning barcha bosqichi o'quvchilari undan o'zlariga kerakli va qiziqtirgan materialni topadilar.

N.SH.Turdiev
Fizika-matematika fanlari nomzodi,dotsent

I BOB. MODDA TUZILISHINING MOLEKULAR-KINETIK NAZARIYA ASOSLARI

Jismlarning fizik xossalarini ularning molekular tuzilishi asosida tushintiradigan fizikaning bo‘limiga molekular fizika deb ataladi.

Molekular fizika o‘rganadigan masalalar doirasi juda keng bo‘lib, unda: moddalarning molekular tuzilishi, turli holatdagi moddaning fizik xossalarini, moddaning bir holatdan boshqa holatga o‘tganda bo‘ysinadigan qonuniyatlari, moddaning sirt hodisalari, ikki modda chegarasida sodir bo‘ladigan hodisalar, moddani tashkil etgan zarralarning uzluksiz harakatlanib turishi va ular orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlarining yuzaga kelish sabablari molekular-kinetik nazariya asosida tushuntiriladi.

1- §. Molekular-kinetik nazariyaning asosiy qoidalari va ularning tajribaviy asoslari

Moddaning tuzilishini va xossalarini uni tashkil qilgan molekulalarning harakatiga va molekulalar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi-ning mavjudligiga bog‘lab o‘rganuvchi nazariya molekular-kinetik nazariya (MKN) deb ataladi.

Molekular-kinetik nazariyaga eramizdan oldingi IV–V asrdalarda yashagan (Demokrit, Levkip) faylasuflar tamonidan asos solingan bo‘lib, bu nazariya XVIII asrdan izchil nazariya shaklida rivojlana boshladi. Grek faylasyfi Demokrit tabiat hodisalarini o‘rganish uchun jismlarning ichki tuzilishini o‘rganish zarur ekanligini o‘z asarlarida yozgan. Demokritning fikricha, barcha moddalar jida kichik zarra-

chalardan tashkil topgan. U moddaning eng kichik bo‘linmas zarrasini **atom** deb atagan. “Atom” so‘zining lug‘aviy ma‘nosi bo‘linmas ma‘nosini anglatadi.

Sharqning buyuk mutaffakuri Abu Ali ibn Sino, aslida, tibbiyot ilmining sultoni bo‘lib tanilgan bo‘lsa ham, u tabiatni o‘rganish ilmiga va uning rivojlanishiga ulkan hissa qo‘shgan olimlardan biridir. Ibn Sino o‘z asarlarida harakat uch xil turda bo‘lishini izohlab o‘tadi: tabiiy harakat, majburiy harakat va nisbiy harakat. Shuningdek, barcha (uch turi to‘g‘risida) harakatlarning yuzaga kelish sabablarini batafsil izohlab o‘tadi. Shu o‘rinda, o‘rta asrlarda yashagan bobokolonimiz Abu Ali ibn Sinoning ham molekular-kinetik nazariyaning rivojlanishiga ma‘lum darajada o‘z hissasini qo‘shgan olimlardan biri deb hisoblash mumkin.

Molekular-kinetik nazariyaning rivojlanishida rus olimlari M. V. Lomonosov, D. I. Mendeleyev, ingliz olimlari D. Dalton, J. Maksvel, nemis olimi R. Klauzius, avstriya fizigi L. Bolsman, italyan olimi Avogadro va boshqalar o‘z hissalarini qo‘shishgan. Molekular-kinetik nazariyaning tajribaviy asoslarini ingliz botanigi R. Broun, fransuz fizigi J. Perren va nemis fizigi O. Shtern yaratdilar.

Molekular-kinetik nazariya har biri tajribada to‘la tasdiqlangan uchta qoidaga asoslanadi:

- modda zarrachalardan (molekulalardan) tashkil topgan;
- zarachalar doimo to‘xtovsiz va tartibsiz harakatlanib turadi;
- zarrachalar orasida har doim o‘zaro ta‘sir kuchlari mavjud.

Broun harakati. Biror jism yoki moddadagi molekularlarning tartibsiz harakatini tasdiqlovchi tajribalardan biri ingliz botanigi Robert Broun tomonidan 1827- yilda kuzatilgan harakatdir. Broun o‘simliklarning ichki tuzilishini mikroskopda kuzatayotganda o‘simlik hujayralarida qattiq mod-

da zarrachalari uzluksiz tartibsiz harakat qilishini payqagan. Keyinchalik u suvda to'la erimaydigan qattiq jismlarning juda kichik zarrachalarining suv tomchisidagi muallaq holda harakatini mikroskopda kuzatib, uning ham uzluksiz va tartibsiz (xaotik) harakat qilishini aniqlagan. Bunday harakat fanda Broun harakati degan nom oldi. Kuzatishlar shuni ko'rsatadiki, Broun harakati issiqlik harakati bo'lib, u hech qachon to'xtamas ekan. Temperatura ko'tarilishi bilan, bu harakat yanada tezlashishi tajribadan kuzatildi.

Broun harakatining molekular-kinetik nazariyasi 1905-yili Eynshteyn tomonidan yaratilgan. Broun harakatining yuzaga kelish sabablarini modda tuzilishining molekular-kinetik nazariyasi asosida quyidagicha tushintiriladi. Muhitda muallaq turgan zarraga muhit molekulalari uzluksiz va tartibsiz urilib turadi. Agar zarraning o'lchami katta bo'lsa, unga qarama-qarshi tamonlardan kelib urilayotgan molekulalar soni taxminan teng bo'ladi. Shu sababli zarra harakatga kelmaydi (1- a rasm). Agar zarraning o'lchamlari kichik bo'lsa, biror yo'nalishda zarraga kelib urilayotgan molekulalar soni



1- a rasm

1- b rasm

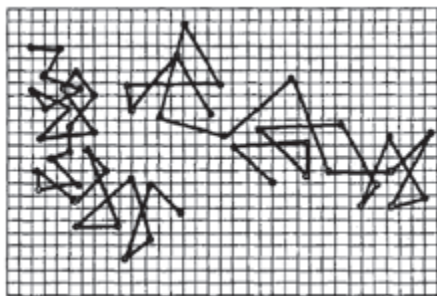
boshqa yo'nalishlardan kelib urilayotgan molekulalar sonidan ko'p bo'ladi (1- b rasm). Natijada suyuqlik molekulalarining qarama-qarshi tamondan zarraga beradigan zarblari bir-birini

muvozanatlay olmaydi va zarra harakatga keladi. Demak, Broun harakati biror muhitda muallaq turgan zarraga shu muhit molekulalarining tartibsiz harakatlanishi tufayli urilishlari natijasida unga beradigan impulslarining kompensatsiyalanmasligi tufayli hosil bo'ladi.

Broun harakati quyidagi xususiyatlarga ega:

- Broun harakati uzluksiz va tartibsiz harakatdan iborat.
- Broun harakatining trayektoriyasi murakkab siniq chiziqlar maj-muasini tashkil qiladi (2- rasm).
- Broun harakatining tezligi zarrachalarning o'lchamiga bog'liq. Bu harakat zarraning o'lchami 1 nm (10^{-9} m) atrofida bo'lganda yaxshi kuzatiladi.
- Broun harakatining tezligi zarraning massasiga teskari proporsional: $v \sim \frac{1}{m}$.
- Temperaturaning ko'tarilishi bilan Broun harakatining tezligi ortadi.

Fransuz fizigi J. Perren tajribasi esa Eynshteyn yaratgan nazariyani to'liq tasdiqladi.



2 - rasm

Diffuziya. Modda molekularining uzluksiz tartibsiz harakatini tasdiqlovchi hodisalardan biri bu diffuziya hodisasidir. Bir-biriga chegaradosh bo'lgan ikki modda molekularining tartibsiz ha-

rakati tufayli o'zaro aralashib ketish jarayoniga **diffuziya** deb ataladi. Molekular – kinetik nazariyaning asosiy qoidalarini yana bir tajriba, ya'ni **diffuziya** hodisasi to'liq tasdiqlaydi. Diffuziya hodisasi barcha jismlarda: qattiq, suyuq va gazlarda kuzatiladi. Diffuziya tezligi qattiq jismlarda juda ham sekin, gazlarda juda tez, suyuqliklarda gazlarga nisbatan sekinroq kechadi. Uchala muhitda ham diffuziya tezligi moddaning temperaturasiga va muhitning turiga bog'liq ekanligi tajribalarda tasdiqlangan. Temperatura qancha

yuqori bo'lsa, **diffuziya** shuncha tez sodir bo'ladi.

Moddaning agregat holatlari. Modda, asosan, uch xil agregat holatda gaz, suyuq va qattiq holatda bo'lishi mumkin. Modda tuzili-shining molekular-kinetik nazariyasi moddaning gaz, suyuq va qattiq holatlarda bo'lishining asosiy sabablari quyidagilardan iborat ekanligini bildiradi.

- Gaz molekulalari orasidagi masofa ularning diametri (o'lchami)ga nisbatan juda katta bo'ladi. Shuning uchun gazlar osongina siqiladi, chunki gazni siqqanimizda, molekulalar orasidagi masofa kamayadi. Lekin siqilish jarayonida molekulalarning o'lchamlari (diametri) o'zgarmaydi, chunki molekulalar bir-biriga yaqinlashganda ular orasida itarish kuchlari hosil bo'ladi. Bu kuch esa molekulalarni bir-biriga tegib, ezilishiga yo'l qo'ymaydi. Gaz molekulalari fazoda sekundiga bir necha yuz metrga to'g'ri keladigan juda katta tezliklar bilan harakat qiladi. Gaz molekulalarining bir-biri bilan o'zaro to'qnashishi mutloq elastik to'qnashishdan iborat. Shuning uchun bir-biri bilan to'qnashgan gaz molekulalari xuddi bilyard sharlari singari har tomonga sapchib ketadi. Gaz molekulalari o'rtasidagi zaif tortishish kuchlari ularni bir-birining yaqinida tutib turolmaydi. Shuning uchun gazlar cheksiz kengaya oladi. Gaz molekulalarning idish devoriga beradigan son-sanoqsiz zarblari idish ichidagi gaz bosimini hosil qiladi.

Xulosa: gaz molekulalari bir-biridan o'z o'lchamiga nisbatan juda katta masofada joylashganligi uchun ularning masofadan turib ta'sirlashish kuchlari hisobga olinmas darajada kichik. Ular o'zaro to'qnashgandagina kuchli ta'sirlashadi. Gaz molekulalari o'zaro to'qnashguncha faqat ilgari lanma harakat qiladi.

- Suyuqliklarda molekulalar bir-biriga deyarli taqalib turadi. Shuning uchun ular orasida kuchli o'zaro ta'sir kuchlari

mavjud. Bu kuchlar esa suyuqlik molekulalarining bir-biridan uzoqlashib ketishiga yo‘l qo‘ymaydi. Suyuqlik molekulasi muvozanat vaziyati atrofida tebranib turadi. Faqat u ahyon-ahyonda bir muvozanat holatidan boshqa holatga sakrab o‘tib, boshqa molekulalarning qurshovida bo‘ladi. Molekulalar-ning biror muvozanat vaziyati atrofida tebranib turadigan holati «o‘troq» holat deyiladi. Uning «o‘troq» holatda bo‘lish vaqti suyuqlikning temperaturasiga va turiga bog‘liq. Uy temperaturasida suv molekulasining «o‘troq» holatda bo‘lish vaqti 10^{-11} s ga teng. Molekulaning muvozanat vaziyati atrofida tebranish davri (vaqti) yanada kichik bo‘lib, $10^{-12} \div 10^{-13}$ s ga yaqin. Suyuqlikning temperaturasi ko‘tarilishi bilan, molekulaning «o‘troq» holatda bo‘lish vaqti kamayadi. Suyuqliklar kam siqiluvchandir. Suyuqliklarning oquvchanlik xususiyati tufayli o‘z shaklini saqlab qola olmaydi. Ammo u o‘z hajmini saqlab qoladi.

Xulosa: suyuqliklarning zichligi gazlarning zichligidan ancha katta bo‘lganligi uchun suyuqlik molekulalari bir-biriga yaqin joylashgan. Shuning uchun ular orasida kuchli o‘zaro ta’sir kuchlari mavjud. Suyuqlik molekulalari biror muvozanat vaziyati atrofida tebranib turadi, ba’zan bir «o‘troq» holatidan boshqasiga sakrab o‘tib, ilgarilanma harakat qiladi. Demak, suyuqlik molekulalari tebranma va ilgarilanma harakat qilar ekan.

- Qattiq jismning zichligi suyuqlikning zichligidan ancha katta. Qattiq jismning atom yoki molekulalari suyuqlik molekulalariga nisbatan bir-biriga juda yaqin joylashgan. Shu sababli qattiq jism molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi suyuqlik molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchidan ancha katta. Qattiq jismlarning atom yoki molekulalari suyuqliklarnikidan farqli o‘laroq tayinli muvozanat vaziyatlari atrofida tebranib turadi. Ana shu sababdan qattiq jismlar hajmini

va shaklini o'zgartirmaydi. Agar qattiq jism atomlari yoki ionlarining muvozanat vaziyatlari markazlari tutashtirilsa, kristall panjara deb ataladigan fazoviy muntazam simmetrik panjara hosil bo'ladi. Kristallar atomlarining joylashishidagi ichki tartib tufayli kristallarning tashqi ko'rinishi ham muntazam geometrik shakl oladi.

Xulosa: qattiq jism atomlari bir-biriga juda yaqin joylashganligi uchun ular juda katta o'zaro ta'sir kuchlari bilan bog'langan. Qattiq jism atomlari qo'shni atomlarning ta'sir kuchini yengib, o'z o'rnini tashlab keta olmaydi. Shu sababli ular faqat tebranma harakat qiladi. Jismni tashkil etgan atom yoki molekulalar ilgarilanma harakat qilmasa, bunday jismlar qattiq holatda bo'ladi.

Yodda tuting! Moddaning fizik xossalari uni tashkil etuvchi zarralarning xossalariga va undagi zarralarning harakatiga bog'liq bo'ladi.

Nazorat uchun savollar

1. *Modda tuzilishining molekular-kinetik nazariyasining ta'rifini bering.*

2. *Molekular-kinetik nazariyaning rivojlanishiga hissa qo'shgan olimlar va ularning ishlari haqida ayting.*

3. *Molekular-kinetik nazariyaning asosiy qoidalarini ayting.*

4. *Broun harakatining mohiyati nimadan iborat?*

5. *Broun harakatining molekular-kinetik nazariyasi kim tomonidan yaratilgan?*

6. *Broun harakati qanday xususiyatlarga ega?*

7. *Diffuziya deganda nimani tushinasiz? Uning tezligi moddaning agregat holatiga va haroratga qanday bog'liq?*

8. *Diffuziya hodisasining amaliy ahamiyati nimadan iborat?*

2- §. Molekula va atom o'lchami. Molekulalar soni

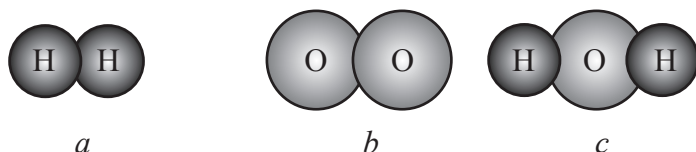
Kimyo fanidan sizga tanish bo'lgan **atom** va **molekula** tushunchalarini yana bir bor yodga olamiz.

*Kimyoviy elementning kimyoviy xossalarini o'zida saqlab qoladigan eng kichik zarrasiga **atom** deyiladi.*

Metallar va inert gazlar tabiatda atom holida uchraydi.

*Moddaning kimyoviy xossasini o'zida saqlab qoladigan eng kichik turg'un zarrasiga **molekula** deyiladi.*

Molekula bir xil yoki har xil kimyoviy elementlardan tashkil topgan bir nechta atomdan iborat bo'ladi. Metall va inert gazlardan boshqa moddalarning molekulasini eng kamida ikkita atomdan tashkil topgan bo'ladi. Masalan, vodorod molekulasini ikkita vodorod atomidan (H_2), kislorod molekulasini ikkita kislorod atomidan (O_2), suv molekulasini ikkita vodorod va bitta kislorod atomidan tashkil topgan (H_2O) (3- rasm).



3- rasm. a) Vodorod molekulasini, b) Kislorod molekulasini, c) Suv molekulasini.

Molekulalar juda kichik zarralar bo'lganligidan ularni to'g'ridan-to'g'ri ko'z bilan ko'rib bo'lmaydi. Shuning uchun barcha jismlar biz-ga bir butundek ko'rinadi. Ammo molekullarni elektron mikroskop yordamida ko'rish mumkin.

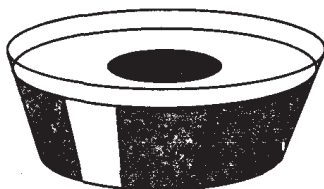
Molekulaning o'lchamini aniqlash imkonini beradigan ko'pgina usullar mavjud. Shunday usullardan biri bo'lgan, zaytun moyi tomchisining suv sirtida yoyilishiga oid tajriba-

ga to'xtalamiz. Agar idish katta bo'lsa, moy qatlami suv ustini to'liq qoplamaydi (4- rasm). Hajmi 1 mm^3 bo'lgan zaytun moyi tomchisi suv ustida $0,6 \text{ m}^2$ dan ortiq yuzaga yoyilmas ekan. Moy tomchisi suv yuzida eng ko'p katta yuzaga ega bo'lib yoyilganda moy qatlamining qalinligi bitta molekula diametriga yaqin deb tasavvur qilish mumkin. Moy qatlamining qalinligini quyidagicha aniqlaymiz. Moy qatlamining hajmi V uning yoyilgan yuzi S bilan qalinligi d ning ko'paytmasiga teng:

$$V = S \cdot h$$

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

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



4- rasm

Hozirgi zamon ilmiy-tadqiqot ishlarining natijalariga ko'ra, zamonaviy asboblarda yordamida alohida atomlar va molekulalarning joylashish tartibini (manzarasini) va ularning o'lchamini aniq o'lchash imkonini mavjud. Shunday zamonaviy asboblardan biri **tunnelli mikroskop** bo'lib, bu 1980- yillarda mashhur IBM komputer firmasi xodimlari ta-

monidan yaratilgan (bu kashfiyot mualliflari G. Binning va G. Rorerga Nobel mukofoti berilgan). Tunneli mikroskop o'lchamni 100 million marta kattalashtirish imkoniyatiga ega. Bu esa atom o'lchamini juda katta aniqlikda o'lchashga imkon beradi. Tunnelli mikroskop yordamida aniqlangan uglerod atomining diametri $1,4 \cdot 10^{-8}$ sm ga tengligi va boshqa atomlarning o'lchamlari ham deyarli shu atrofida ekanligi aniqlandi. Tunnelli mikroskop yordamida moddani tashkil qilgan zarra tasvirining olinishi moddaning atom va molekulalardan tashkil topganligiga shubha qoldirmaydi.

O'lchasdan olingan natijalar asosida biz atomni radiusi 10^{-8} sm ga yaqin bo'lgan shar ko'rinishda tasavvur qilishimiz mumkin. Molekulalar bir nechta atomlardan tarkib topganligi uchun ularning diametri atomning diametridan kattaroq bo'ladi. Berilgan modda atomi yoki molekulasining diametri faqat uning tarkibiga bog'liq. Masalan, vodorod molekulasining diametri $- 2,3 \cdot 10^{-8}$ sm; suv molekulasiniki $- 3 \cdot 10^{-8}$ sm. Bu o'lchamlar shu qadar kichikki, ularni tasavvur qilish juda qiyin. Bunday hollarda tasavvur etishga qiyos qilish yordam beradi. Masalan, agar molekula o'rtacha kattalikdagi tarvuzcha kattalashtirilsa, tarvuz ham shuncha kattalashtirilsa, tarvuz yer sayorasidek bo'ladi. Yana shunday bir qiyoslash: agar tabiatdagi hamma narsa 10^8 marta kattalashtirilsa, unda vodorod molekulasi diametri 2,3 sm bo'lgan shar holatiga keladi, bo'yi 1 m bo'lgan bolaning bo'yi 1000000 km ga, soch tolasining qalinligi esa 10 km ga yetadi.

Nazorat uchun savollar

- 1. Atom va molekulani ta'riflang.*
- 2. Molekulaning o'lchamini qanday aniqlash mumkin.*
- 3. Atom va molekulaning o'lchami qanday tartibda?*
- 4. Moddaning fizik xossalari nimaga bog'liq?*

3- §. Molekulaning massasi. Avogadro doimiysi

Nisbiy atom massa. Atomlarning o'lchamlari qanchalik kichik bo'lmasin ularning massalari aniqlanilgan. Atomlarning haqiqiy massasi 10^{-25} dan 10^{-27} kg gacha bo'ladi. Masalan, uglerod atomining massasining qiymati $m_{aC} \approx 1,995 \cdot 10^{-26}$ kg, kislorod atomining massasining qiymati $m_{aO} \approx 2,66 \cdot 10^{-26}$ kg, ga tengligi aniqlangan va bu qiymatlar juda ham kichik. Atom va molekular massasining gramm yoki kilogrammda ifodalangan qiymatlaridan foydalanish birmuncha noqulay. Shu sababli atomning massasini ifodalash uchun maxsus **massa atom birligi (m. a. b.)** tushunchasi kiritilgan. Xalqaro kelishuvga muvofiq, barcha atom va molekularlarning massalarini C^{12} uglerod atomi massasining $1/12$ qismi bilan taqqoslash qabul qilingan, ya'ni

$$1 \text{ m. a. b.} = \frac{1}{12} m_{aC} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}.$$

Berilgan modda atomi yoki molekulas massasi (m_a) uglerod atomi massasi (m_{aC})ning $1/12$ qismiga nisbatiga shu moddaning nisbiy atom (nisbiy molekular) massasi deyiladi. Ta'rifga ko'ra, nisbiy atom massa quyidagicha hisoblaniladi:

$$\text{Nisbiy atom massa } (A_n) = \frac{\text{Element bitta atomining massasi}}{\text{Uglerod atom massasining } 1/12 \text{ qismi}}$$

yoki

$$A_n = \frac{m_a}{\frac{1}{12} m_{aC}} \quad (1)$$

(1) ifodaga ko'ra kislorod atomining nisbiy atom massasi:

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

Nisbiy massa o'lcamsiz kattalikdir. Barcha kimyoviy elementlarning nisbiy atom massasi Mendeleyev kimyoviy elementlar davriy sistemasida ko'rsatilgan.

Molekulaning nisbiy massasi ham atomning nisbiy massasi kabi hisoblanadi:

$$\text{Nisbiy molekulyar massa } (M_n) = \frac{\text{Element bitta molekulasining massasi}}{\text{Uglerod atom massasining } 1/12 \text{ qismi}}$$

yoki

$$M_n = \frac{m_m}{\frac{1}{12} m_{aC}}$$

Murakkab modda molekulasining nisbiy molekular massasini topish uchun uning molekulasi tarkibiga kiruvchi elementlarning nisbiy atom massasini qo'shish kerak. Masalan, suv (H_2O) molekulasining nisbiy molekular massasini topish uchun ikkita vodorod atomining nisbiy massasiga bitta kislorod atomining nisbiy massasini qo'shish kerak, ya'ni: $M_n = 1 \cdot 2 + 16 = 18$.

Modda miqdori. Har bir jism modda miqdori bilan tavsiflanadi. XBS da modda miqdorini «mol»da ifodalash qabul qilingan. Makroskopik jismlar tarkibida atom yoki molekular nihoyatda ko'p bo'lganligidan ularning (N) sonini 0,012 kg massali uglerod moddasidagi atomlar soni bilan taqqoslash qabul qilingan.

Massasi 0,012 kg ga teng uglerod C^{12} izotopining tarkibidagi atomlar soniga teng sondagi atom yoki molekullardan tashkil topgan modda miqdori shu moddaning 1 moli deb ataladi. Bu ta'rifdan barcha moddalarning 1 mol

miqdoridagi molekulari (atomlari) soni o‘zaro teng degan xulosa kelib chiqadi.

Modda miqdorini ν (nyu) harfi bilan belgilash qabul qilingan.

Avogadro doimiysi. Miqdori 1 mol bo‘lgan moddada molekular soni italyan olimi Avogadro sharafiga **Avogadro doimiysi** deb ataladi va uni N_A deb belgilash qabul qilingan. Avogadro doimiysining son qiymati $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ga teng.

Agar modda miqdori 1 mol bo‘lmay, balki ν mol bo‘lsa, undagi molekular soni quyidagicha aniqlanadi:

$$N = \nu \cdot N_A \quad (2).$$

(2) ifodadan $\nu = \frac{N}{N_A}$ ga ega bo‘lamiz. Berilgan moddaning miqdorini topish uchun uning tarkibidagi molekular sonini Avogadro soniga bo‘lish kerak.

Molyar massa. Har qanday moddaning 1 moli molyar massa (M) deb ataluvchi kattalik bilan tavsiflanadi.

Miqdori bir mol bo‘lgan moddaning massasiga **molyar massa** deyiladi. Bu ta’rifga ko‘ra, moddaning molyar massasi uning bitta molekulasi massasi (m_0) bilan Avogadro doimiysining ko‘paytmasiga teng, ya’ni:

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

(3) tenglikka m_0 va N_A ning o‘lchov birliklarini qo‘ysak, molyar massaning birligi $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ekanligi kelib chiqadi. (1) va (3) tengliklarga asosan moddaning molyar massasini qo‘yidagicha hisoblash mumkin.

$$M = M_n \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Kislorod, vodorod va suv molekularining nisbiy molekular massasini bilgan holda, ularning molyar massasini quyidagicha aniqlash mumkin: kislorodning molyar massasi – $32 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$; vodorodniki $2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$; suvniki – $18 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$. Demak, moddaning molyar massasini topish uchun uning nisbiy molekular massasini 1000 ga bo'lish kerak ekan.

(3) tenglikdan

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

kelib chiqadi. Har qanday modda molekulasining massasini hisoblash uchun molyar massani Avogadro doimiysiga bo'lish kerak.

Miqdori ixtiyoriy bo'lgan moddaning massasini topish uchun (3) tenglikka ko'ra uni tashkil qilgan molekular sonini bitta molekulaning massasiga ko'paytirish kerak:

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

(4) tenglikni (5) ga qo'yib va (2) ifodani inobatga olib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\nu = \frac{m}{M} \quad (6).$$

(2) tenglik va (6) munosabatga ko'ra

$$N = \frac{m}{M} N_A \quad (7) \text{ ni hosil qilamiz.}$$

Bir birlik hajmdagi modda molekulari (yoki atomlari)ning soniga modda **molekularining konsentratsiyasi** deb ataladi. Ta'rifga ko'ra modda molekularining konsentratsiyasi quyidagicha aniqlaniladi:

$$n = \frac{N}{V} \quad (8).$$

Modda molekularining konsentratsiyasi XBS da $[n] = \text{m}^{-3}$ birligida o'lchanadi.

(7) ifodani (8) ifodaga qo'ysak va $m = \rho \cdot V$ munosabatga ko'ra:

$$n = \frac{\rho \cdot N_A}{M} \quad (9).$$

hosil bo'ladi. Modda miqdori o'zgarmas bo'lgan modda molekularining konsentratsiyasi hajm o'zgarishi bilan o'zgaradi. (3) ifodaga ko'ra (9) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$n = \frac{\rho}{m_0} \quad (10).$$

(10) ifodaga ko'ra modda zichligi quyidagicha hisoblaniladi

$$\rho = n \cdot m_0 \quad (11).$$

Nazorat uchun savollar

1. Nisbiy (atom) molekular massa deb nimaga aytiladi? Nisbiy (atom) molekular massani hisoblash formulasini yozing. Suvning nisbiy molekular massasi nimaga teng?

2. Modda miqdori deb nimaga aytiladi? Modda miqdorini aniqlash ifodasini yozing. Uning o'lchov birligini keltiring.

3. Molyar massa nima? Suv, karbonat angidrit va kislorod molekulari uchun molyar massa nimaga teng?

4. Moddadagi molekular soni qanday hisoblanadi?

5. Molyar massa nisbiy molekular massaga $M = M_n \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ munosabat orqali bog'langanligini isbot qiling.

6. Modda molekularining konsentratsiyasi qanday aniqlanadi?

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Berilgan moddaning molyar massasi 36 g/mol bo'lsa, bitta molekulasi massasini aniqlang.

Berilgan: $M = 36 \text{ g/mol}$; $m_0 = ?$

Yechish: modda molyar massasining ta'rifiga asosan $M = N_A \cdot m_0$, bu ifodadan foydalanib berilgan moddaning bitta atomining massasini aniqlaymiz:

$$m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{36 \text{ g/mol}}{6,02 \cdot 10^{23} 1/\text{mol}} = 6 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

Javob: $6 \cdot 10^{-23} \text{ g}$.

2. 48 g massali kislorod moddasining miqdorini aniqlang.

Berilgan: $m = 48 \text{ g}$; $M = 16 \text{ g/mol}$; $n = ?$

Yechish: kislorod moddasining elementar zarrachasi bu kislorod atomidir, shu sababli moddaning molyar massasi $M = 16 \text{ g/mol}$ deb olinadi. Berilgan moddaning miqdori uning massasini molyar massasiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{48 \text{ g}}{16 \text{ g/mol}} = 3 \text{ mol}$$

Javob: 3 mol.

3. 108 sm^3 hajmdagi suvda nechta molekula bor?

Berilgan: $V = 108 \text{ sm}^3$; $M = 18 \text{ g/mol}$; $\rho = 1 \text{ g/sm}^3$; $N = ?$

Yechish: berilgan moddaning miqdorini uning massasi va berilgan massa tarkibidagi molekulalar soni orqali ifodalaymiz:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \cdot$$

Bu tenglamadagi modda massasini uning zichligi orqali ifodalab molekular sonini hisoblaymiz:

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{\rho \cdot V \cdot N_A}{M} = \frac{1 \text{ g/sm}^3 \cdot 108 \text{ sm}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}}{18 \text{ g/mol}} = 3,612 \cdot 10^{24}.$$

Javob: $3,612 \cdot 10^{24}$ ta.

4. Suv molekulasining chiziqli o'lchamini aniqlang.

Berilgan: $\rho = 1 \text{ g/sm}^3$; $M = 18 \text{ g/mol}$; $d = ?$

Yechish: moddaning massasini uning zichligi orqali ifodalaymiz: $m = \rho \cdot V$. Suyuqlikning V hajmida N ta molekula bo'lsin, u holda $m = N \cdot m_0$ va $V = N \cdot V_0$ bo'ladi, bunda m_0 – bitta molekulaning massasi, V_0 – bitta molekulaning egallagan hajmi. Bitta molekulaning hajmidan foydalanib, uning chiziqli o'lchamini baholaymiz: $V_0 = d^3$. Bu xulosadan kelib chiqib, quyidagini yozamiz:

$N \cdot m_0 = N \cdot \rho \cdot V_0 = N \cdot \rho \cdot d^3$, $m_0 = M / N_A$ bu ifodalardan quyidagi tenglikni hosil qilamiz va hisoblaymiz:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho \cdot N_A}} = \sqrt[3]{\frac{18 \text{ g/mol}}{1 \text{ g/sm}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}}} = \sqrt[3]{30 \cdot 10^{-24} \text{ sm}^3} \approx 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$$

Javob: $3,1 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$.

5. Muzdagi qo'shni molekular orasidagi o'rtacha masofani aniqlang. Muzning zichligi 900 kg/m^3 .

Berilgan: $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$; $M = 18 \text{ g/mol}$; $d = ?$

Yechish: moddaning massasini uning zichligi orqali ifodalaymiz: $m = \rho \cdot V$. Muzning V hajmida N ta molekula bo'lsin, u holda $m = N \cdot m_0$. Muz molekulalari kristall panjaraning

tugunlarida joylashgan va tugunlar kubning qirralaridan iborat deb qarasak, har bir kubning 8 ta qirrasida 8 ta molekula joylashadi va har bir molekula qo'shni 8 ta kubga tegishli bo'ladi. Natijada har bir kubga 1 tadan molekula to'g'ri keladi. Muzning hajmi $V = N \cdot V_0 = N \cdot d^3$, bunda d – kubning qirrasini, ya'ni molekullar orasidagi masofa:

$N \cdot m_0 = N \cdot \rho \cdot d^3$, $m_0 = M / N_A$. Bu ifodalardan quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

$$\frac{m_1}{m} = \frac{\rho_1 \cdot (\rho - \rho_2)}{\rho \cdot (\rho_1 - \rho_2)} = \frac{19,3(14 - 10,5)}{14 \cdot (19,3 - 10,5)} = 20,548$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho \cdot N_A}} = \sqrt[3]{\frac{18 \text{ g/mol}}{0,9 \text{ g/sm}^3 \cdot 6 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}}} = \\ = \sqrt[3]{33,3 \cdot 10^{-24} \text{ sm}^3} \approx 3,22 \cdot 10^{-8} \text{ sm}.$$

Javob: $3,22 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$.

7. Oltin va kumush qotishmasining zichligi – $14 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Qotishmaning hajmi uning tashkil qiluvchilarining hajmlari yig'indisiga teng bo'lsa, qotishma massasining qancha qismini oltin tashkil qiladi? Oltinning zichligi – $19,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, kumushning zichligi esa $10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Berilgan: $\rho = 14 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\rho_1 = 19,3 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $\rho_2 = 10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $V = V_1 + V_2$; $\frac{m_1}{m} = ?$

Yechish: moddalarning va aralashmaning massalarini ularning zichliklari orqali ifodalaymiz: $m_1 = \rho_1 \cdot V_1$, $m_2 = \rho_2 \cdot V_2$, $m = \rho \cdot V = \rho \cdot (V_1 + V_2)$, $m = m_1 + m_2$ - bu tengliklardan quyidagi munosabatga ega bo'lamiz:

$$m = \rho \cdot \left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m_2}{\rho_2} \right) = \rho \cdot \left(\frac{m_1}{\rho_1} + \frac{m - m_1}{\rho_2} \right).$$

Bu tenglikdan m_1/m ni topamiz:

Javob: $\frac{m_1}{m} = 0,548$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 600 mol kislorodning massasini aniqlang. (j: **19,2 kg**)
2. Diametri 2 mm bo'lgan suv tomchisida nechta molekula bor? (j: **$1,4 \cdot 10^{20}$ ta**)
3. Sig'imi 20 sm^3 bo'lgan stakandagi suvda nechta molekula bor? (j: **$6,7 \cdot 10^{23}$ ta**)
4. Bitta gaz molekulasi massasi $5,32 \cdot 10^{-26}$ kg ga teng. Shu gazning molyar massasini aniqlang. (j: **32 g/mol**)
5. 10l hajmli idishda 1,6 kg massali kislorod solingan. Idishdagi gaz molekularining konsentratsiyasini aniqlang. (j: **$3 \cdot 10^{27} \text{ m}^{-3}$**)
6. Zichligi $4,4 \text{ kg/m}^3$ bo'lgan CO_2 gazining 1 m^3 hajmida qancha molekula bor? (j: **$6 \cdot 10^{25}$ ta**)
7. Ikkita bir xil hajmli idishlarning biri suv, ikkinchisi simob bilan to'ldirilgan. Idishlardagi modda atomlarining sonini taqqoslang. (j: **$\approx 2,5$**)
8. Uzunligi 20 sm va ko'ndalang kesim yuzi 5 mm^2 bo'lgan grafit qalamchasida qancha uglerod atomi borligini baholang? Grafitning zichligi $1,6 \text{ g/sm}^3$. (j: **$8 \cdot 10^{22}$ ta**)
9. Oltin atomining o'lchamini baholang. Oltinning zichligi $19,3 \text{ g/sm}^3$, molyar massasi 197 g/mol ga teng. (j: **$2,57 \cdot 10^{-8} \text{ m}$**)
10. Hajmi $2 \cdot 10^{-3} \text{ sm}^3$ bo'lgan kerosin tomchisi suvga tomizildi. Tomchi suv betida yoyilib, yuzasi $1,8 \text{ m}^2$ ga teng bo'lgan yupqa parda hosil qildi. Parda qalinligi molekulaning diametriga yaqin deb hisoblab, kerosin molekulasi diametrini aniqlang. (j: **$1,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$**)

11. Yuzi 80 sm^2 bo'lgan buyimga $20 \text{ }\mu\text{m}$ qalinlikda nikel qatlami qoplangan. Qatlamda qancha nikel atomi bor? Nikelling zichligi – $8,9 \text{ g/sm}^3$, nisbiy atom massasi 59 ga teng. (j: $1,45 \cdot 10^{22} \text{ ta}$)

12. Atmosferamiz havosining asosiy qismini kislorod va azot tashkil qiladi. Hovoning molyar massasi $29,12 \text{ g/mol}$ ga teng deb hisoblab, atmosferadagi kislorodning miqdorini foizlarda baholang. Kislorodning molyar massasi 32 g/mol va azotniki 28 g/mol ga teng deb oling. (j: 31%)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Avogadro soni deb qanday fizik kattalikka aytiladi?

- A) 12 g ugleroddagi atomlar soniga
- B) 1 mol moddadaagi zarralar soniga
- C) 28 g azotdagi molekulalar soniga
- D) Javoblarning hammasi to'g'ri.

2. Moddaning molyar massasi deb nimaga aytiladi?

- A) 273 K da 1 m^3 hajmdagi modda massasiga
- B) molekulaning grammlarda ifodalangan massasiga
- C) berilgan modda atom i massasining uglerod atomi massasining $1/12$ qsmiga nisbatiga
- D) $6 \cdot 10^{23}$ ta zarrachadan tashkil topgan modda massasiga

3. Broun harakatining molekular-kinetik nazariyasi kim tomonidan yaratilgan.

- A) Eynshteyn B) Lomonosov C) Perren D) Mendeleev

4. Uglerod atomining massasi nimaga teng (kg)?

- A) $7,2 \cdot 10^{-27}$ B) $2 \cdot 10^{-26}$ C) $5 \cdot 10^{-26}$ D) $6 \cdot 10^{-26}$

5. Modda miqdori 225 mol kislorodning massasini aniqlang (kg).

A) 14,4 B) 7,2 C) 2,7 D) 6

6. 9 g suvda necha mol modda bor?

A) 9 B) 4,5 C) 0,9 D) 0,5

7. 180 mg massali suv tomchisida nechta molekula bor?

A) $1 \cdot 10^{18}$ B) $1 \cdot 10^{17}$ C) $3 \cdot 10^{15}$ D) $6 \cdot 10^{21}$

8. 20 g vodoroddagi molekularlar sonini aniqlang.

A) $3 \cdot 10^{23}$ B) $1,2 \cdot 10^{23}$ C) $1,2 \cdot 10^{24}$ D) $6 \cdot 10^{24}$

9. Massasi 54 g bo'lgan aluminiydagi atomlar soni 197 g oltindagi atomlar sonidan necha marta ko'p? $M_{Al} = 27 \text{ g/mol}$, $M_{oltin} = 197 \text{ g/mol}$.

A) 1,5 B) 2 C) 2,5 D) 4

10. $6,02 \cdot 10^{26}$ ta temir atomining massasini hisoblang (kg). Temirning molyar massasi – 56 g/mol.

A) 28 B) 280 C) 56 D) 168

11. Hajmi 0,3 l bo'lgan suvdagi molekularlar sonini aniqlang.

A) 10^{26} B) $3,3 \cdot 10^{25}$ C) $3,3 \cdot 10^{26}$ D) 10^{25}

12. Bir litrlik uchta idishga suv, yog' va simob solingan. Ulardan qaysi biri 1 kg massaga ega?

A) suv B) yog' C) simob D) uchalasi

13. 54 g suvda, 2 g vodorodga nisbatan necha marta ko'p molekularlar bor?

A) 4 B) 3 C) 2 D) 1,5

14. Massasi 11,87 kg bo'lgan qalay bo'lagida qancha atom bor? Qalayning molyar massasi $M = 118,7 \text{ g/mol}$.

A) $6 \cdot 10^{24}$ B) $6 \cdot 10^{23}$ C) $6 \cdot 10^{26}$ D) $6 \cdot 10^{25}$

15. Molekulalar soni $1,8 \times 10^{24}$ ta bo'lgan azot moddasi-ning miqdori qanday (mol)?

A) 2 B) 3 C) 1,5 D) 4

16. Agar misning har bir atomiga bittadan erkin elektron to'g'ri kelsa, erkin elektronlar konsentratsiyasi (m^{-3}) qanday? $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$; $M = 64 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

A) $8,37 \cdot 10^{28}$ B) $6,45 \cdot 10^{23}$ C) $4,5 \cdot 10^{28}$ D) $3,1 \cdot 10^{23}$

17. To'rt mol suv qancha hajmni egallaydi (sm^3)?

A) 2 B) 72 C) 64 D) 18

18. Agar kislorod gazining idishdagi zichligi $0,32 \text{ kg/m}^3$ ga teng bo'lsa, gaz molekulari konsentratsiyasini toping (m^{-3}).

A) $6 \cdot 10^{20}$ B) $6 \cdot 10^{23}$ C) $6 \cdot 10^{24}$ D) $6 \cdot 10^{25}$

19. Massalari teng bo'lgan vodorod va kisloroddagi molekular soni necha marta farq qiladi? $M(\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}_2) = 2 \text{ g/mol}$.

A) 64 B) 32 C) 16 D) 18

20. Hajmlari bir xil bo'lgan suv va muzdagi molekular sonini taqqoslang.

A) 1 B) 1,1 C) 2 D) 1,9

21. Molekulalar soni $3 \cdot 10^{23}$ ta bo'lgan azotning massasi hisoblang. $M = 28 \text{ g/mol}$.

A) 168 g B) 14 g C) 56 g D) 28 g

22. Agar 18 mg suv 6 s da bug‘lansa, 1 s da suv sirtidan o‘rtacha nechta molekula uchib ketadi?

A) $1 \cdot 10^{20}$ B) $1 \cdot 10^{23}$ C) $4 \cdot 10^{19}$ D) $2 \cdot 10^{18}$

23. Quymaning yog‘ochdan yasalgan modelining massasi 3 kg ga teng. Agar xuddi shu hajmdagi quyma qo‘rg‘oshindan tayyorlansa, uning massasi qancha bo‘ladi (kg)? Yog‘ochning zichligi – $0,5 \text{ g/sm}^3$, qo‘rg‘oshinniki – $11,3 \text{ g/sm}^3$.

A) 135,6 B) 200 C) 300 D) 67,8

24. $5 \text{ }\mu\text{m}$ qalinlikdagi kumush qatlamining 36 sm^2 yuzida nechta kumush atomi bor? $M = 108 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$, $\rho = 10,5 \text{ g/sm}^3$

A) $2,1 \cdot 10^{23}$ B) $4,2 \cdot 10^{22}$ C) $4 \cdot 10^{21}$ D) $1,05 \cdot 10^{21}$

25. Gazning massasi m ga, molekulari soni N ga teng bo‘lsa, uning molyar massasi nima teng bo‘ladi?

A) $\frac{m}{N} \cdot N_A$ B) $\frac{mN}{N_A}$ C) $\frac{N_A}{mN}$ D) $N \cdot mN_A$

26. $V_1 = 3 \text{ sm}^3$ zichligi $\rho_1 = 2 \text{ g/sm}^3$ bo‘lgan suyuqlik bilan V_2 hajmli va zichligi $\rho_2 = 4 \text{ g/sm}^3$ bo‘lgan boshqa bir suyuqlik aralashtirildi. Hosil bo‘lgan aralashmaning zichligi 3 g/sm^3 bo‘lsa, V_2 hajm necha sm^3 bo‘lgan?

A) 8 B) 3 C) 5 D) 2

27. $3,2 \text{ kg}$ massali kislorod $0,02 \text{ m}^3$ hajmni egallab turibdi. Molekular konsentratsiyasini aniqlang (m^{-3}).

A) $3,01 \cdot 10^{27}$ B) $3,2 \cdot 10^{27}$ C) $6,02 \cdot 10^2$ D) $6,02 \cdot 10^{27}$

28. 1-gaz molekularining massasi 2-gaz molekularining massasidan 4 marta katta bo‘lsa, 1-gaz molekularining

konsentratsiyasi esa 2- gaznikidan 2 marta kichik bo'lsa, gaz zichliklarining nisbati ρ_1/ρ_2 nimaga teng?

A) 1/8 B) 1/4 C) 1/2 D) 2

29. Agar idishdagi gaz massasining 56% ini azot, 44% ini karbonat angidrit gazi tashkil qilsa, bitta karbonat angidrit gazi molekulasiga nechta azot molekulasiga to'g'ri keladi?

A) 4 B) 3 ta C) 2 ta D) 1 ta

30. Moddasining zichligi 4 g/sm^3 bo'lsa, sirtining yuzi 54 sm^2 bo'lgan kubning massasi qanday bo'ladi?

A) 13,5 g B) 18 g C) 108 g D) 54 g

31. Balandligi 300 m bo'lgan, po'latdan yasalgan Eyfel minorasining massasi – 7200 t. Bu minoraning zichligi po'latnikidan ikki marta kichik bo'lgan moddadan yasalgan, balandligi 30 sm bo'lgan modelining massasi qanday bo'ladi?

A) 3,6 t B) 3,6 kg C) 360 g D) 3,6 g

32. Birlik hajmdagi massani hisoblash formulalarini ko'rsating.

$$1) \rho = \frac{m}{V}; 2) \rho = n \cdot m_0 \quad 3) \rho = n \frac{M}{N_A}$$

A) 1, 2 B) 1, 2, 3 C) 2, 3 D) 1, 3

33. Agar modda molekulasining massasi m_0 zichligi ρ ga teng bo'lsa, hajm birligidagi molekular sonini toping.

A) ρm_0 B) m_0/ρ C) $m_0 N_A/\rho$ D) ρ/m_0

34. Agar havoning zichligi $1,2 \text{ kg/m}^3$ ga teng bo'lsa, havo molekularining konsentratsiyasini toping (m^{-3}).

A) $1,2 \cdot 10^{25}$ B) $2,5 \cdot 10^{25}$ C) $3 \cdot 10^{25}$ D) $4,8 \cdot 10^{25}$

35. Vodorodning zichligi geliynikidan ikki marta kam. Vodorod to'ldirilgan aerostatning ko'tarilish kuchi geliy to'ldirilgan xuddi shunday aerostatning ko'tarilish kuchidan necha marta katta bo'ladi?

A) 8 B) 2 C) 4 D) teng

36. 68 mol simob qancha hajmni egallaydi (l)? Simobning zichligi $13,6 \text{ g/sm}^3$, molyar massasi – 200 g/mol .

A) 1 B) 2 C) 6,8 D) 10

4- §. Gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

Ideal gaz. Modda tuzilishining molekular-kinetik nazariyasi tabiatdagi moddalarning turli agregat holatlarda bo'lish sabablarini tu-shuntirishga imkon beradi. Dastlab gaz holatidagi moddalarning, yani gazlarning xossalarini o'rganishdan boshlaylik. Hozirgi zamon atom fizikasi ma'lumotlariga ko'ra, atom va molekularning radiusi 10^{-10} m ga yaqin. U holda gazni tashkil qilgan bitta atom yoki molekulaning xususiy hajmi:

$$\Delta V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \approx 4 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3.$$

Endi miqdori bir mol bo'lgan gaz molekularining xususiy hajmi hisoblaylik:

$$V_{xus} = \Delta V_{xus} \cdot N_A = 4 \cdot 10^{-30} \text{m}^3 \cdot 6 \cdot 10^{23} = 24 \cdot 10^{-7} \text{m}^3 = 2,4 \text{sm}^3.$$

Demak, miqdori bir mol bo‘lgan gazni katta bosim ostida qancha siqmaylik, uning hajmi $2,4 \text{ sm}^3$ dan kichik bo‘lmaydi. Chunki gazning siqilish jarayonida molekulalarning o‘zi “ezilmay”, faqat ular orasidagi masofa kichrayib, gaz molekulalari zichlashadi. Molekulalar zichlashgan sari, ular orasida kuchli itarish kuchlari hosil bo‘ladi. Bu kuch molekulalar orasidagi masofaning yanada kamayishiga to‘sqinlik qiladi va gazning hajmi o‘zgarmay qoladi.

Modda gaz holatining, suyuqlik va qattiq holatlaridan farq qiladigan xususiyatlari shundan iboratki, birinchidan, gaz suyuqlik va qattiq jismlarga nisbatan juda kichik zichlikka ega, ikkinchidan, gaz egallashi mumkin bo‘lgan butun hajm bo‘ylab hamma vaqt bir tekisda taqsimlanadi. Gaz egallagan hajm deganda gaz solingan idishning hajmini tushunishimiz lozim.

Siyrak gazda molekulalar orasidagi masofalar ularning o‘lchamlaridan ko‘p marta ortiq bo‘ladi. Bu holda molekulalar orasidagi o‘zaro ta’sir e’tiborga olinmaydigan darajada kichik bo‘lib, molekulalarning kinetik energiyasi o‘zaro ta’sir potensial energiyasidan ancha katta bo‘ladi.

Gazlarning xossalari o‘rganishni soddalashtirish uchun **ideal gaz** deb ataluvchi faraziy gaz modeli qabul qilingan. Bu modelga ko‘ra:

- gazni tashkil qiluvchi molekulalar orasidagi masofa shu darajada kattaki, molekulalar orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi hisobga olinmaydi;

- molekulalarning o‘zaro ta’sir kuchlari ular o‘zaro to‘qnashganda sodir bo‘ladi va bu to‘qnashish absolut elastik to‘qnashishdan iborat deb qaraladi;

- gaz molekulasining xususiy hajmi hisobga olinmaydi va ular moddiy nuqta deb qaraladi.

Aslida, tabiatda mavjud bo‘lgan gazlar real gazdir, chunki ularni tashkil etuvchi molekulalar orasida o‘zaro ta’sir kuchlari mavjuddir. Demak, tabiatda ideal gazning o‘zi mavjud emas. Lekin siyrak real (bosimi 10 atm dan past bo‘lgan) gazning xossalari biz tasavvur qilgan ideal gazning xossalariга yaqin bo‘ladi. Gaz molekulalari orasidagi masofa taxminan 10^{-9} m bo‘lganda, molekulalari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchlari shu darajada kichik qiymatga ega bo‘ladiki, uni etiborga olmasa ham bo‘ladi. Shu tufayli siyrak gazning xossalarini o‘rganishda ideal gaz modelidan foydalaniladi.

Molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi. Modda tuzilishining molekular-kinetik nazariyasida gazning bosimini gaz molekulalarining idish devorlariga urilishi natijasida unga ($m_0 \vec{v}$) impuls berishi tufayli hosil bo‘ladi deb tushuntiriladi. Gazning bosimi (p) idish devorlariga urilayotgan molekulalar soni N ga, molekulaning massasi (m_0) va molekula harakat tezligi v ga bog‘liq bo‘ladi. Birlik vaqt ichida idish devoriga urilayotgan molekulalar soni esa gaz molekulalarining konsentratsiyasi n ga to‘g‘ri proporsional, ya’ni $N = n \cdot V$. Bunda V – gazning egallagan hajmi.

Gaz bosimi bilan gaz molekulalarining zichligi, massasi va tezligi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi tenglamaga gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi deyiladi. Bu tenglamani keltirib chiqarishdan avval gaz molekulalariga oid ba’zi tushunchalar bilan tanishamiz.

Idishdagi gaz N ta molekuladan iborat bo‘lsa, ularning barchasi tartibsiz harakat qiladi. Har bir molekulaning tezligi turlicha ($v_1, v_2, v_3, \dots, v_N$) bo‘ladi. Molekulalar tezliklarining o‘rtacha qiymatini matematikadagi o‘rtacha arifmetik qiymatni topish ifodasiga ko‘ra hisoblash mumkin, ya’ni

$$v_{o'rt} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_N}{N} \quad (1).$$

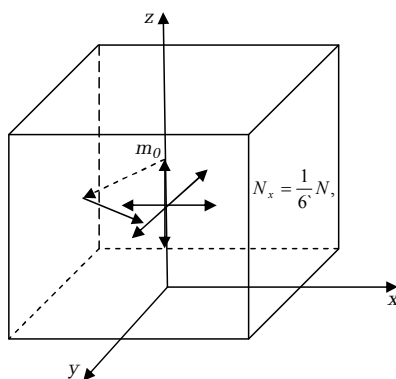
Gaz molekulalarining soni juda ko‘p va harakati tartibsiz bo‘lishiga qaramay, idishdagi gaz molekulalar sonining taxminan $\frac{1}{3}$ qismi idishning chap va o‘ng devorlar orasida, $\frac{1}{3}$ qismi oldingi va orqa devorlar orasida, $\frac{1}{3}$ qismi esa pastki va ustki devorlar orasida harakatlanadi (5- rasm).

Agar idishning markaziga koordinata tekisligining boshi joylashgan deb faraz qilsak, yuqorida aytilgan fikrlarni matematik ifoda ko‘rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$N_x = \frac{1}{3}N, \quad N_y = \frac{1}{3}N, \quad N_z = \frac{1}{3}N \quad (2).$$

Koordinata o‘qlari musbat va manfiy yo‘nalishlarga ega bo‘lganligi uchun X o‘qi yo‘nalishida harakatlanayotgan molekulalar soni – N_x ning yarmi o‘qning musbat tomoniga qarab, yarmi esa o‘qning manfiy tamoniga qarab harakatlanadi, ya’ni

$$N'_x = \frac{N_x}{2} = \frac{1}{6}N, \quad N'_y = \frac{N_y}{2} = \frac{1}{6}N, \quad N'_z = \frac{N_z}{2} = \frac{1}{6}N \quad (3).$$



5- rasm

Molekulalarning idish devori bilan to'qnashishi tufayli devorga bergan impulsi uning ($\frac{m_o v^2}{2}$) kinetik energiyasiga bog'liq. Shuning uchun molekula tezligi kvadrating o'rtacha qiymatini ham hisoblash zaruriati tug'iladi. Tezlik kvadrating o'rtacha qiymati ham o'rtacha arifmetik qiymatni hisoblash ifodasiga ko'ra hisoblanadi, ya'ni

$$\overline{v^2} = \frac{\overline{v_1^2} + \overline{v_2^2} + \overline{v_3^2} + \dots + \overline{v_N^2}}{N} \quad (4).$$

Agar molekula tezligining o'qlardagi proyeksiyalarini mos ravishda v_x, v_y, v_z deb belgilasak va tezlik vektori bilan uning proyeksiyalari orasidagi bog'lanishlardan foydalanib, quyidagilarni yozish mumkin:

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 \text{ yoki } \overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} \quad (5).$$

Molekulalarning harakati butunlay tartibsiz bo'lganligi uchun uchala yo'nalishning ahamiyati bir xil, ya'ni $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$. Shuning uchun (5) ifodadan $\overline{v^2} = 3 \cdot \overline{v_x^2}$ va bundan

$$\overline{v_x^2} = \frac{1}{3} v^2 \quad (6).$$

Molekulalarning idish devorlariga urilishini mutloq (absolut) elastik deb hisoblaylik. U holda molekula idish devoriga urilib qaytgach uning impulsining o'zgarishi

$$\Delta p = m_o \cdot v_x - m_o(-v_x) = 2m_o \cdot v_x \quad (7).$$

ga teng bo'ladi. m_o – bir dona molekulaning mas-

sasi. Agar molekulaning idish devoriga ta'sir qilayotgan kuchini F , uning devor bilan ta'sirlashish vaqtini Δt bilan belgilasak, jism impulsi o'zgarishi va kuch impulsi orasidagi bog'lanishga ko'ra (7) tenglikni

$$F \cdot \Delta t = 2m_o v_x \quad (8).$$

ko'rinishda yozish mumkin.

Gazdagi molekulalar soni juda ko'p bo'lganligi uchun ular idish devoriga uzluksiz ravishda urilib turadi. Shuning uchun gaz bosimini hosil qiluvchi kuch (F) birlik vaqt ichida idish devoriga ta'sir qilgan kuchlar yigindisining o'rtacha qiymatidan iborat bo'ladi. Biror Δt vaqt ichida yuzasi S bo'lgan devorga urilgan molekulalar soni quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$N = n \cdot S \cdot v_x \cdot \Delta t \quad (9).$$

Gaz molekulalarining Δt vaqt ichida devorga bergan kuch impulsi:

$$F \cdot \Delta t = N \cdot 2m_o v_x = n S v_x \Delta t \cdot 2m_o v_x = 2m_o n S v_x^2 \cdot \Delta t \quad (10).$$

Ifoda natijasini Δt ga qisqartirib, uni quyidagicha yozamiz:

$$F = 2m_o n S v_x^2 \quad (11).$$

OX o'qining faqat musbat yo'nalishida shu OX o'qi yo'nalishida harakatlanayotgan molekulalarning yarmi harakatlanayotganligi uchun (11) tenglikning yarmini olish kerak va bosimning ta'rifi ga ko'ra (11) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$p = \frac{F}{S} = m_o n v_x^2 \quad (12)$$

Bu formulani keltirib chiqarishda gazning barcha molekulari bir xil tezlik bilan harakatlanadi deb hisobladik. Molekulalar har xil tezlik bilan harakatlanayotganligi uchun (12) ifodadagi v_x^2 ni $\overline{v_x^2}$ bilan almashtirish kerak:

$$p = n \cdot m_o \cdot \overline{v_x^2} \quad (13).$$

(6) ifodani etiborga olib, gaz bosimini hisoblash uchun (13) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$p = \frac{1}{3} n \cdot m_o \cdot \overline{v_x^2} \quad (14).$$

Gaz bosimi bilan gaz molekularining konsentratsiyasi, massasi va tezligi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi tenglama gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi deyiladi.

$n \cdot m_o$ ko‘paytma gaz zichligini berganligi uchun (14) ifodani quyi-dagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$p = \frac{1}{3} \rho \cdot \overline{v^2} \quad (15).$$

(14) ifodaning o‘ng tomonining surat va maxrajini 2 ga ko‘paytirib, $\overline{E_k} = \frac{m_o \overline{v^2}}{2}$ ekanligini e‘tiborga olsak, quyidagi ifodaga ega bo‘lamiz:

$$p = \frac{2}{3} n \cdot \overline{E_k} \quad (16)$$

Demak, ideal gazning bosimi gaz molekularining konsentratsiyasi n ga va ularning o‘rtacha kinetik energiyasi $\overline{E_k}$ ga to‘g‘ri proporsional ekan. (14), (15) va (16) ifodalar **gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamalaridir.**

Nazorat uchun savollar

1. Molekula tezligining o'rtacha arifmetik qiymati qanday aniqlanadi?

2. Molekulaning o'rtacha kvadratik tezligi qanday aniqlanadi?

3. Gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasini yozib, gaz bosimi molekulaning qanday parametrlariga bog'liqligini izohlang.

4. Gaz bosimini va molekulaning o'rtacha kinetik energiyasi bilan bog'lovchi ifodani yozing va uni izohlang.

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Ideal gazning zichligi 3 kg/m^3 va bosimi 360 kPa bo'lsa, gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi qancha bo'ladi ?

Berilgan: $\rho = 3 \text{ kg/m}^3$; $p = 36 \cdot 10^4 \text{ Pa}$; $\bar{v} = ?$

Yechish: gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi $p = \frac{1}{3} \rho \cdot \bar{v}^2$ munosabatidan foydalanib, gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligini hisoblaymiz:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 36 \cdot 10^4 \text{ Pa}}{3 \text{ kg/m}^3}} = 600 \text{ m/s}.$$

Javob: 600 m/s .

2. Agar gazning bosimi 150 kPa , molekulalarining konsentratsiyasi $2,25 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$ bo'lsa, gaz molekulalari ilgarilama harakat kinetik energiyasining o'rtacha qiymati qanday bo'ladi?

Berilgan: $p = 15 \cdot 10^4 \text{ Pa}$; $n = 2,25 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$; $\bar{E}_k = ?$

Yechish: gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi ya'ni $p = \frac{2}{3} n \cdot \bar{E}_k$ ifodadan foydalanib, gaz mole-

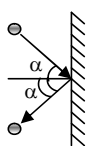
kulalarining ilgari lanma harakati o'rtacha kinetik energiyasining qiymatini hisoblaymiz:

$$\bar{E}_k = \frac{3p}{2n} = \frac{3 \cdot 15 \cdot 10^4 \text{ Pa}}{2 \cdot 2.25 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}} = 10^{-21} \text{ J}.$$

Javob: 10^{-21} J .

3. Tezligi $1,2 \text{ km/s}$ bo'lgan kislorod molekulasining idish devoriga 60° burchak ostida mutloq elastik urilishi natijasida idish devori olgan kuch impulsini hisoblang.

Berilgan: $v = 1200 \text{ m/s}$; $\alpha = 60^\circ$; $M = 32 \text{ g/mol}$; $F \cdot \Delta t = ?$



Yechish: kislorod molekulasi idish devoriga 60° burchak ostida mutloq elastik urilganda idish devoridan xuddi shunday tezlik va shunday burchak ostida qaytadi. Idish devoiri olgan kuch impulsi molekula impulsi o'zgarishining devor sirtiga nisbatan normal tashkil etuvchisiga teng bo'ladi: $F \cdot \Delta t = \Delta (m_o \cdot v \cdot \cos \alpha) = m_o \cdot \Delta (v \cdot \cos \alpha) = m_o \cdot (v \cdot \cos \alpha - (-v \cdot \cos \alpha)) = 2 m_o v \cdot \cos \alpha$. Bu yerda m_o – kislorod molekulasining massasi. $m_o = M/N_A$.

$$F \cdot \Delta t = \frac{2Mv \cdot \cos \alpha}{N_A} = \frac{2 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol} \cdot 1200 \text{ m/s} \cdot \cos 60^\circ}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}} = 6,4 \cdot 10^{-23} \text{ N} \cdot \text{s}$$

4. Elektr chirog'ining ballonidagi gazning zichligi – $0,75 \text{ kg/m}^3$. Yonish vaqtida ballon ichidagi gaz bosimi $9 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ dan $1,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga ortgan bo'lsa, gaz molekulasining o'rtacha kvadratik tezligi qanchaga ortadi?

Berilgan: $\rho = 0,75 \text{ kg/m}^3$; $p_1 = 9 \cdot 10^4 \text{ Pa}$; $p_2 = 1,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $\Delta \bar{v} = ?$

Yechish: gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasidan $p = \frac{1}{3} \rho \cdot \bar{v}^2$ foydalanib, gaz molekulalarining

o'rtacha kvadratik tezligini p_1 va p_2 bosimlardagi qiymatlarini bilan ifodalab, so'ngra o'rtacha kvadratik tezlikning qanchaga ortganligini hisoblaymiz:

$$\Delta \bar{v} = \bar{v}_2 - \bar{v}_1 = \sqrt{\frac{3p_2}{\rho}} - \sqrt{\frac{3p_1}{\rho}} = \sqrt{\frac{3}{\rho}} \cdot (\sqrt{p_2} - \sqrt{p_1}).$$

Gaz zichligining va bosimning qiymatlarini ifodaga qo'yib, gaz molekulasi o'rtacha kvadratik tezligi qanchaga o'zgarganligini hisoblaymiz:

$$\Delta \bar{v} = \sqrt{\frac{3}{0,75}} (\sqrt{16 \cdot 10^4} - \sqrt{9 \cdot 10^4}) = 200 \text{ m/s}.$$

Javob: 200 m/s.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Zichligi $1,5 \text{ kg/m}^3$, bosimi esa 45 kPa bo'lgan gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligini hisoblab toping. **(j: 300 m/s)**

2. Ideal gazning molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi 10^3 m/s zichligi $0,9 \text{ kg/m}^3$ bo'lsa, gaz bosimini toping. **(j: $3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)**

3. Idish vodorod gazi bilan to'ldirilgan. Idishdagi gaz molekulalarining konsentratsiyasi 10^{25} m^{-3} ga teng. Idishdagi gaz bosimini hisoblang. Gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligini 700 m/s ga teng deb oling. **(j: 5,4 kPa)**

4. Azot gazi molekulasi idish devoriga 60° burchak ostida mutlaq elastik urilishi natijasida impulsining o'zgarishi $1,4 \cdot 10^{-24} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ ga teng bo'lsa, azot molekulasi tezligi qanday bo'lgan? **(j: 300 m/s)**

5. Hajm birligidagi molekulalar soni $3 \cdot 10^{27} \text{ m}^{-3}$ va bosimi $8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bo'lgan bir atomli gaz molekulalarining o'rtacha kinetik energiyasini hisoblang. **(j: $4 \cdot 10^{-22} \text{ J}$)**

6. Bir atomli gaz molekularining ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasi $1,2 \cdot 10^{-20}$ J va bosimi 2,4 MPa bo'lsa, shu gaz molekularining konsentrasiyasi qanday bo'ladi? (j: $3 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$)

7. Idishga solingan kislorod $2 \cdot 10^5$ Pa bosim bermoqda. Agar kislorod molekulari 1000m/s o'rtacha kvadratik tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsa, idishdagi gaz zichligini baholang. (j: $0,6 \text{ kg/m}^{-3}$)

8. Hajmi 5 l bo'lgan idish ichidagi gaz bosimi – 100 kPa. Gaz molekularining ilgarilanma harakatining to'la kinetik energiyasini baholang. (j: 750 J)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Gaz ideal bo'lishi uchun nimalarni hisobga olmaslik kerak?

- A) molekularning to'qnashuvini
- B) molekularning to'qnashgandagi o'zaro ta'sirini
- C) molekularning harakatini
- D) molekularning masofadan ta'sirlashishini

2. Molekular tezligiga tegishli ushbu $\overline{v_o^2} = \frac{1}{3}\overline{v^2}$ ifoda quyidagi mulohazalarning qaysi biri asosan to'g'ri³ deb qabul qilinishi natijasida yuzaga kelgan?

- A) molekular o'zaro (elastik) to'qnashadi
- B) molekular soni kam
- C) molekular xaotik, tartibsiz harakat qiladi
- D) molekular shar shaklida

3. Ideal gazning bosimi molekularni tavsiflaydigan quyidagi kattaliklarning qaysi biriga bog'liq?

- A) molekular orasidagi tortishish kuchiga
- B) potensial energiyaga

- C) kinetik energiyaga
- D) molekular orasidagi itarishish kuchiga

4. Ideal gazning bosimi 4 marta ortsa, molekularining konsentratsiyasi esa 4 marta kamaysa, gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi qanday o'zgaradi?

- A) o'zgarmaydi
- B) 4 marta kamayadi.
- C) 2 marta kamayadi
- D) 4 marta ortadi

5. Gazning hajmi 2 marta ortib, molekularining o'rtacha kvadratik tezligi shuncha marta kamaysa, uning bosimi qanday o'zgaradi?

- A) 4 marta ortadi
- B) 8 marta kamayadi.
- C) 4 marta kamayadi
- D) 8 marta ortadi

6. Molekulalari bir xil konsentratsiyada va bir xil o'rtacha kvadratik tezlikda bo'lgan kislorod va vodorodning bosimlarini taqqoslang.

- A) 1: 1
- B) 16: 1
- C) 2: 3
- D) 8: 3

7. Agar bir atomli gazning hajmi 2 marta kamaytirilsa va molekularining o'rtacha kinetik energiyasi 2 marta oshirilsa, uning bosimi necha marta o'zgaradi?

- A) 8 marta kamayadi
- B) 8 marta ortadi.
- C) 4 marta ortadi
- D) 4 marta kamayadi

8. Zichliklari va o'rtacha kvadratik tezliklari bir xil bo'lgan kislorod va vodorod gazi bosimlarining nisbatini aniqlang.

- A) 16
- B) 1
- C) 1/16
- D) 1/32

9. Ideal gaz molekularining konsentratsiyasi 4 marta ortib, o'rtacha kvadratik tezligi 4 marta kamaysa, gaz bosimi necha marta o'zgaradi?

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

10. Berk idish ichidagi ideal gaz molekulalarining oʻrtacha kvadrat tezligi 30% ga ortsa, gaz bosimi qanday oʻzgarishini toping.

- A) 25% ga ortadi B) 69% ga ortadi
C) 10% ga ortadi D) 20% ga ortadi

11. Agar gaz molekulalarining konsentratsiyasi va oʻrtacha kvadratik tezligi 2 martadan oshsa, bosimi qanday oʻzgarishini toping.

- A) oʻzgarmaydi B) 8 marta oshadi
C) $2\sqrt{2}$ marta oshadi D) 4 marta oshadi

12. Molekulalar konsentratsiyasi va oʻrtacha kvadratik tezliklari teng boʻlgan neon va geliy gazlarining bosimlarini taqqoslang. $M_{\text{Ne}} = 20 \text{ g/mol}$, $M_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol}$.

- A) neon bosimi 5 marta koʻp B) geliyniki 2 marta kam
C) geliyniki 4 marta kam D) neoniiki 3 marta koʻp

13. 3kg massasi gaz 0,2 MPa bosimda 2,5 m³ hajimni egallasa, uning molekulalari harakatining oʻrtacha kvadratik tezliklari qanday boʻladi (m/s)?

- A) 707 B) 845 C) 680 D) 900

14. Zichligi 1kg/m³, bosimi 270 kPa, boʻlgan gaz molekulalarining oʻrtacha kvadratik tezligi aniqlansin (m/s).

- A) 450 B) 900 C) 700 D) 550

15. Bosimi $4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ va hajmi 2m³ boʻlgan bir atomli ideal gaz molekulalarining kinetik energiyasini hisoblang (J).

- A) $1,8 \cdot 10^5$ B) $1,2 \cdot 10^6$ C) $2,4 \cdot 10^5$ D) $4 \cdot 10^5$

16. Idishdagi bir atomli gaz molekularining konsentratsiyasi $3 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ va bosimi 80kPa ga teng bo'lsa, gaz molekularining o'rtacha kinetik energiyasi nimaga teng (J)?

A) $4 \cdot 10^{-21}$ B) $2 \cdot 10^{-22}$ C) $6 \cdot 10^{-21}$ D) $3 \cdot 10^{-22}$

17. Molekulaning o'rtacha kvadratik tezligi 800 m/s. Agar gaz bosimi va gaz egallab turgan hajm 1,5 marta oshgan bo'lsa, molekulaning o'rtacha kvadratik tezligi qanday bo'ladi (m/s)?

A) 1000 B) 900 C) 600 D) 1200

18. Ikki idishga gaz solingan. Birinchi idishdagi gazning bosimi $4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ va zichligi $1,6 \text{ kg/m}^3$ ga teng. Ikkinchi idishning hajmi 2 m^3 bo'lib unda 400 g gaz solingan. Ikkinchi idishdagi gazning bosimini $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ teng deb hisoblab, idishlardagi gaz molekularining tezliklarini taqqoslang (v_2/v_1).

A) 2 B) 1,5 C) 2,5 D) 3

II BOB. HARORAT. MOLEKULALAR ISSIQLIK HARAKATINING ENERGIYASI

5- §. Harorat va issiqlik muvozanati

Issiqlik hodisalari to'grisidagi ta'limotda temperatura (harorat) tu-shunchasi markaziy o'rinni egallaydi. Temperatura jismning (yoki biror makroskopik tizimning) isiganlik darajasini ifodalaydi. Jismning temperaturasi o'lchashda **termometr**dan foydalanamiz.

Temperatura molekular fizika va termodinamikaning asosiy kattaliklaridan biridir. Shuningdek, temperatura tabiatshunoslik fanlarining asosiy tushunchalaridan biri hisoblanadi. Havoning kunlik temperaturasi bilishga hech kim befarq qaramaydi. Yoki shifokor ishni sog'ligidan arz qilib borgan bemorga, shifokor bemorning haroratini o'lchashdan boshlaydi. Buning uchun bemorning qo'ltig'ida meditsina termometri bir necha daqiqa ushlab turiladi. Termometrning temperaturasi tananing temperaturasi bilan tenglashgach, termometrning ko'rsatishi o'zgarmay qoladi. Tana bilan termometr orasidagi bu holat issiqlik muvozanati holati deb ataladi. Demak, temperatura makroskopik sistemaning issiqlik muvozanat holatini izohlaydi. Issiqlik muvozanati holatida bo'lgan sistemaning hamma qismlarida temperatura ayni bir qiymatga ega bo'ladi. Ikki jismning temperaturasi bir xil bo'lganda ular orasida issiqlik almashinuvi jaroyoni bo'lmaydi. Agar jismlarning temperaturalari har xil bo'lsa, ular bir-biriga tekkizilganda jismlar o'rtasida issiqlik almashinuvi bo'ladi. Bunda temperaturasi yuqori bo'lgan jism past temperaturali jismga issiqlik beradi. Issiqlik almashu-

vi ularning temperaturalari tenglashguncha davom etadi. Jismlarning temperaturalari farqi ular o'rtasidagi issiqlik almashinish yo'nalishini ko'rsatadi.

Temperatura makroskopik tizimning issiqlik muvozanati holatini ifodalaydi: issiqlik muvozanati holatida bo'lgan tizimning hamma qismlarida temperatura ayni bir qiymatga ega bo'ladi.

Temperaturani aniqlash. Temperaturani aniqlash uchun molekular-kinetik nazariyada qanday fizik kattaliklar temperaturaga bog'liq ekanligini aniqlaymiz. Moddani tashkil qilgan molekulalar qanchalik tez harakat qilsa, modda (gaz)ning harorati shunchalik yuqori bo'ladi. Gaz yopiq idishda isitilganda, gazning bosimi ortadi. Molekular-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasiga ko'ra bosim gaz molekulalarining ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni $p = \frac{2}{3}n \cdot \bar{E}_k$. Ma'lum bir massali ($m = \text{const}$) gazning bosimi va hajmi tayinli bir qiymatga ega bo'lgan issiqlik muvozanati holatida gaz molekulalarining o'rtacha kinetik energiyasi temperaturaga o'xshab tayinli bir qiymatga ega bo'lishi kerak. Bu xulosani tekshirish uchun quyidagi tajribaga murojaat qilamiz. Hajmi aniq bo'lgan idishlarga alohida vodorod, geliy va kislorod gazlarini solamiz. Idishlarning har biriga bosimni o'lchash uchun manometrlar o'rnatilgan. Shuningdek, gazlarning massasi ma'lum bo'lsa, har bir idish ichidagi gaz molekulalarining sonini aniqlash mumkin.

Gazlarni issiqlik muvozanati holatiga keltiramiz. Buning uchun gaz solingan idishlarni eriyotgan muzga qo'yib, issiqlik muvozanati holati qaror topmaguncha va gazlarning bosimi o'zgarmay qolguncha kutib turamiz (6- rasm). Termometr yordamida eriyotgan muz temperaturasi aniqlanadi. Bu temperatura 0°C ga teng bo'lsin. Gazlarning bosimlari p ,

hajmlari V va molekularining soni N ga teng bo'lsin. $\frac{pV}{N}$ nisbatni vodorod gazi uchun hisoblaymiz. Masalan, modda miqdori 1 mol bo'lgan vodorod $V_{H_2} = 0,1 \text{ m}^3$ hajmni egallasa, u holda 0°C temperaturada uning bosimi $p_{H_2} = 2,265 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ bo'lar ekan. U holda $\frac{p_{H_2} V_{H_2}}{N_{H_2}} = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ ga teng ekanligi kelib chiqadi. Tajribadan gaz bosimi bilan hajmi ko'paytmasining molekular soniga nisbati muzning erish temperaturasida hamma gazlar uchun ham mana shunday qiymatga ega bo'ladi. Bu nisbatni q_0 bilan belgilaymiz. U holda

$$\frac{p_{H_2} V_{H_2}}{N_{H_2}} = \frac{p_{He} V_{He}}{N_{He}} = \frac{p_{O_2} V_{O_2}}{N_{O_2}} = \theta_0 \quad (1).$$

Endi ichidagi gazi bor idishlarni normal atmosfera bosimi sharoitida qaynayotgan suvga solinadi. U holda $\frac{pV}{N} = \theta_{100}$ nisbat avvalgidek hamma gazlar uchun ayni bir qiymatga, biroq kattaroq qiymatga ega bo'ladi. Tajribaning ko'rsatishicha, $\frac{pV}{N} = \theta_{100} = 5,14 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ ga teng.

Tajriba natijalaridan ko'rinib turibdiki, temperatura ko'tarilgan sari θ miqdor ortmoqda. θ miqdor gazning turiga, hajmiga, bosimiga, idishdagi zarralar soniga va idishning shakliga bog'liq emas. Energetik birliklarda o'lchanadigan θ kattalik temperaturaga to'g'ri proporsional ekanligi tajribadan ko'rinib turibdi, ya'ni

$$\theta = k \cdot T \quad (2)$$

bu yerda k - proporsionallik koeffitsienti. (2) tenglik bilan ta'riflangan temperatura **absolut temperatura** deb ataladi. (2) va (3) ifodalarga ko'ra quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$\frac{pV}{N} = k \cdot T \quad (3).$$

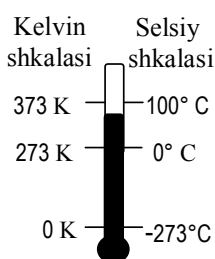
Temperaturaning absolut noli. (3) formuladan aniqlanadigan temperatura manfiy bo‘la olmaydi, chunki (3) tenglikning chap tomonidagi barcha kattaliklar musbat ishorali qiymatlarni qabul qiladi. Binobarin, temperatura T ning bosim p yoki hajm V nolga teng bo‘lgan holda bo‘lishi mumkin bo‘lgan eng kichik qiymati $T = 0$ qiymatdir. Ideal gazning hajmi o‘zgarmas bo‘lganda bosimi nolga intiladigan holdagi chegaraviy temperatura temperaturaning **absolut noli** deyiladi. Absolut nol temperaturada molekullarning ilgarilama harakati to‘xtaydi. Shuningdek, aytib o‘tish kerakki, tabiatda absolut nol temperaturadan past temperatura bo‘lishi mumkin emas.

U. Kelvin temperaturaning absolut shkalasini joriy etgan. Absolut shkaladagi (Kelvin shkalasi) nol temperatura absolut nolga mos keladi, bu shkalada temperaturaning har bir birligi Selsiy shkalasining gradusiga teng. Absolut temperaturaning birligi XBSda Kelvin deb ataladi va k harfi bilan belgilanadi.

Bolsman doimiysi. (2) tenglikni gazning 0°C va 100°C temperaturalari uchun qo‘llasak, $\theta_{100} - \theta_0 = k (T_2 - T_1)$ bu tenglikdan $k = (\theta_{100} - \theta_0) / (T_2 - T_1)$ ga ega bo‘lamiz va uning qiymati quyidagiga teng: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$. Bu k – koefitsient gazlar molekular-kinetik nazariyasining asoschilaridan biri avstraliyalik fizik olim Bolsman sharafiga **Bolsman doimiysi** deb ataladi. Bolsman doimiysi energetik birliklarda ifodalangan θ temperaturani Kelvin hisobida ifodalangan T temperatura bilan bog‘laydi. Bolsman doimiysi 1 K temperaturaga mos kelgan gaz molekulasi o‘rtacha kinetik energiyasini ifodalaydi.

Absolut shkala bilan Selsiy shkalasi oʻrtasidagi munosabat. Bolsman doimiysini bilgan holda absolut nolning Selsiy shkalasidagi qiymatini topish mumkin. Absolut temperaturaning 0°C ga mos keladigan qiymatini topamiz, ya'ni 0°C da $kT_l = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ boʻlganligi uchun.

$$T_l = \frac{3,76 \cdot 10^{-21}}{1,38 \cdot 10^{-23}} \text{ K} \approx 273 \text{ K}$$



Bir Kelvin bilan Selsiy shkalasining bir gradusi bir xil. Ammo absolut temperatura T ning har bir qiymati Selsiy shkalasidagi mos temperatura t dan 273 gradus yuqori boʻladi.

$$T = t + 273 \quad (4).$$

Biroq absolut temperaturaning oʻzgarishi ΔT temperaturaning Selsiy shkalasi boʻyicha oʻzgarishi Δt ga teng, ya'ni $\Delta T = \Delta t$. (4) ifodaga koʻra temperaturaning absolut shkalasi bilan Selsiy shkalasi oʻrtasidagi solishtirilishishi keltirilgan (7- rasm).

Temperatura – gaz molekullari ilgarilanma harakatining oʻrtacha kinetik energiyasining oʻlchovi. Gazlar molekular kinetik nazariyasining asosiy tenglamasini

$$P = \frac{2}{3} n \cdot \overline{E_k} \quad \text{yoki} \quad \frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \overline{E_k} \quad (5)$$

koʻrinishda yozib, uni

$$\frac{pV}{N} = \theta = kT \quad (6)$$

deb belgilagan edik. (5) va (6) tengliklarning chap tomonlari teng boʻlganligi uchun oʻng tomonlarini oʻzaro tenglaymiz:

$$\frac{2}{3}\overline{E_k} = kT \text{ Bundan}$$

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT \quad (7)$$

kelib chiqadi.

Gaz molekularining ilgarilanma harakat oʻrtacha kinetik energiyasi uning absolut temperaturasiga toʻgʻri proporsional. Demak, **temperatura molekular oʻrtacha kinetik energiyasining oʻlchovi** ekan. Temperatura qancha yuqori boʻlsa, molekular shuncha katta tezlik bilan harakat qiladi, chunki (7)dan

$$\frac{m_0\overline{v}^2}{2} = \frac{3}{2}kT \quad (8)$$

ekanligi koʻrinib turibdi. (8) ifodaga koʻra gaz molekularining oʻrtacha kvadratik tezligi quyidagiga teng:

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad (9).$$

Molyar massa taʼrifiga koʻra, $M = m_o \cdot N_A$ ekanligini eʼtiborga olsak, (9) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$\overline{v} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}} \quad (10).$$

Bolsman doimiysi k bilan Avogadro doimiysi N_A ning koʻpaytmasi universal (molyar)gaz doimiysi deb ataladi va R harfi bilan belgilanadi:

$$R = k \cdot N_A \quad (11).$$

(11) ifodaga koʻra, universal (molyar)gaz doimiysining son qiymatini hisoblaymiz:

$$R = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}.$$

(10) ifodaga ko‘ra gaz molekularning o‘rtacha kvadratik tezligini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad (12).$$

Molekulalarning tezligini aniqlashga imkon beradigan tajribalardan birini nemis olimi Shtern taklif qilgan. **Shtern tajribasi** orqali topilgan o‘rtacha kvadratik tezlik nazariy topilgan o‘rtacha kvadratik tezlik bilan deyarli bir xil ekanligi tasdiqlandi.

Gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy $p = \frac{2}{3} n \cdot \bar{E}_k$ tenglamasiga (7) ifodani qo‘ysak, quyidagi tenglikka ega bo‘lamiz:

$$p = \frac{2}{3} n \cdot \frac{3}{2} kT = n \cdot k \cdot T; \quad p = n \cdot k \cdot T \quad (13).$$

Demak, gazning bosimi gaz molekularining konsentratsiyasiga va absolut temperaturasiga proporsional ekan.

Tabiatda uchraydigan gazlar, masalan, havo turli gazlar aralashmasidan iborat. Shuning uchun gaz molekularining umumiy konsentratsiyasi n turlicha gaz molekulari konsentratsiyalarining yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$n = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i. \quad (14).$$

(13) tenglikka asosan

$$n = \frac{p}{kT}, \quad n_1 = \frac{p_1}{kT}, \quad n_2 = \frac{p_2}{kT}, \dots, \quad n_i = \frac{p_i}{kT}, \quad (15).$$

hosil bo‘ladi. Bu yerda $p_1, p_2, \dots, p_i$ lar turli xil gazlarning aralashmadagi parsial bosimlari. **Aralashmadagi ma’lum bir gazning parsial bosimi deb idishda boshqa turdagi gazlar bo‘lmaganida alohida shu gazning hosil qilgan bosimiga aytiladi.** (15) tenglikni (14) ifodaga qo‘yib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_i \quad (16).$$

Demak, gazlar aralashmasining natijaviy bosimi parsial bosimlarining yig'indisiga teng ekan. Bu xulosaga birinchi marta ingliz fizigi Dalton tajriba natijalari orqali kelganligi uchun u **Dalton qonuni** deb yuritiladi.

Nazorat uchun savollar

1. *Temperaturani o'lchaydigan asbob nima deb ataladi? U qanday darajalangan?*

2. *Temperaturaning qanday o'lchov birliklarini bilasiz?*

3. *Selsiy temperaturasi bilan Kelvin temperaturasini bog'lovchi formulani yozing va ular orasidagi bog'lanishni Kelvin va Selsiy shkalalari asosida izohlang.*

4. *Gazning temperaturasi bilan uning molekularining o'rtacha kinetik energiyasi orasidagi bog'lanishni ifodalovchi ifodani yozing va uni izohlang.*

5. *Gaz bosimining absolut temperaturaga va gaz molekularining konsentrasiyasiga bog'liqlik ifodasini yozing va uni izohlang.*

6. *Gazlar aralashmasining natijaviy bosimini hisoblaydigan Dalton formulasini yozing va uni izohlang.*

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Massasi $2 \cdot 10^{-26}$ kg bo'lgan uglerod atomining kinetik energiyasi $2,5 \cdot 10^{-19}$ J bo'lsa, uning harakat tezligi qanday bo'ladi?

Berilgan: $m_o = 2 \cdot 10^{-26}$ kg; $E_k = 2,5 \cdot 10^{-19}$ J; $v = ?$

Yechish: uglerod atomining kinetik energiyasini uning tezligi orqali ifodalaymiz. Bu ifodadan tezlikning qiymatini aniqlaymiz:

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_o}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{2 \cdot 10^{-26} \text{ kg}}} = 5000 \text{ m / s.}$$

Javob: 5000 m/s.

2. Vodorod molekulasining -173°C temperaturadagi oʻrtacha kvadratik tezligini aniqlang.

Berilgan: $T = -173 + 273 \text{ K} = 100 \text{ K}$; $M = 2 \text{ g/mol}$; $\bar{v} = ?$

Yechish: gaz molekularining oʻrtacha kvadratik tezligini hisoblashning temperaturaga va gazning molyar massasiga bogʻliqlik formulasidan foydalanamiz:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \text{ J} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 100 \text{ K}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{mol}}} = 1116 \text{ m/s}.$$

Javob: 1116. m/s.

3. Qanday temperaturadagi vodorod molekularining oʻrtacha kvadratik tezligi 580 K temperaturadagi geliy gazi molekularining oʻrtacha kvadratik tezligiga teng boʻladi.

Berilgan: $M_1 = 2 \text{ g/mol}$; $M_2 = 4 \text{ g/mol}$; $T_2 = 580 \text{ K}$; $\bar{v}_1 = \bar{v}_2$; $T_1 = ?$

Yechish: gaz molekularining oʻrtacha kvadratik tezligini hisoblashda temperaturaga va gazning molyar massasiga bogʻliqlik formulasidan foydalanamiz:

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

Bu ifodalarni oʻzaro tenglab vodorod gaziga tegishli boʻlgan temperaturani hisoblaymiz.

$$T_1 = \frac{M_1 T_2}{M_2} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{mol} \cdot 580 \text{ K}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{mol}} = 290 \text{ K}$$

Javob: 290 K.

4. Xonadagi harorat 27°C va bosim 110 kPa ga teng. Xona devorining 1 m^2 sirt yuziga 1 s davomida uriladigan havo molekularining sonini baholang.

Berilgan: $T = 27 + 273\text{K} = 300\text{ K}$; $p = 11 \cdot 10^4\text{ Pa}$; $S = 1\text{ sm}^2 = 10^{-4}\text{ m}^2$; $t = 1\text{ s}$; $N = ?$

Yechish: havo molekulalarining t vaqt ichida devorga urilishi natijasida devor oladigan kuch impulsini aniqlaylik: $F \cdot t = N \cdot m_0 \Delta \bar{v}_x = N \cdot m_0 2 \bar{v}_x$, m_0 – bitta molekulaning massasi, N – devorga urilayotgan molekulalar soni, $\bar{v}_x$ – devorga tik yo‘nalishda harakatlanayotgan molekulalarning o‘rtacha kvadratik tezligi. Devor oladigan kuchni gazning bosimi orqali ifodalaymiz: $F = p \cdot S$. By tenglikdan va $m_0 = M/N_A$ hamda $\bar{v}_x = \bar{v} / 3$ ni e‘tiborga olib, devorning S yuzasiga t vaqt ichida uriladigan molekulalar sonini baholaymiz:

$$T_1 = \frac{M_1 T_2}{M_2} = \frac{2 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol} \cdot 580\text{ K}}{4 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}} = 290\text{ K} . \text{ Bundan}$$

$$N = \frac{3p \cdot S \cdot N_A \cdot t}{2\sqrt{3}RMT} =$$

$$\frac{3 \cdot 11 \cdot 10^4\text{ Pa} \cdot 10^{-4}\text{ m}^2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} / \text{mol} \cdot 1\text{ s}}{2\sqrt{3} \cdot 8,31\text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \cdot 29 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol} \cdot 300\text{ K}} = 6,6 \cdot 10^{23} .$$

Javob: $6,6 \cdot 10^{23}$ ta.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Qanday temperaturada kislorod molekulasining o‘rtacha kvadratik tezligi 600 m/s ga bo‘ladi? (**j: 462 K**)

2. Gaz molekulalari ilgarilanma harakatining o‘rtacha kinetik energiyasi $16,56 \cdot 10^{-21}\text{ J}$ bo‘lgan gazning temperaturasi aniqlang. (**j: 800 K**)

3. Qanday temperaturadagi geliy molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligi 300 K temperaturadagi vodorod molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligiga teng bo‘ladi? (**j: 600 K**)

4. Molekulalar konsentratsiyasi $1,5 \cdot 10^{27} \text{m}^{-3}$ va bosimi $8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bo'lgan bir atomli gaz molekulalarining o'rtacha kinetik energiyasi nimaga teng? (**j: $8 \cdot 10^{-22} \text{ J}$**)

5. Balondagi gaz – 73°C gacha sovutildi. Agar gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi ikki marta kamaygan bo'lsa, gaz dastlab qanday temperaturasi bo'lgan? (**j: 800 K**)

6. Gaz temperaturasi 150°C ga oshirilganda, molekulalarning o'rtacha kvadratik tezligi 250 dan 500 m/s gacha ortdi. Bu tezlikni 500 dan 750 m/s gacha oshirish uchun gaz temperaturasini qanchaga ko'tarish kerak bo'ladi? (**j: 250 K**)

7. Miqdori ikki mol bo'lgan gazning idish devorlariga beradigan bosimi 10 kPa ga teng. Gaz egallab turgan hajmni aniqlang. Gazning temperaturasi 300 K. (**j: $0,5 \text{ m}^3$**)

8. Idishga qamalgan havoning idish devorlariga berayotgan bosimi 100 kPa va temperaturasi 300 K ga teng bo'lsa, havo molekulalari orasidagi o'rtacha masofani baholang. (**j: $3,4 \cdot 10^{-9} \text{ m}$**)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Issiqlik muvozanatida turgan ikkita turli jismning qanday parametrlari bir xil bo'ladi?

A) bosimi B) zichligi C) harorati D) hajmi

2. Temperaturaning fizik ma'nosi nima?

A) molekulalar o'rtacha kinetik energiyasining o'lchovi

B) molekulalarning vaqt birligidagi to'qnashishlar sonining o'lchovi

C) modda agregat holatining tavsiflaydi

D) gaz bajaradigan ishning o'lchovi

3. Temperaturaning fizika ma'nosi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

- A) modda ichki energiyasining o'lchovi
- B) molekularning ilgarilanma harakati o'rtacha kinetik energiyasining o'lchovi
- C) moddaning birlik massasiga to'g'ri keluvchi issiqlik harakatining o'lchovi
- D) moddaning bir moliga to'g'ri keluvchi issiqlik miqdorining o'lchovi

4. Quyidagi tasdiqlarning qaysi biri to'g'ri?

- 1) doimiy bosimli gazning zichligi temperaturaga bog'liq;
 - 2) gazning bosimi molekular konsentratsiyasi va temperatura bilan aniqlanadi;
 - 3) normal sharoitda 1 mol gazning hajmi uning molyar massasiga bog'liq;
 - 4) normal sharoitda molekularning konsentratsiyasi hamma gazlar uchun bir xildir
- A) 1,2 B) 1,2,4 C) 1,2,3 D) 2,3,4

5. Ballondagi geliy gazining harorati 127°C dan 527°C gacha ko'tarilsa, gaz zichligi qanday o'zgaradi?

- A) 4 marta ortadi B) 2 marta ortadi
- C) 4 marta kamayadi D) o'zgarmaydi

6. Ballondagi kislorodning harorati 327°C dan 27°C gacha pasaysa, undagi gaz molekularining konsentratsiyasi qanday o'zgaradi?

- A) 4 marta ortadi B) 2 marta ortadi
- C) 4 marta kamayadi D) o'zgarmaydi

7. Uyning isitish tarmog'ida isitish qozonidan issiqlik qanday usulda uzatilishini aniqlang.

- A) issiqlik o'tkazuvchanlik B) konveksiya
- C) nurlanish D) issiqlik o'tkazuvchanlik va nurlanish

- 8.** Quyoshdan Yerga energiya qaysi usulda uzatiladi?
 A) konveksiya C) nurlanish B) issiqlik o'tkazuvchanlik
 D) konveksiya, issiqlik o'tkazuvchanlik va nurlanish
- 9.** Molekular fizika va termodinamikadagi SI sistemasiga kirgan asosiy birliklarni ko'rsating.
 A) mol; Pa B) K; Pa C) mol; J D) mol; K.
- 10.** Temperaturaning pastki chegarasi absolut shkala bo'yicha nimaga teng (K)?
 A) -27 B) -273 C) -100 D) 0
- 11.** Temperaturaning Selsiy shkalasi bo'yicha pastki chegarasi nimaga teng ($^{\circ}\text{C}$)?
 A) $-\infty$ B) -273 C) -100 D) 0
- 12.** Ideal gazning boshlangich temperaturasi 500 K . Uning temperaturasi 12% ortdi. Gazning oxirgi temperaturasi necha Kelvin?
 A) 620 B) 660 C) 530 D) 560
- 13.** Ikkita bir xil idishga 2 moldan bir xil temperaturali ikki xil gaz solingan. To'g'ri tasdiqlarni toping: 1) molekullarning o'rtacha kinetik energiyalari bir xil; 2) molekullarning o'rtacha kvadratik tezliklari bir xil; 3) gazlarning bosimlari har xil; 4) molekula konsentratsiyalari har xil
 A) 1,2 B) 1 C) 2 D) 3,4
- 14.** Universal gaz doimiysining fizik ma'nosini qanday tushunasiz?
 A) bir mol ideal gaz temperaturasi o'zgarmas bosimda 1 K ga o'zgartirganda bajarilgan ish.
 B) bir mol ideal gaz temperaturasi 1 K ga o'zgartirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori.

- C) 1 mol miqdor gazdagi molekulalar soni
 D) normal sharoitda gaz bosimi bilan hajmining ko'paytmasi

15. Suv molekulasining o'rtacha kinetik energiyasi uning 100°C haroratli suvida kattami, yoki shunday temperaturali bug'idami? To'g'ri javobni tanlang.

- A) ikkalasida teng B) bug'ida katta
 C) suvda katta D) javoblar ichida to'g'risi yo'q.

16. Normal sharoitda idish bir xil massadagi vodorod, azot va kislorod bilan to'ldirilgan. Idish germetik ravishda berkitilgan. Qaysi gaz molekulasining o'rtacha kvadratik tezligi eng katta?

- A) vodorod B) azot C) kislorod D) hammasiniki bir xil

17. Atmosfera havosidagi qaysi gazning molekulasi eng tez harakatlanadi: kislorodnikimi, vodorodnikimi, karbonat angidridnikimi?

- A) kislorodniki B) vodorodniki
 C) karbonat angidridniki
 D) molekulalar o'rtacha tezligi uchala gazda bir xil

18. Gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi ifodalarini ko'rsating:

$$1) \sqrt{\frac{3RT}{M}} \quad 2) \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad 3) \sqrt{\frac{3p}{m_0 n}} \quad 4) \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

- A) 1, 2, 3, 4 B) 1, 2, 3 C) 1, 2 D) 2, 3

19. Gazning mutlaq temperaturasi 9 marta ortganida, molekularning o'rtacha kvadratik tezligi necha marta ortadi?

- A) 3 B) $\sqrt{3}$ C) 2 D) 9

20. Gazning absolut 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

21. Ideal gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi 4 marta ortishi uchun gazning absolut temperaturasini qanday o'zgartirish kerak?

- A) 2 marta orttirish B) 2 marta kamaytirish
C) 16 marta orttirish D) 4 marta kamaytirish

22. Temperaturasi 287°C bo'lgan azot molekulasining o'rtacha kvadratik tezligi qanchaga teng bo'ladi (m/s)? $M_{\text{azot}} = 28 \text{ g/mol}$.

- A) 280 B) 706 C) 565 D) 354

23. Qanday haroratda vodorod molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi 3 km/s bo'ladi

- A) 722 K B) 1000 K C) 335 K D) 520 K

24. Ushbu $\bar{\epsilon} = \frac{2\bar{E}}{3k}$ ifodada $\bar{E}$ – ideal gaz molekulasining o'rtacha kinetik energiyasi, k Bolsman doimiysi bo'lsa, x qanday kattalik bo'ladi?

A) bosim B) absolut temperatura C) molekulaning o'rtacha tezligi D) molekulalarning konsentratsiyasi

25. Qanday temperaturadagi kislorod gazi molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi 100 K temperaturadagi vodorod molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligiga teng bo'ladi (K)?

- A) 1600 B) 800 C) 320 D) 160

26. Gaz temperaturasi 150°C ga oshirilganda, molekullarning o'rtacha kvadratik tezligi 300 dan 600 m/s gacha ortdi. Bu tezlikni 600 dan 1200 m/s gacha oshirish uchun gaz temperaturasini yana qanchaga ko'tarish kerak bo'ladi (K)?

- A) 500 B) 300 C) 400 D) 600

27. Havoda muallaq harakatlanayotgan chang zarrachasining o'rtacha kvadratik tezligi havo molekullarining o'rtacha kvadratik tezligidan necha marta kichik? Chang zarrachasining massasi $4,8 \cdot 10^{-10}$ kg, $M_{\text{havo}} = 29$ kg/kmol.

- A) 10^5 B) $3 \cdot 10^6$ C) 10^8 D) $3 \cdot 10^{10}$

28. Bir mol bir atomli ideal gaz molekullarining o'rtacha kinetik energiyalari yig'indisi quyidagi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A) $E_k = 3kT$ B) $E_k = 3/2 RT$ C) $E_k = 3/2 kT$ D) $E_k = 3RT$

29. Bir xil sharoitda vodorod molekulasi o'rtacha kvadratik tezligi kattami yoki kislorodnikimi? Necha marta katta?

- A) vodorodniki, 4 marta B) kislorodniki, 4 marta
C) vodorodniki, 2 marta D) ikkalasini teng

30. Gazning qaysi parametri $\frac{p}{k \cdot T}$ ifodadan aniqlanishi mumkin? Bu yerda: p – gazning bosimi, k – Bolsman doimiysi, T – absolut temperatura.

- A) hajm B) bosim
C) temperatura D) molekullar konsentratsiyasi

31. 400 K temperatura 138 kPa bosimda gaz molekullarining konsentratsiyasi nimaga teng (m^{-3})?

- A) $2,5 \cdot 10^{25}$ B) $5 \cdot 10^{25}$ C) $1,38 \cdot 10^7$ D) $2,76 \cdot 10^6$

32. Agar o'lchami $2,5 \times 4 \times 3 \text{ sm}^3$ bo'lgan idishdagi gazning bosimi 831 mm sim. ust., temperaturasi 127°C bo'lsa, undagi molekulalar soni nechta?

- A) $8 \cdot 10^{20}$ B) $6 \cdot 10^{20}$ C) $2,5 \cdot 10^{27}$ D) $2,4 \cdot 10^{23}$

33. Berk idishdagi modda miqdorlari bir xil bo'lgan azot va vodorod gazlarining parsial bosimlarini taqqoslang. Moddalarning molyar massalari: $M_A = 28 \text{ g/mol}$; $M_V = 2 \text{ g/mol}$ ga teng.

- A) $P_A = P_V$ B) $P_A = 14P_V$ B) $P_A = 28P_V$ D) $P_V = 14P_A$

34. Gaz molekulalarining konsentratsiyasi 2 marta kamayib, harorati 2 marta ortsa, uning bosimi qanday o'zgaradi?

- A) 2 marta kamayadi B) 2 marta ortadi
C) 4 marta kamayadi D) o'zgarmaydi

35. Usti ochiq idishdagi 30°C haroratli gazning zichligini 2 marta kamaytirish uchun, uning temperaturasini qanchaga o'ttirish kerak bo'ladi?

- A) 293 K B) 273 K C) 303 K D) 40 K

36. Normal sharoitda idish bir xil massadagi vodorod, azot va kislorod bilan to'ldirilgan. Qaysi gazning parsial bosimi eng katta bo'ladi?

- A) kislorod B) azot C) vodorod D) hammasiniki bir xil

37. Agar kislorod solinib, ishlatiluvchi maxsus yostiqa gazning massasi ish davomida 20% ga kamaygan bo'lsa, uning bosimi dastlabki bosimga nisbatan necha marta kamaygan bo'ladi?

- A) 1,2 B) 1,25 C) 1,5 D) 2

38. 27°C haroratda simob bugʻlarining bosimi 0,75 Pa ga teng boʻlsa, 1 sm³ hajmdagi simob atomlarining soni qanchaga teng?

A) $6,023 \cdot 10^{23}$ B) $1,8 \cdot 10^{14}$ C) $1,38 \cdot 10^{23}$ D) $3 \cdot 10^{15}$

39. Normal sharoitdagi hajmi 1 l boʻlgan havo molekularining sonini aniqlang.

A) $6 \cdot 10^{26}$ B) $6 \cdot 10^{23}$ C) $2 \cdot 10^{20}$ D) $2,7 \cdot 10^{22}$

40. Idishga qamalgan havoning idish devorlariga berayotgan bosimi 10 kPa va temperaturasi 300 K ga teng boʻlsa, havo molekulari orasidagi oʻrtacha masofani baholang (m).

A) $8 \cdot 10^{-8}$ B) $1,6 \cdot 10^{-8}$ C) $3,4 \cdot 10^{-8}$ D) $7,4 \cdot 10^{-8}$

III BOB. IDEAL GAZNING HOLAT TENGLAMASI. GAZ QONUNLARI

6- §. Ideal gazning holat tenglamasi

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

Ideal gazning muvozzat holatini tavsiflovchi parametrlarning o'zaro bog'lanishini ifodalovchi matematik tenglikka shu gazning holat tenglamasi deyiladi.

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

$$p = n \cdot k \cdot T \quad (1).$$

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

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot k \cdot T \quad (2).$$

Agar ifodadagi ko‘paytma $k \cdot N_A = R = 8,31 \frac{J}{mol \cdot K}$, ya’ni gazlarning universal doimiysi ekanligini etiborga olsak, (2) tenglama quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$pV = \frac{m}{M} \cdot RT \quad (3).$$

Bu tenglamani rus olimi D. Mendeleyev va fransuz olimi Klapayron ishining natijalaridan keltirib chiqargan. Shu boisdan (3) ifoda **Mendeleyev-Klapayron tenglamasi** deyiladi. Mendeleyev-Klapayron tenglamasini barcha ideal gazlarga qo‘llash mumkin. Bu tenglama ideal gazning holatini aniqlaganligi uchun gazning holat tenglamasi ham deb ataladi.

Mendeleyev-Klapayron tenglamasini 1 mol gaz uchun yozsak:

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

ko‘rinishda bo‘ladi. Normal sharoitda ($p_0 = 101325 \text{ Pa}$, $T_0 = 273 \text{ K}$) Avogadro qonuniga ko‘ra har qanday 1 mol gaz egallagan hajm $V_0 = 22,4 \text{ l} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ekanligidan

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{273 \text{ K} \cdot \text{mol}} \approx 8,31 \frac{J}{\text{mol} \cdot K}$$

ga ega bo‘lamiz.

Ideal gazning holat tenglamasini biror jarayon sodir bo‘lgan gazning (miqdori o‘zgarmagan $m = \text{const}$) ikki holati uchun qo‘llaylik:

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \frac{m}{M} \cdot RT_1 \\ p_2 V_2 &= \frac{m}{M} RT_2 \end{aligned} \quad (5).$$

(5) tenglamalar sistemasining birinchi tenglamasini ikkinchiga hadma-had bo'lsak, u quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (6).$$

Bu tenglamadan quyidagi xulosa kelib chiqadi

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

Demak, gazda ixtiyoriy jarayon sodir bo'lganda, uning bosimi va hajmi ko'paytmasining absolut temperaturasiga nisbati berilgan gaz massasi uchun o'zgarmay qolaveradi. Ideal gazning (6) va (7) ko'rinishdagi holat tenglamasiga **Klapeyron tenglamasi** deb ataladi. Klapeyron tenglamasi o'zgarmas massali ideal gazning holat tenglamasining bir ko'rinishidir.

Issiqlik hodisalarini tadqiq qilishda holat tenglamasini bilish zaruriydir. 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.

Nazorat uchun savollar

1. *Qanday tenglama ideal gazning holat tenglamasi deyiladi?*
2. *Ideal gazning holat tenglamasini keltirib chiqaring.*
3. *Mendellev-Klapeyron tenglamasidan foydalanib, Klapeyron tenglamasini keltirib chiqaring.*
4. *Universal gaz doimiysi nimaga teng? Bu sonning fizik ma'nosini izohlang.*
5. *Holat tenglamasini bilishning ahamiyati nimada?*

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Temperaturasi 17°C bo'lgan 83 l havo normal sharoitda qancha massaga ega?

Berilgan: $T = 17 + 273\text{ K} = 290\text{ K}$; $V = 83\text{ l} = 83 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$; $p = 10^5\text{ Pa}$; $M = 29\text{ g/mol} = 29 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}$; $m = ?$

Yechish: havoning massasini hisoblash uchun ideal gazning holat tenglamasidan foydalanamiz: $pV = \frac{m}{M} \cdot RT$

$$m = \frac{pVM}{RT} = \frac{10^5\text{ Pa} \cdot 83 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3 \cdot 29 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}}{8,31\text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \cdot 290\text{ K}} = 0,1\text{ kg}.$$

Javob: $0,1\text{ kg}$.

2. Idishda 831 kPa bosimda turgan azot zichligini aniqlang. Idishdagi harorat 127°C ga teng.

Berilgan: $p = 8,31 \cdot 10^5\text{ Pa}$; $T = 127 + 273\text{ K} = 400\text{ K}$; $M = 28\text{ g/mol} = 28 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}$; $m = ?$

Yechish: azot gazining zichligini hisoblash uchun ideal gazning holat tenglamasidan foydalanamiz:

$$pV = \frac{m}{M} \cdot RT = \frac{\rho V}{M} \cdot RT \cdot$$

$$\rho = \frac{pM}{RT} = \frac{8,31 \cdot 10^5\text{ Pa} \cdot 28 \cdot 10^{-3}\text{ kg/mol}}{8,31\text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \cdot 400\text{ K}} = 7\text{ kg/m}^3.$$

Javob: 7 kg/m^3 .

3. Massasi $0,2\text{ kg}$ gaz 27°C temperaturada va 300 kPa bosimda 831 l hajmni egallaydi. Bu qanday gaz?

Berilgan: $m = 0,2\text{ kg}$; $T = 27 + 273\text{ K} = 300\text{ K}$; $V = 831 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$; $p = 3 \cdot 10^5\text{ Pa}$; $M = ?$

Yechish: moddaning turini aniqlash uchun uning molyar massasini aniqlash kerak, buning uchun ideal gazning holat

tenglamasidan foydalanamiz: $pV = \frac{m}{M} \cdot RT$.

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{0,2\text{kg} \cdot 8,31\text{J} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 300\text{K}}{3 \cdot 10^5 \text{Pa} \cdot 831 \cdot 10^{-3} \text{m}^3} = 2 \cdot 10^{-3} \text{kg} / \text{mol}.$$

Javob: $M = 2 \text{ g/mol}$ – vodorod gazi.

4. Ballonda 27°C temperaturali gaz 40 atm . bosim hosil qiladi. Gazning yarmi chiqarib yuborilganda, temperatura 12°C bo‘lib qolgan bo‘lsa, qaror topgan bosim qanchaga teng bo‘ladi?

Berilgan: $T_1 = 27 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$; $p_1 = 40 \text{ atm}$; $m_2 = m_1/2$; $T_2 = 12 + 273 \text{ K} = 285 \text{ K}$; $p_2 = ?$

Yechish: ballonning hajmi o‘zgarmas. Qaror topgan bosimni aniqlash uchun ideal gazning holat tenglamasini gazning ikkita holati uchun qo‘llaymiz: $p_1V = \frac{m_1}{M} \cdot RT_1$, $p_2V = \frac{m_2}{M} \cdot RT_2$.

Bu tenglamalarni hadma-had bo‘lib, p_2 ni hisoblaymiz:

$$p_2 = \frac{m_2 T_2 \cdot p_1}{m_1 T_1} = \frac{m_1 / 2 \cdot 285\text{K} \cdot 40\text{atm.}}{m_1 \cdot 300\text{K}} = 19 \text{ atm.}$$

Javob: $p_2 = 19 \text{ atm}$.

5. Shisha butilka probka bilan yopilgan. Butilka ichidagi temperatura 7°C va bosim 100 kPa ga teng. Probka butilkadan otilib chiqishi uchun uni qanday temperaturagacha qizdirish kerak? Butilkani qizdirmasdan probkani 30 N kuch bilan sug‘irib olish mumkin. Probkaning ko‘ndalang kesim yizi – 2 sm^2 .

Berilgan: $T_1 = 7 + 273 \text{ K} = 280 \text{ K}$; $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$; $F = 30 \text{ N}$; $S = 2 \text{ sm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$; $T_2 = ?$

Yechish: butilkaning hajmi o‘zgarmas uning ichidagi gazning massasi ham o‘zgarmas. Gazning boshlang‘ich

va oxirgi holatlari uchun ideal gazning holat tenglamasini qo'llaymiz: $p_1 V = \frac{m}{M} \cdot RT_1$, $p_2 V = \frac{m}{M} \cdot RT_2$.

Bu tenglamalarni hadma-had bo'lib va $p_2 = F/S$ bo'lishligini e'tiborga olib, T_2 ni hisoblaymiz:

$$T_2 = \frac{p_2 \cdot T_1}{p_1} = \frac{F \cdot T_1}{S \cdot p_1} = \frac{30N \cdot 280K}{2 \cdot 10^{-4} m^{-2} \cdot 10^5 Pa} = 420 K.$$

Javob: $T_2 = 420 K$.

6. Hajmi 20 sm^3 bo'lgan idishdan havo butkul so'rib olingan. Idish kranining nosozligi tufayli har sekunda idish ichiga 10^{10} ta havo molekulasini kirayotgan bo'lsa, qancha vaqtdan keyin idish ichidagi bosim normal sharoitda 100 kPa ga teng bo'ladi?

Berilgan: $V = 20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$; $t_0 = 1 \text{ s}$ $N_0 = 10^{10}$; $p = 10^5 \text{ Pa}$; $T = 273 \text{ K}$; $t = ?$

Yechish: idish ichidagi havo bosimi 100 kPa ga teng bo'lgan vaziyatda idish ichidagi havo molekulari sonini aniqlaylik. Buning uchun gaz bosimining temperaturaga bog'liqlik ifodasidan foydalanamiz:

$p = nkT = \frac{N}{V} kT$. Bu ifodadan $N = \frac{pV}{kT}$. Idishga havo molekulari o'zgarmas tezlikda oqib kiradi deb olib idishga kirgan molekular soni bilan ularni idishga kirish vaqti o'rtasidagi mutanosiblikni tuzamiz:

$$N_o \sim t_o \rightarrow \\ N \sim t$$

$$\frac{N_o}{N} = \frac{t_o}{t}, \quad t = \frac{N t_o}{N_o} = \frac{p V t_o}{N_o k T} = \frac{10^5 Pa \cdot 20 \cdot 10^{-6} m^3 \cdot 1 s}{10^{10} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} J / K \cdot 273 K} = \\ = 5,309 \cdot 10^{10} s = 1,48 \cdot 10^7 \text{ soat}.$$

Javob: $t = 1,48 \cdot 10^7 \text{ soat}$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Bosimi 0,45 MPa va harorati 52°C bo'lganda 1 kmol gaz qanday hajmni egallaydi? (**J: 6m³**)
2. Hajmi 0,05 m³ va temperaturasi 500 K bo'lgan gazning bosimi 166 kPa. Modda miqdorini aniqlang. (**J: 2 mol**)
3. Temperaturasi 367°C va bosimi $8,31 \cdot 10^5$ Pa bo'lgan kislorod gazining zichligi qanday? (**J: 5 kg/m³**).
4. 2m³ hajmda 7°C temperaturali 4 kg azot qanday bosimga ega bo'ladi? (**J: 166 kPa**)
5. Hajmi 1,6 l bo'lgan idishga massasi 16 g bo'lgan gaz solingan. Idishdagi gazning bosimi 1 MPa va temperaturasi 112°C ga teng. Ballondagi gaz turini aniqlang. (**J: kislorod**)
6. Ballondagi ideal gazning qancha qismi chiqib ketsa, uning bosimi uch marta, temperaturasi esa ikki marta kamayadi? (**J: 1/3 qismi**)
7. Yopiq idishda harorati 87°C, bosimi 7,5 MPa bo'lgan gaz bor. Gazning 1/5 qismi chiqarib yuborilganda, temperatura 27°C gacha pasaygan bo'lsa, idishdagi bosim qanday bo'lib qoladi? (**J: 5 MPa**)
8. 8,31 l hajmli ballonda 0,3 kg karbonat angidrid bor. Ballon $3 \cdot 10^6$ N/m² bosimgacha chidaydi. Qanday temperaturada portlash xavfi tug'iladi? (**J: 440 K**)
9. Xona isitgich yordamida 18°C dan 27°C gacha isitildi. Bunda xonadagi havo molekulalarining qanday qismi tashqariga chiqib ketadi? Xona ichidagi bosimni o'zgarmas deb hisoblang. (**J: 3%**)
10. Agar ishlatilishi natijasida balondagi gazninig massasi 20 foizga kamayib, bosimi esa ikki marta pasaysa, balondagi harorati qanday o'zgaradi? (**J: 37,5% ga pasayadi**)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Gazning zichligi qanday ifoda yordamida hisoblanadi?

A) $\rho = \frac{PM}{RT}$ B) $\rho = \frac{RT}{PM}$ C) $\rho = \frac{PTM}{R}$ D) $\rho = \frac{PR}{TM}$

2. Hajmlari teng bo'lgan uchta idishning har biriga bir xil miqoridagi N_2 , O_2 va CO_2 gazlar solingan. Gazlarning temperaturalarini bir xil bo'lsa, idishdagi bosimlar qanday munosabatda bo'ladi?

A) $P_{N_2} = P_{O_2} = P_{CO_2}$ B) $P_{N_2} > P_{O_2} > P_{CO_2}$
C) $P_{CO_2} > P_{O_2} > P_{N_2}$ D) $P_{CO_2} > P_{O_2} < P_{N_2}$

3. Hajmi 300 m^3 , bosimi $83,1 \text{ kPa}$ va temperaturasi 27°C bo'lgan kislorodning massasini aniqlang (kg).

A) 200 B) 100 C) 320 D) 150

4. -73°C temperatura va $83,1 \text{ kPa}$ bosimda azot qanday zichlikka ega bo'ladi (kg/m^3)? $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$.

A) 0,1 B) 0,7 C) 0,14 D) 1,4

5. 17°C temperaturada havo zichligi qanchaga teng (kg/m^3)? Atmosfera bosimi 10^5 Pa , havoning molyar massasi 29 g/mol ga teng deb oling.

A) 1,2 B) 1,7 C) 2,9 D) 29

6. Normal sharoitda 400 mol metan (CH_4)gazi qancha hajmni egallaydi (m^3)?

A) 9 B) 32 C) 11,2 D) 22,4

7. Massasi 40 g gaz 600 K temperaturada va $16,62 \text{ MPa}$ bosimda 6 l hajmni egallaydi. Bu qanday gaz?

A) vodorod B) kislorod C) geliy D) azot

8. 0,4 kg gaz 27°C temperaturada va 300 kPa bosimda 831 l hajmni egallaydi. Bu qanday gaz?

A) geliy B) kislorod C) azot D) karbonat angidrid

9. 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

10. 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

11. Hajmi 40 l bo'lgan idishda gaz solingan bo'lib, uning temperaturasi 400 K va bosimi 200 kPa ga teng. Idishdagi gazning miqdorini aniqlang.

A) 3,2 mol B) 1,6 mol C) 4,8 mol D) 2,4 mol

12. 3 V va 4 V hajmli ikkita idishda 3 mol va 6 mol gaz bor. Agar idishlardagi bosim bir xil bo'lsa, ulardagi temperaturalar qanday nisbatda bo'ladi?

A) $T_1 = 2 \cdot T_2$ B) $T_1 = T_2$ C) $T_1 = 1,5 \cdot T_2$ D) $T_1 = 6 \cdot T_2$

13. Yopiq idishdan gazning yarmi chiqarib yuborildi. Idishdagi gaz bosimi avvalgicha qolishi uchun gazning absolut temperaturasini qanday o'zgartirish kerak?

A) 2 marta orttirish B) 3 marta orttirish
C) 4 marta orttirish D) 2 marta pasaytirish

14. Ballondagi ideal gazning massasi 16 marta oshirilib, harorati 4 marta kamaytirilsa, uning bosimi qanday o'zgaradi?

A) o'zgarmaydi B) 4 marta ortadi
C) 4 marta kamayadi D) 16 marta ortadi

15. Ballon ventilining nosozligi tufayli gaz chiqaradi. Agar ballon ichidagi m massali gazning bosimi ikki marta kamaygan bo'lsa, undan qancha gaz chiqib ketgan? $T = const$.

- A) $m/2$ B) $m/4$ C) $m/3$ D) $m/5$

16. Bir xil sharoitdagi teng massali kislorod (V_1) va geliy (V_2) hajmini taqqoslang.

- A) $V_1 = V_2$ B) $V_2 = 16 \cdot V_1$ C) $V_1 = 8 \cdot V_2$ D) $V_2 = 8 \cdot V_1$

17. Bir xil massali argon va vodorod gazlari bir xil idishga qamalgan. Qaysi gazning bosimi katta? $M_a = 40$ g/mol; $M_v = 2$ g/mol ga teng.

- A) argonning B) vodorodning
C) bir xil D) Javob idish hajmiga bog'liq

18. Harorati 27°C bo'lgan 50 mol gazning bosimini toping (Pa)? Gazning hajmi 10 l.

- A) $5 \cdot 10^4$ B) $5 \cdot 10^5$ C) $124,6 \cdot 10^5$ D) $249 \cdot 10^5$

19. Bir xil sharoitda kislorod gazining zichligi azot gazining zichligidan necha marta farq qiladi?

- A) $8/7$ marta kichik B) $8/7$ marta katta
C) 8,31 marta kichik D) 8,31 marta katta.

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

- A) vodorod B) kislorod C) azot D) bosimlar teng

21. Temperaturasi 27°C bo'lgan $5 \times 10 \times 3$ m³ o'lchamli xonadagi havo miqdorini aniqlang (mol). Atmosfera bosimi 10^5 Pa ga teng.

- A) $6 \cdot 10^3$ B) $3 \cdot 10^6$ C) $6 \cdot 10^4$ D) $6 \cdot 10^5$

22. Bir xil temperaturadagi suv bug'i (H_2O) va metan (CH_4) gazining bosimlari teng bo'lishi uchun ularning zichliklari qanday nisbatda bo'lishi kerak?

A) 9: 8 B) 8: 9 C) 9: 16 D) 16: 9

23. 8,31 l hajmli idishda 140 g azot gazi 3,5 MPa bosim ostida bo'lsa, uning temperaturasi nimaga teng(K)?

A) 700 B) 273 C) 8 D) 70

24. Normal sharoitda havoning zichligi – 1,29 kg/m³. Havoning molyar massasini aniqlang (kg/mol).

A) $0,29 \cdot 10^{-3}$ B) $2,9 \cdot 10^{-3}$ C) $29 \cdot 10^{-3}$ D) $29 \cdot 10^{-2}$

25. Gazning bosimi – 16,6 kPa, zichligi – 0,02 kg/m³, molyar massasi – 2 g/mol. Gazning temperaturasi necha Kelvin?

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

26. Gaz temperaturasi 4 marta ortganda hajmi 4 marta ortsa, gaz bosimi qanday o'zgargan?

A) o'zgarmagan B) 2 marta ortgan
C) 2 marta kamaygan D) 4 marta ortgan

27. Ballondagi 8,31 l hajmli 0,1 mol gazning 27°C temperaturadagi bosimini hisoblang (Pa).

A) $2 \cdot 10^5$ B) $3 \cdot 10^5$ C) $4 \cdot 10^5$ D) $3 \cdot 10^4$

28. Agar 27°C da 6 m³ gaz bosimi 1 N/sm² bo'lsa, shu gazning hajmi 2 m³, temperaturasi 47°C bo'lganda, bosimi qancha bo'ladi (kPa)?

A) 25 B) 36 C) 20 D) 32

29. Gaz temperaturasi 300 K ga ko'tarilganda, bosimi va hajmi 2 marta ortgan bo'lsa, uning oxirgi temperaturasini toping (K).

A) 1200 B) 900 C) 600 D) 400

30. Agar ballondan gaz chiqishi natijasida gazning massasi 1,5 marta, temperaturasi 1,4 marta kamaygan bo'lsa, bosim necha marta pasaygan bo'ladi?

A) 1,5 marta B) 1,4 marta C) 2,1 marta D) 2,9 marta

31. Ideal gaz temperaturasi 300 K ga ko'tarilganda, bosimi va hajmi 2 marta ortgan bo'lsa, uning dastlabki temperaturasini toping (K).

A) 75 B) 100 C) 150 D) 250

32. 5 ta bir xil hajmli idishlar gazlar bilan to'ldirilgan: 1) azot; 2) havo; 3) kislorod; 4) geliy; 5) vodorod. Agar gazlarning massalari va temperaturalari bir xil bo'lsa, qaysi idishda bosim eng kichik?

A) 1 B) 2 C) 4; 5 D) 3

33. 5 ta bir xil hajmli idishlar gazlar bilan to'ldirilgan: 1) azot; 2) havo; 3) kislorod; 4) geliy; 5) vodorod. Agar gazlarning massalari va temperaturalari bir xil bo'lsa, qaysi idishda bosim eng katta?

A) 5 B) 2 C) 4; 5 D) 1; 3

34. $0,8 \text{ m}^3$ hajmli gaz 300K temperaturada bosimi $2,8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ga teng. Shu gaz $3,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosimda $1,4 \text{ m}^3$ hajmni egallasa, uning temperaturasi qanchagacha o'zgargan?

A) 330 K B) 600 K C) 300 K D) 150 K

35. Teng hajmli havo sharlariga teng miqdorda vodorod, azot va geliy gazlari qamaldi. Qaysi gaz solingan sharning ko'tarish kuchi eng katta bo'ladi?

- A) azot B) geliy C) vodorod D) bir xil

36. Ikkita bir xil ballonning birida vodorod, ikkinchisida kislorod gazi bor. Gazlarning massalari va temperaturalari bir xil bo'lganda, qaysi gazning bosimi katta va necha marta katta bo'ladi?

- A) vodorod, 16 marta B) kislorod, 16 marta
C) vodorod, 8 marta D) kislorod, 8 marta

37. Agar ideal gazning hajmi va harorati 2 marta oshirilsa, uning bosimi necha marta o'zgaradi?

- A) o'zgarmaydi B) 4 marta ortadi
C) 4 marta kamayadi D) 16 marta ortadi

38. Ideal gazning mutloq harorati 4 marta, hajmi 2 marta orttirilsa, uning bosimi qanday o'zgaradi?

- A) 2 marta kamayadi B) 2 marta ortadi
C) 4 marta kamayadi D) 4 marta ortadi

39. $0,8 \text{ m}^3$ hajmli gazning 300 K temperaturada bosimi $-2,8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Shu gaz $0,7 \text{ m}^3$ hajmda $1,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bosimni bersa, u qanday temperaturada (K)?

- A) 300 B) 250 C) 200 D) 150

40. Ballonda 27°C haroratli, 4 MPa bosim ostida siqilgan gaz turibdi. Gazning yarmi chiqarilganda va temperaturasi 15°C ga pasaygan bo'lsa, uning bosimini toping (MPa).

- A) 1,9 B) 1,8 C) 2 D) 1,5

41. Bir xil sharoitda O_2 gazining zichligi N_2 gazining zichligidan necha marta farq qilishini toping.

- A) teng B) 8/7 marta katta
C) 8/7 marta kichik D) 1,5 marta katta

42. Gazning bosimi 12 marta ortsa, hajmi esa 3 marta kamaysa, uning absolut temperaturasi qanday o'zgarishini aniqlang.

- A) 3 marta kamayadi B) 3 marta ortadi
C) 10 marta ortadi D) 4 marta ortadi

43. Ideal gazning harorati 4 marta orttirilib, hajmi 2 marta kamaytirilsa, bosim qanday o'zgarishini aniqlang.

- A) 2 marta kamayadi B) 2 marta ortadi
C) 4 marta ortadi D) 8 marta ortadi

44. Miqdori 1 kmol bo'lgan gaz 100 kPa bosim ostida va 100°C temperaturada qanday hajmni egallaydi (m^3)?

- A) 8,31 B) 16,62 C) 31 D) 6,2

45. Biror balandlikda havoning bosimi 83,1 kPa va temperaturasi -43°C ga teng bo'lsa, shu balandlikdagi havoning zichligini aniqlang (kg/m^3). $M_h = 29 \text{ g/mol}$.

- A) 0,46 B) 0,36 C) 0,23 D) 1,26

46. $V = 300 \text{ l}$ hajmli ballon temperaturasi 273°C va bosimi 100 atm bo'lgan gaz bilan to'ldirilgan. Shu gazning normal sharoitdagi hajmini toping (m^3).

- A) 9,3 B) 15 C) 7,8 D) 10,5

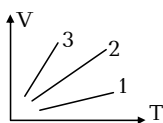
47. $8,31 \text{ m}^3$ hajmli ballon har sekundda 2,5 g dan vodorod gazi bilan to'ldirilmoqda. Ballondagi bosimni $1,8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ gacha yetkazish uchun qancha vaqt kerak bo'ladi (min). Gazning temperaturasi 27°C ga teng.

- A) 10 B) 8 C) 5 D) 1,8

48. Germetik ballonda 1 g massaga ega bo'lgan noma'lum gaz -23°C temperaturada 60 kPa bosimni vujudga keltirdi, xuddi shu balonning o'zida 0,05 kg massali kislorod gazi 47°C temperaturada 480 kPa bosimga ega bo'ladi. Noma'lum gazning molyar massasini (g/mol) toping.

- A) 2 B) 4 C) 18 D) 28

49. Kislorod, geliy va karbonat angidrid gazlari izobar isitilgandagi hajmlarining temperaturaga bog'lanish grafiklari rasmda diagrammada tasvirlangan. Gazlarning massalari va bosimlari bir xil. Qaysi grafik qaysi gazga mos keladi?



- A) 1-He, 2-O₂, 3-CO₂
 B) 1-CO₂, 2-O₂, 3-He
 C) 1-He, 2-CO₂, 3-O₂
 D) 1-O₂, 2-He, 3-CO₂

50. Havo sharlari bir xil hajmgacha: birinchisi vodorod bilan, ikkinchisi azot bilan, uchinchi geliy bilan to'ldirilgan. Ularning qaysi biri eng katta ko'tarish kuchiga ega?

- A) azotlisi B) geliylisi
 C) vodorodlisi D) hammasining ko'tarish kuchi bir xil

51. Ballondagi gazning chiqib ketishi natijasida bosimi 2 marta, temperaturasi 1,5marta kamaygan bo'lsa, gazning qanchasi chiqib ketgan (%)?

- A) 25 B) 50 C) 75 D) 20

52. Jo'mrak bilan tutashtirilgan ikkita idish bor. Jo'mrak yopiq. Birinchi idishdagi gazning bosimi P_1 va hajmi V_1 bo'lib, ikkinchi idishdagi bosim P_2 va hajmi V_2 ga teng. Jo'mrak ochib yuborilgandan so'ng idishlarda qanday bosim yuzaga keladi? Temperatura o'zgarmas deb olinsin.

$$\text{A) } \frac{(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)}{V_1 + V_2} \quad \text{B) } \frac{(P_1 + P_2)(V_1 + V_2)}{V_1 + V_2}$$

$$\text{C) } \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_1 + V_2} \quad \text{D) } \frac{(P_2 - P_1)(V_1 - V_2)}{V_1 + V_2}$$

53. Silindrik idish to'siq orqali uch qismga bo'lingan, qismlarning hajmlari V_1 , V_2 va V_3 ga teng bo'lib, ularda P_1 , P_2 va P_3 bosimli gazlar bor. Agar temperatura o'zgarmay qolsa, to'siqlar olingandan keyin idishdagi bosim nimaga teng bo'lishini aniqlang.

$$\text{A) } \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2 + P_3 V_3}{V_1 + V_2 + V_3} \quad \text{B) } \frac{(P_1 + P_2 + P_3)}{V_1 + V_2 + V_3}$$

$$\text{C) } \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2 - P_3 V_3}{V_1 + V_2 + V_3} \quad \text{D) } \frac{(P_2 - P_1)(V_1 - V_2)}{P_3 V_3}$$

54. Quyidagi tasdiqlardan qaysi biri to'g'ri?

1) doimiy bosimli gazning zichligi temperaturaga bog'liq;
 2) gazning bosimi molekular konsentratsiyasi va temperatura bilan aniqlanadi; 3) normal shroitda 1 mol gazning hajmi uning molyar massasiga bog'liq. 4) normal sharoitda molekularning konsentratsiyasi hamma gazlar uchun bir xil.

A) 1,2 B) 1,2,4 C) 1,2,3 D) 2,3,4

55. Ballondagi gazning bir qismi ishlatilgandan so'ng bosimi 75% ga kamaygan bo'lsa, uning massasi necha marta kamaygan? $T = \text{const}$.

A) 1,4 B) 1,33 C) 4 D) 2

56. Ideal gaz absolut temperaturasining uch marta ko'tarilishi bosimning ikki marta ortishiga olib kelgan bo'lsa, hajm birligidagi molekulalar soni qanday o'zgargan?

- A) o'zgarmagan B) 2 marta kamaygan
C) 2 marta oshgan D) 1,5 marta kamaygan

57. Maxsus idishda 4,8 atm. bosim ostida gaz bor. Agar idishdagi gazning $\frac{3}{8}$ qismi chiqarib yuborilsa, unda qanday bosim (atm) qaror topadi? Harorat o'zgarmas.

- A) 3 B) 1,8 C) 2 D) 3,8

58. Ballondagi gazning bir qismi chiqib ketishi natijasida bosimi 2,1 marta, temperaturasi 1,4 marta pasaygan bo'lsa, ballondagi gaz massasi necha marta kamaygan?

- A) 2,1 B) 1,4 C) 2,94 D) 1,5

IV BOB. IDEAL GAZ QONUNLARI

Gaz bir holatdan boshqa holatga o'tganda uning makroskopik parametrlari (p , V , T) o'zgaradi. O'zgarmas massali gaz holatining o'zgarishlarida uch parametrdan biri o'zgarmasdan saqlanib, qolgan ikkitasi o'zgarishi mumkin. Bunday hollarda sodir bo'ladigan jarayonlarga **izojarayonlar** deyiladi. Izojarayonlar uch xil bo'ladi: **izotermik**, **izobarik** va **izoxorik**.

7- §. Izotermik jarayon

Berilgan ideal gazning massasi va temperaturasi o'zgarmas bo'lganda gaz holatining o'zgarish jarayoni **izotermik jarayon** deyiladi. O'zgarmas massali berilgan ideal gaz uchun o'zgarmas temperaturada gaz hajmining uning bosimiga bog'liqligi ingliz olimi R. Boyl va fransuz olimi E. Mariott tomonidan aniqlangan bo'lib, bu bog'liqlik **Boyl-Mariott** qonuni deb ataladi.

Gaz temperaturasini o'zgartirmay saqlab turish uchun gaz solingan idish termostat deb ataluvchi idish ichiga joylashtiriladi. Aks holda, gaz siqilganda yoki kengayganda uning temperaturasi o'zgaradi. Ideal gazning holat tenglamasini, $T = \text{const}$ bo'lgan hollarda qarab chiqamiz.

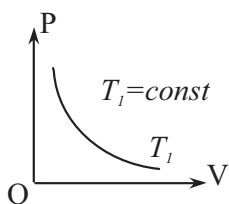
$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} R \cdot T \text{ va } p_2 V_2 = \frac{m}{M} R \cdot T \quad (1).$$

(1) ifodaning o'ng tamoni tengligidan

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (2)$$

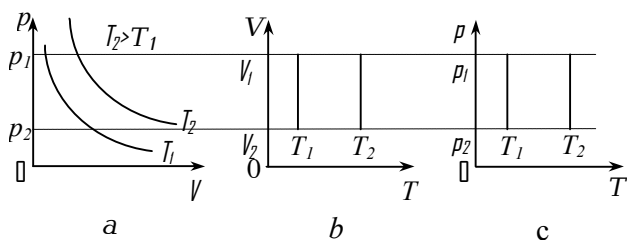
ega bo'lamiz. Yuqoridagi keltirgan ifodalardan quyidagi xulosa kelib chiqadi. **Izotermik jarayonda berilgan mas-**

sali gaz uchun gaz bosimining hajmga ko'paytmasi o'zgarmas bo'ladi, ya'ni $m = \text{const}$, $T = \text{const}$, $pV = \text{const}$.



8- rasm

Boyl-Mariott qonuni atmosfera bosimiga (kichik bosim ostidagi siyrak gazlar uchun) yaqin bosim sharoitlarida har qanday gaz uchun, shuningdek, gazlarning aralashmasi uchun ham to'g'ri bajariladi. Atmosfera bosimidan bir necha yuz marta ortiq bo'lganda, bu qonunni gazlarga qo'llash yaxshi natija bermaydi. Bunga sabab gaz katta bosim ostida siqilganda, gaz molekulari bir-biriga juda yaqin keladi ular orasida vujudga keladigan itarish kuchi gazning siqilishiga to'sqinlik qiladi. 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 8-rasmda grafik ko'rinishda tasvirlangan. Mazkur bog'lanish (pV) diagrammada egri chiziq (giperbola) tarzida aks etadi, u **izoterma chizig'i** deyiladi. Gaz izotermasi bosim bilan hajm o'rtasidagi teskari proporsional munosabatni tasvirlaydi, ya'ni $p \sim 1/V$.



9- rasm

Turli o'zgarmas temperaturalarga turli izotermalar mos keladi. Agar $V = \text{const}$ bo'lsa, ΔT temperaturaga ko'tarilganda, $pV = \frac{m}{M} \cdot RT$ holat tenglamasiga ko'ra bosim ortadi. Shuning uchun T_2 temperaturaga mos keladigan izoterma o'ngroqda va T_1 temperaturaga mos keladigan izotermadan yuqorida yotadi (9- a rasm). 9- b, c rasmda izotermik jarayonning izoterma chizig'i $p(V)$ va $p(T)$ koordinatalarda berilgan.

Boyl-Mariott qonuni gazning zichligi bilan bosimi orasidagi bog'lanish tarzida ham ifodalanishi mumkin. Haqiqatan, gazning birinchi va ikkinchi holatlari uchun zichliklari mos ravishda

$$\rho_1 = m/V_1 \text{ va } \rho_2 = m/V_2 \quad (4)$$

bo'ladi. Shu ifodaning bir-biriga nisbatini olsak, Boyl-Mariott qonuni uchun

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2} \quad (5)$$

ifoda hosil bo'ladi, ya'ni izotermik jarayonda gaz zichligi hajmga teskari (bosimga to'g'ri) proporsional ravishda o'zgaradi.

Nazorat uchun savollar

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

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Ideal gaz 10^5 Pa bosimda 2 m^3 hajmni egallaydi. Temperatura o'zgarmaganda, shu gaz 400 kPa bosimda qanday hajmni egallaydi?

Berilgan: $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$; $V_1 = 50 \text{ l}$; $T = \text{const}$; $p_2 = 4 \cdot p_1$; $V_2 = ?$

Yechish: $T = \text{const}$ – izotermik jarayon tenglamasi $p_1 V_1 = p_2 V_2$ dan foydalanib, gazning ikkinchi holatidagi hajmini topamiz:

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} \quad V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{10^5 \text{ Pa} \cdot 2 \text{ m}^3}{4 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 0,5 \text{ m}^3$$

Javob: $0,5 \text{ m}^3$.

2. Normal atmosfera bosimi sharoitida ideal gaz 50 l hajmni egallaydi. Agar bosim 4 marta ortsa, gaz qancha hajmni egallaydi (l)? Harorat o'zgarmas.

Berilgan: $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$; $V_1 = 50 \text{ l}$; $T = \text{const}$ $p_2 = 4 \cdot p_1$; $V_2 = ?$

Yechish: $T = \text{const}$ – izotermik jarayon tenglamasi $p_1 V_1 = p_2 V_2$ dan foydalanib gazning ikkinchi holatidagi hajmini topamiz:

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} \quad V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{p_1 V_1}{4 p_1} = \frac{V_1}{4} = \frac{50 \text{ l}}{4} = 12,5 \text{ l}$$

Javob: $12,5 \text{ l}$

3. Havo pufakchasi suv havzasining tubidan suv yuziga chiqquncha 4 marta kattalashdi. Havzaning chuqurligi qanday? Suvning ustki va pastgi qismlarda temperaturani bir xil deb hisoblang.

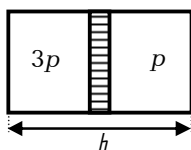
Berilgan: $V_2 = 4 \cdot V_1$; $T = \text{const}$ $h = ?$

Yechish: $T = \text{const}$ – izotermik jarayon tenglamasi $p_1 V_1 = p_2 V_2$ dan 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 – suv ustida turgan havo pufakchasining ichidagi bosim, u atmosfera bosimiga teng; $p_2 = p_0$. Ushbu tengliklarni e'tiborga olib quyidagi ifodaga ega bo'lamiz: $(p_0 + \rho gh) \cdot V_1 = p_0 \cdot 4 \cdot V_1$. Bundan havzaning chuqurligini topamiz:

$$h = \frac{3p_0}{\rho g} = \frac{3 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 10} = 30 \text{ m}.$$

Javob: 30 m.



4. Uzunligi h bo'lgan yopiq silindrik idishni ishqalanishsiz siljiydigan porshen teng ikkiga ajratib turibdi. Porshen shu vaziyatda mahkamlab qo'yilgan holda, silindrning har ikkala yarmi ideal gaz bilan to'ldirildi. Bunda bir tomondagi bosim ikkinchi tomondagidan 3 marta katta bo'ldi. Agar porshen bo'shatilsa, u qancha masofaga siljiydi? Jarayonni izotermik deb oling.

Berilgan: $p_1 = 3p$; $p_2 = p$; $T = \text{const}$; $h_1 = h_2 = h/2$; $\Delta h = ?$

Yechish: Porshen bo'shatilsa u bosim kichik tomonga qarab siljiy boshlaydi va ikkala tomondagi bosimlar tenglashganda uning siljishi to'xtaydi. Porshenning siljish masofasini Δh bilan belgilaylik. Porshen to'xtagan vaziyatda silindrning har ikkala tomonida bir xil bosim qaror topadi, bu bosimni p^* bilan belgilaylik. $T = \text{const}$ bo'lganligi uchun silindrning har ikkala tomonlariga alohida izotermik jarayon tenglamasini qo'llaymiz: $p_1 V_1 = p^* V_1^*$, $p_2 V_2 = p^* V_2^*$.

Bu tenglamalardagi hajmlarning ifodalarini yozamiz: $V_1 = S \cdot h/2$, $V_1^* = S(h/2 + \Delta h)$, $V_2 = S \cdot h/2$, $V_2^* = S(h/2 - \Delta h)$. Izotermik jarayon tenglamalarini hadma-had bo'lib va hajmlarning ifodalarini e'tiborga olib quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{p^* V_1^*}{p^* V_2^*} = \frac{S(h/2 + \Delta h)}{S(h/2 - \Delta h)} = \frac{h + 2\Delta h}{h - 2\Delta h}$$

yoki

$$\frac{3p}{p} = \frac{h + 2\Delta h}{h - 2\Delta h}$$

ushbu tenglikdan Δh masofani topamiz: $\Delta h = \frac{h}{4}$.

Javob: $\Delta h = \frac{h}{4}$.

7. Hami 2,4 litr meoriy (normal) bosimda turgan ballonga nasosdan havo damlanmoqda. Nasos silindrining hajmi 0,08 litr. Nasos porshening 30 marta to'liq harakatidan so'ng, ballonda qanday bosim qaror topadi?

Berilgan: $V = 2,4 \text{ l} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$; $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$; $V_n = 0,08 \text{ l} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$; $N = 30$ ta; $T = \text{const}$; $P_n = ?$

Yechish: porshen bir to'liq harakatida ballon ichiga bosimi P_0 va V_0 hajmli havoni haydaydi. Demak, porshen N marta harakatlanganda esa ballon ichiga $N \cdot V_0$ hajmga teng havoni soladi. Nasosning N marta harakati natijasida balonga berilgan parsial bosim P va balonning V hajmi (temperaturani o'zgarmas deb hisoblab) uchun Boyle-Mariott qonuni ifodasini yozamiz, ya'ni $P \cdot V = N \cdot P_0 \cdot V_0$ bundan $P = P_0 \frac{V_0}{V} N$. U holda ballon ichidagi natijaviy bosim uchun quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$P_n = P_0 + P = P_0 \left(\frac{V_0}{V} N + 1 \right)$$

Ifodaga berilgan kattaliklarning son qiymatini qo'yib, ballon ichida hosil bo'lgan bosimni hisoblaymiz:

$$P_n = 10^5 \left(\frac{8 \cdot 10^{-5}}{2,4 \cdot 10^{-3}} \cdot 30 + 1 \right) = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Javob: $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Silindrsimon idishda porshen ostida ma'lum massali gaz bor. Agar porshen silindr balandligining $1/3$ qismiga tushirilsa, undagi gazning bosimi qanday o'zgaradi? Temperatura o'zgarmas. (**J: $P_2 = 1,5 \cdot P_1$**)

2. Agar o'zgarmas temperaturada bo'lgan gazning bosimi 380 mm simob ustunidan 1,5 atm. gacha o'zgarsa, uning hajmi qanday o'zgaradi? (**J: $V_2 = \frac{V_1}{3}$**)

3. Ideal gaz 6 l hajmdan 4 l hajmgacha izotermik siqildi. Bunda gazning bosimi 0,6 normal atmosfera bosimiga ortdi. Gazning dastlabki bosimini qanday bo'lgan? (**J: $1,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$**)

4. Chuqurligi 35 m bo'lgan ko'lining tubidan havo pufakchasi suv sirtiga ko'tarilmoqda. Pufakcha suv yuziga yetishigacha 5 m qolganda uning hajmi suv tubidagiga nisbatan qanday o'zgaradi? Suvning ustki va pastgi qismlarda temperaturani bir xil deb hisoblang. (**J: $V_2 = 3 V_1$**)

5. Hajmi $0,02 \text{ m}^3$ va ichidagi gazning bosimi $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bo'lgan idish, havosi so'rib olingan hajmi $0,06 \text{ m}^3$ bo'lgan bo'sh idishga ulandi. Idishlarda qanday bosim qaror topadi? Haroratni o'zgarmas deb oling. (**J: 50 kPa**)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Izotermik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi?

- A) doimiy bosim ostida B) doimiy hajmda
C) doimiy haroratda D) doimiy issiqlik sig' imida

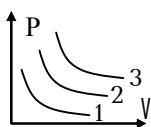
2. Boyle-Mariott ideal gaz parametrlari uchun qanday bog'lanishni o'rgangan?

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

3. Izotermik jarayonda gazning bosimi 2 marta ortdi. Bunda gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi qanday o'zgardi?

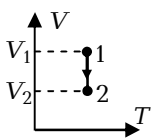
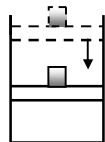
- A) 2 marta ortdi B) 2 marta kamaydi
C) o'zgarmaydi D) 2 marta kamaydi

4. Chizmadagi grafikda uchta izoterma tasvirlangan. Ulardan qaysi biri eng yuqori temperaturaga mos keladi?



- A) 1
B) 2
C) 3
D) $T_1 = T_2 = T_3$

5. Silindrdagi gazning qisilish jarayoni qanday jarayon deb ataladi? Gazning hajmi va haroratining o'zgarishi grafikda berilgan.



- A) izoxorik
B) adiabatik
C) izotermik
D) izobarik

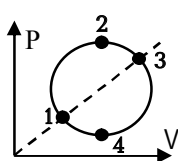
6. Izotermik jarayonda gaz bosimi 6 marta kamaysa, idishdagi molekular konsentratsiyasi qanday o'zgarishini toping.

- A) 3 marta kamayadi B) 6 marta kamayadi
C) 3 marta oshadi D) 6 marta oshadi

7. Izotermik jarayonda gaz bosimi 3 marta ortdi. Bunda gaz konsentratsiyasi qanday o'zgaradi?

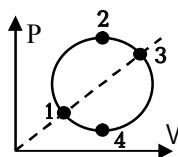
- A) o'zgarmadi B) 3 marta ortdi
C) 3 marta kamaydi D) 9 marta kamaydi

8. Rasmda muayyan massali ideal gaz bosimining hajmga bog'lanish grafigi keltirilgan. Grafikning qaysi nuqtasi gazning maksimal temperaturasi to'g'ri keladi?



- A) 1
B) 2
C) 3
D) 4

9. Rasmda muayyan miqdordagi gaz bosimining hajmiga bog'lanish grafigi keltirilgan. Grafikning qaysi nuqtasi ideal gazning minimal temperaturasi to'g'ri keladi?



- A) 1
B) 2
C) 3
D) 4

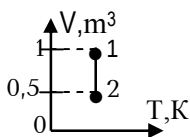
10. Qaysi jarayonda molekullarning ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi o'zgarmaydi?

- A) izobarik B) izoxorik C) izotermik D) adiabatik

11. Izotermik jarayonda gazning bosimi 3 marta ortdi. Bunda gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi qanday o'zgardi?

- A) o'zgarmaydi B) 3 marta kamaydi
C) 3 marta ortdi D) 3 marta kamaydi

12. 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

13. Gaz V_1 hajmdan V_2 gacha izotermik siqilganda, bosim ΔP miqdorga ortdi. Boshlang'ich P bosimni qanday bo'lgan?

A) $P = \frac{V_2}{V_1 - V_2} \Delta P$ B) $P = \frac{V_1}{V_1 - V_2} \Delta P$

C) $P = \frac{V_1}{V_2} \Delta P$ D) $P = \frac{V_1 + V_2}{V_1 - V_2} \Delta P$

14. Hajmi 6 l bo'lgan gaz hajmi 4 l ga kelguncha izotermik ravishda siqildi. Natijada idishdagi gaz bosimi 4 kPa ga ortdi. Gazning boshlang'ich bosimi qanday bo'lgan (kPa)?

- A) 7 B) 4 C) 8 D) 5

15. Hami 3 litr meoriy (normal) bosimda turgan ballonga nasosdan havo damlanmoqda. Nasos silindrining hajmi 0,075 litr. Nasos porshening 60 marta to'liq harakatidan so'ng, ballonda qanday bosim qaror topadi (kPa)?

- A) 165 B) 270 C) 190 D) 230

16. Normal bosimda tuggan koptok kamerasiga nasosdan havo damlanmoqda. Nasos porshenining 40 marta to'liq harakatidan so'ng, kamera ichidagi bosim 1,8 atm etkazildi. Nasos silindrining hajmi koptok kamerasining hajmidan necha marta kichik?

- A) 70 B) 40 C) 80 D) 50

17. 30 m chuqurlikdagi ko'lining tubidan havo pufakchasi suv sirtiga ko'tarilganda, uning hajmi necha marta ortadi? Suvning ustki va pastki qismlarda temperaturani bir xil deb hisoblang.

- A) 20 B) 10 C) 3 D) 4

18. Havo pufakchasi suv havzasining tubidan suv yuziga chiqquncha 3,5 marta kattalashdi. Havzaning chuqurligi qanday? Suvning ustki va pastgi qismlarda temperaturani bir xil deb hisoblang.

- A) 50 B) 25 C) 40 D) 60

8- §. Izobarik jarayon

Muayyan massali ($m=const$) gazning bosimi o'zgarmas bo'lganda ($p=const$) sodir bo'ladigan jarayon **izobarik jarayon** deyiladi.

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-Klapayron)dan foydalanib keltirib chiqaramiz. Gazning holat tenglamasini izobarik jarayon sodir bo'lgan ($p_1 = p_2$) gazning ikki holatiga qo'llaymiz:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} \cdot R T_1, \quad p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2 \quad (1).$$

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

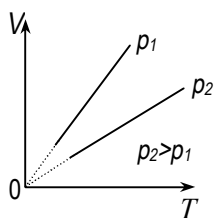
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ yoki} \quad (2).$$

Bu tenglamani quyidagi ko‘rinishda ham yozish mumkin.

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

Demak, izobarik jarayonda berilgan massali gaz hajmining absolut temperaturaga nisbati o‘zgarmas kattalik ekan. Bu qonun fransuz fizigi Gey-Lussak tomonidan tajribada topilganligi uchun **Gey-Lussak** qonuni deb ataladi. (3) tenglikni umumiy maxrajga keltirib,

$$V = \text{const} \cdot T \quad (4)$$



11- rasm

ko‘rinishda yozamiz. (4) ifodaga ko‘ra izobarik jarayonda berilgan massali gaz hajmi uning absolut temperaturasi to‘g‘ri proporsional ekan. Izobarik jarayonda berilgan gazning hajmi bilan temperaturasi orasidagi munosabatni ifodalovchi chiziq **izobara chizig‘i** deyiladi. Izo-

bara chizig‘i koordinata boshidan chiquvchi to‘g‘ri chiziqdan iborat (11- rasm). Demak, o‘zgarmas bosim sharoitida gazning hajmi temperaturaga chiziqli bog‘liq bo‘lar ekan.

Izobarik jarayonda gazning hajmi bilan absolut temperaturasi orasidagi bog‘lanishni Selsiy temperaturasi (t) orqali

ifodalasak, (4) ifoda quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$V = V_0(1 + \alpha \cdot t) \quad (5).$$

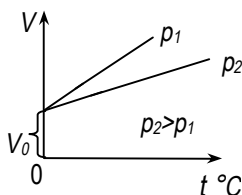
Bu yerda: V – gazning t – temperaturadagi hajmi, V_0 – 0°C dagi hajmi, α – gaz hajmi kengayishining temperaturaviy koeffitsienti. (5) ifodaga ko‘ra gaz hajmining nisbiy o‘zgarishi t – temperaturaga to‘g‘ri proporsionaldir:

$$\frac{V - V_0}{V_0} = \alpha \cdot t \quad (6).$$

(6) ifodaga ko‘ra, α gaz bir gradus temperaturaga qiziganida gaz hajmining nisbiy kengayishiga teng bo‘lib, bu koeffitsientning son qiymati hamma gazlar uchun bir xil bo‘lib $1/273$ ga teng ekanligi tajribalarda aniqlangan. Gaz hajmining o‘zgarishini $V - V_0 = \Delta V$ deb belgilab (6) ifodaga ko‘ra hajm kengayishining termik koeffitsientini quyidagicha ifodalaymiz:

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_0 t} \quad (7).$$

(5) ifodadan izobarik jarayonda berilgan massali gaz hajmi uning temperaturasiga chiziqli bog‘lanishda o‘zgaradi degan xulosa kelib chiqadi. Turli izobarik jarayonlar uchun (5) ifodaning grafigi 12- rasmda keltirilgan.



12- rasm

Har xil bosimlarga har xil izobaralar mos keladi. Temperatura o'zgarmay turganda, Boyle-Mariott qonuniga asosan, gazning bosimi ortganda, hajmi kamayganda bosimi ortadi. Shuning uchun yuqoriroq p_2 bosimga mos kelgan izobara pastroq p_1 bosimga mos kelgan izobaradan pastroqda yotadi. Katta bosimlarda Gey-Lussak qonunidan chetlanishlar kuzatilgan.

Nazorat uchun savollar

1. Qanday jarayon izobarik jarayon deyiladi?
2. Izobarik jarayon uchun Gey-Lussakning formulasini yozing va uni izohlang.
3. Izobara chizig'i nima va u qanday chiziqdan iborat?
4. Gazning har xil bosimlari uchun izobara chizing va ularni izohlang.
5. O'zgarmas bosimda gazning hajmiy kengayish termik koefitsienti qanday hisoblanadi?

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Harorati 27°C bo'lgan ideal gazning hajmi 10 l edi. Gaz izobarik ravishda 327°C gacha isitilgandagi hajmi qanday o'zgaradi?

Berilgan: $T_1 = 273 + 27 = 300\text{ K}$; $T_2 = 273 + 327 = 600\text{ K}$;
 $V_1 = 10\text{ l}$; $p = \text{const}$; $V_2 = ?$

Yechish: $p = \text{const}$ – izobarik jarayon tenglamasi dan foydalanib gazning isitilgandan keyingi V_2 hajmini hisoblaymiz:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{10\text{ l} \cdot 600\text{ K}}{300\text{ K}} = 20\text{ l}.$$

Javob: $V_2 = 20\text{ l}$.

2. Ideal gazning temperaturasi 67°C va hajmi 25 l . Bosim o'zgarmaganda, hajm $12,5\text{ l}$ ga teng bo'lishi uchun gazni qancha sovutish kerak?

Berilgan: $T_1 = 273 + 67 = 340\text{ K}$; $V_1 = 25\text{ l}$; $V_2 = 12,5\text{ l}$;
 $p = \text{const}$; $t_2 = ?$

Yechish: izobarik jarayon tenglamasi $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ dan foydalanib gazning sovitilgandan keyingi T_2 haroratini hisoblaymiz:

$$T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1} = \frac{12,5\text{ l} \cdot 340\text{ K}}{25\text{ l}} = 170\text{ K}.$$

$$\text{Bundan } t_2 = T_2 - 273 = 170 - 273 = -103^{\circ}\text{C}.$$

Javob: $t_2 = -103^{\circ}\text{C}$.

3. Gaz izobarik ravishda temperaturasini 6°C ga oshirilganda, gaz hajmi dastlabki qiymatining $1/200$ qismi qadar oshdi. Gazning dastlabki temperaturasini toping.

Berilgan: $p = \text{const}$; $\Delta T = \Delta t = 6\text{ K}$; $V_2 = V_1 + (1/200) V_1$;
 $T_1 = ?$

Yechish: $p = \text{const}$ – izobarik jarayon tenglamasi $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ dan hamda temperaturaning o'zgarishi $T_2 = T_1 + \Delta T$ dan foydalanib, gazning boshlang'ich temperaturasi T_1 ni topamiz:

$$\frac{V_1}{V_1 + \frac{1}{200} \cdot V_1} = \frac{T_1}{T_1 + \Delta T},$$

$$\text{bundan } T_1 = \frac{\Delta T}{\frac{1}{200}} = 200 \cdot \Delta T = 200 \cdot 6\text{ K} = 1200\text{ K}.$$

Javob: 1200 K .

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Ideal gaz 27°C da 30 l hajmni egallagan. Bosimni o'zgartirmasdan, hajmni 3 l ga o'ttirish uchun gazning temperaturasi qancha ko'tarish kerak? (**J: 30K**)

2. Ideal gaz o'zgarmas bosimda 27°C dan 54°C gacha isitilganda, gaz hajmi necha foizga ortadi? (**J: 9%**)

3. 1 m^3 hajmli silindrik idish yuzi $0,1\text{ m}^2$ bo'lgan porshen bilan yopilgan. Gazning absolut temperaturasi izobarik ravishda 4 marta pasaytirilganda, porshen qanday balandlikda bo'ladi? (**J: 2,5 m**)

4. Izobarik jarayonda gazning harorati 40 K ga ortganda, uning hajmi 2 l ga ortdi. Agar gazning harorati yana 20 K ga oshsa, hajmi dastlabki hajmga qaraganda qanchaga ortadi? (**J: 3 l**)

5. Gaz izobarik ravishda temperaturasi 10 K ga oshirilganda, gaz hajmi dastlabki qiymatining $\frac{1}{80}$ qismi qadar oshdi. Gazning dastlabki temperaturasi toping. (**J: 800 K**)

6. Massasi 3 kg bo'lgan ideal gaz 127°C haroratda erkin siljiydigan porshen ostida $2,5\text{ m}^3$ hajmni egallab turibdi. Qanday temperaturada porshen ostidagi gazning zichligi 2 kg/m^3 bo'ladi? (**240K**)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. O'zgarmas bosimdagi ideal gaz hajmining temperaturaga bog'liqligini tajribada kim o'rgangan?

A) Gey-Lussak B) Sharl C) Boyl D) Shtern

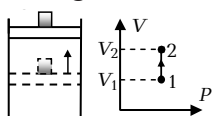
2. Ideal gaz uchun izobarik jarayonning ifodasini ko'rsating.

A) $P = nkT$ B) $PV = \text{const}$ C) $V/T = \text{const}$ D) $P/T = \text{const}$

3. O'zgarmas bosimdagi qanday boshlang'ich haroratli gaz 1°C ga isitilganda, uning hajmi ikki marta oshadi?

- A) 0°C B) 1°C C) -272°C D) 272°C

4. Silindrdagi gazning kengayish jarayoni qanday jarayon deb ataladi? Hajm va bosimning o'zgarishi rasmda ko'rsatilgan.



- A) izoxorik B) adiabatik
C) izotermik D) izobarik

5. Ideal gaz kengayishining termik koeffitsientini ko'rsating.

- A) $\Delta P/P_0$ B) $\Delta V/V_0$ C) $P/(P_0 T)$ D) $V/(V_0 T)$

6. Agar izobarik jarayonda ideal gaz hajmi 4 marta kamaygan bo'lsa, molekullarning o'rtacha kinetik energiyasi qanday o'zgargan?

- A) 4 marta kamaygan B) 2 marta kamaygan
C) 2 marta ortgan D) 4 marta ortgan

7. Idishdagi gaz temperaturasi 10°C . Gazning hajmi 2 marta ortishi uchun uni izobarik ravishda necha gradusga isitish kerak?

- A) 283 B) 566 C) 10 D) 273

8. Gaz izobarik siqilishi natijasida idishdagi gaz molekullarining konsentratsiyasi 10 martaga oshdi. Idishdagi molekullarning ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi qanday o'zgaradi?

- A) 5 marta kamayadi B) 10 marta kamayadi
C) 5 marta oshadi D) 10 marta oshadi

9. Ideal gaz o'zgarmas bosimda 27°C dan 72°C gacha isitilsa, uning hajmi necha foizga ortadi?

A) 30 B) 21 C) 42 D) 15

10. Ideal gaz 270 K ga izobarik ravishda sovitilganda, hajmi 4 marta kamaygan bo'lsa, uning dastlabki temperaturasi toping ($^{\circ}\text{C}$).

A) 87 B) 60 C) 1080 D) 807

11. 100°C temperaturadagi gazni izobarik ravishda necha gradusga qizdirganimizda, hajmi 2 marta ortadi?

A) 283 B) 566 C) 100 D) 373

12. Gaz 10 K ga izobarik qizdirilganda, hajmi 1,1 marta ortsa, u qanday temperaturada bo'lgan (K)?

A) 110 B) 150 C) 200 D) 100

13. Izobarik jarayonda ideal gaz molekulalarining ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi 2 marta kamaysa, hajm birligidagi molekulalar soni qanday o'zgaradi?

A) o'zgarmaydi B) 2 marta oshadi

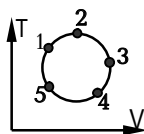
C) 2 marta kamayadi D) $\sqrt{2}$ marta kamayadi

14. O'zgarmas bosimda ideal gazni 0°C dan qanday haroratgacha ($^{\circ}\text{C}$) isitganda, uning hajmi 3 marta oshgan bo'ladi?

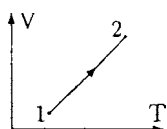
A) 546 B) 273 C) 100 D) 173

15. Rasmda o'zgarmas massali ideal gaz hajmining temperaturaga bog'liqligi ko'rsatilgan. Grafikda keltirilgan qaysi nuqtaga mos bo'lgan holatda gaz bosimi eng katta bo'ladi?

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4

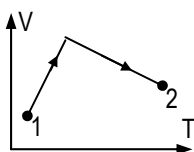


16. Gaz 1- holatdan 2- holatga o'tdi. Bunda gaz bosimi o'zgaradimi?



- A) kamayadi
- B) oshadi
- C) o'zgarmaydi
- D) oshishi ham, kamayishi ham mumkin

17. Gaz 1- holatdan 2- holatga o'tganda, ideal gazning bosimi qanday o'zgaradi?

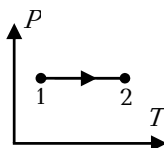


- A) o'zgarmaydi
- B) ortadi
- C) kamayadi
- D) bunday jarayon yo'q

18. Hajmi $0,1 \text{ m}^3$ bo'lgan silindrik idish yuzasi $0,03 \text{ m}^2$ bo'lgan porshen bilan berkitilgan. Idishdagi absolut temperatura izobarik ravishda 4 marta kamayganda, porshen qanchaga pasayadi (m)?

- A) 2 B) 1,5 C) 2,5 D) 4

19. Quyidagi rasmda ko'rsatilgandek, gaz 1- holatdan 2- holatga o'tkazildi. Bu qanday jarayon? Gazning zichligi qanday o'zgarishini aniqlang.



- A) izobarik, zichlik kamayadi
- B) izobarik, zichligi ortadi
- C) izoxorik, zichligi kamayadi
- D) izoxorik, zichlik ortadi

20. Ideal gaz o'zgarmas bosimda 9 K ga qizdirilganda, uning hajmi boshlang'ich hajmiga nisbatan 3% ga oshdi. Gazning boshlang'ich temperaturasi aniqlang.

- A) 300 K B) 290 K C) 333 K D) 320 K

21. Dastlabki temperaturasi 27°C bo'lgan ideal gaz izobarik kengayib, uning hajmi 24% ga oshdi. Uning keyin harorati qanday bo'lgan ($^{\circ}\text{C}$)?

- A) 87 B) 273 C) 372 D) 99

22. Massasi 2,6kg bo'lgan ideal gaz 27°C haroratda porshen ostida $1,3\text{m}^3$ hajmni egallab turibdi. Gaz izobarik kengayib uning zichligi $1,2\text{ kg/m}^3$ ga teng bo'lganda porshen ichida qanday harorat bo'ladi ($^{\circ}\text{C}$)?

- A) 127 B) 227 C) 500 D) 300

9- §. Izoxorik jarayon

Gaz bir holatdan ikkinchi holatga o'tishi o'zgarmas hajmda sodir bo'lsa, bunday jarayon **izoxorik jarayon** deyiladi. 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 tenglamasi (Mendeleyev-Klapayron)dan foydalanib keltirib chiqaramiz. Gazning holat tenglamasini izoxorik jarayon sodir bo'lgan ($V_1 = V_2$) ikki holatga qo'llaymiz:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} \cdot R T_1, \quad p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2 \quad (1).$$

Bu tenglamalarni hadma-had bo'lib quyidagi tenglikni hosil qilamiz:

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

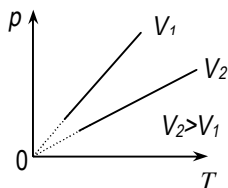
Bu tenglamani quyidagi ko'rinishda ham yozish mumkin.

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

Demak, **izoxorik jarayonda berilgan massali gaz bosimining absolut temperaturaga nisbati o'zgarmas kattalik ekan.** Bu qonuni fransuz fizigi Sharl tomonidan tajribada topilganligi uchun u Sharl qonuni deb ataladi. (3) tenglikni umumiy maxrajga keltirib,

$$p = \text{const} \cdot T \quad (4)$$

ko'rinishda yozamiz. (4) ifodaga ko'ra, izoxorik jarayonda berilgan massali gaz bosimi uning absolut temperaturasi-ga to'g'ri proporsional ekan. Izoxorik jarayonda berilgan gazning bosimi bilan temperaturasi orasidagi munosabatni ifodalovchi chiziq **izoxora chizig'i** deyiladi. (4) munosabatga ko'ra izoxora chizig'i koordinata boshidan chiquvchi to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi (13- rasm). Gazning har xil hajmlariga har xil izoxoralar mos keladi. Temperatura o'zgarmay turganda, gazning hajmi ortsa, Boyle-Mariott qonuniga asosan, gazning bosimi pasayadi. Shuning uchun kattaroq V_2 hajmga mos kelgan izoxora kichikroq V_1 hajmga mos kelgan izoxoradan pastroqda yotadi. Har qanday idishda yoki elektr lampochkasida isitilgan gaz bosimining ortishi izoxorik jarayon hisoblanadi. Izoxorik jarayondan o'zgarmas hajmli gaz termometrida foydalaniladi.



13- rasm.

Izoxorik jarayonda gazning bosimi bilan absolut temperaturasi orasidagi bog‘lanishni Selsiy temperaturasi (t) orqali ifodalasak, (4) ifoda quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

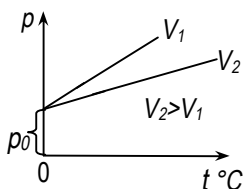
$$p = p_0 \cdot (1 + \gamma \cdot t) \cdot (5).$$

(5) ifodaga ko‘ra izoxorik jarayonlar uchun bosimning nisbiy o‘zgarishi temperaturaga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi, ya‘ni

$$\frac{p - p_0}{p_0} = \gamma \cdot t \quad (6).$$

γ ning qiymati ham xuddi α kabi hamma ideal gazlar uchun bir xil bo‘lib, $1/273$ ga tengligi tajribalardan aniqlangan. (5) ifodaga ko‘ra γ kattalikning fizik ma‘nosi shundan iboratki, izoxorik jarayonda hamma gazlarning temperaturasi 1°C ga o‘zgarganda, ularning bosimi 0°C dagi bosimning $1/273$ qismi qadar o‘zgaradi.

Hajm ortishi bilan izoxora chizig‘i absissa (t) o‘qiga qarab pasayib boradi. Turli izoxorik jarayonlar uchun (5) ifodaning grafigi 14-rasmda keltirilgan. Gaz bosimining o‘zgarishini $p - p_0 = \Delta p$ deb belgilab, (6) ifodaga ko‘ra bosimning termik koeffitsientini quyidagicha ifodalaymiz:



14- rasm.

Nazorat uchun savollar

1. *Qanday jarayon izoxorik jarayon deyiladi?*
2. *Izoxorik jarayon uchun Sharl qonunining formulasini yozing va uni izohlang.*
3. *Izoxora chizig'i nima va u qanday chiziqdan iborat?*
4. *Gazning har xil hajmlari uchun izoxoralar chizing va ularni izohlang.*
5. *O'zgarmas hajmda gaz bosimining termik koeffitsienti qanday hisoblanadi?*

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Ballondagi gaz 27°C temperaturada 10^5 Pa bosimga ega bo'lsa, qanday temperaturada uning bosimi $4 \cdot 10^5$ Pa bo'ladi? (**J: 1200 K**)
2. Hajmi 60 m^3 bo'lgan xonadagi havoning harorati normal bosimda 7°C dan 30°C gacha ko'tarilganda, xonadan qancha massadagi havo chiqib ketadi? Normal sharoitda havoning zichligi $1,29 \text{ kg/m}^3$. (**J: 5kg**)
3. Gaz 300K dan 420K gacha izoxorik qizdirilganda uning bosimi 50kPa ga ortdi. Gaz dastlab qanday bosimda bo'lgan? (**125kPa**)
4. Gazning temperaturasini izoxorik ravishda 14°C ga os-hirilganda, gaz bosimi dastlabki qiymatining $1/90$ qismiga oshadi. Gazning dastlabki temperaturasi qanday bo'lgan? (**J: 1260 K**)
5. Agar cho'g'lanma lampochka yonganda, temperaturasi 17 dan 300°C gacha ko'tarilsa, uning ichidagi gaz bosimi qanday o'zgaradi? (**J: 2 marta ortadi**)
6. Agar yopiq idishdagi gazning temperaturasini 2°C ga qizdirganda, uning bosimi dastlabki bosimidan $0,6$ foiz ortiq bo'lsa, gazning dastlabki temperaturasini aniqlang. (**J: 333 K**)

7. Berk idishdagi gazni 120K ga qizdirilganda uning bosimi ikki marta ortgan bo'lsa, gazning dastlabki temperaturasi qanday bo'lgan? (**J: 120 K**)

8. Balonda 17°C haroratli gaz bor. Agar gazning 40 foizi chiqib ketsa va bunda harorat 10°C ga pasaysa, balondagi gazning bosimi qanday o'zgaradi? (**J: 1,6 marta kamayadi**)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. O'zgarmas hajmdagi ideal gaz bosimining temperaturaga bog'liqligini kim tajribada o'rgangan?

A) Gey-Lussak B) Sharl C) Boyl D) Mariott

2. 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

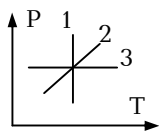
3. Ideal gaz hajmining termik koeffitsientini ko'rsating.

A) $\Delta P/P_0$ B) $\Delta V/V_0$ C) $\Delta P/(P_0 T)$ D) $\Delta V/(V_0 T)$

4. Yopiq idishdagi harorati -96°C bo'lgan ideal gaz 81°C gacha qizdirilganda, uning bosimi necha marta ortadi?

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

5. Chizmadagi jarayonlar qaysi javobda to'g'ri aks etgan?



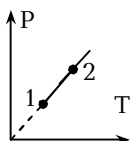
A) 1- izobara, 2- izoterma, 3- izoxora

B) 1- izoxora, 2- izoterma, 3- izobara

C) 1- izoterma, 2- izobara, 3- izoxora

D) 1- izoterma, 2- izoxora, 3- izobara

6. Berilgan massadagi gaz 1- holatdan 2- holatga o'tganda uning hajmi qanday o'zgargan?



- A) ortgan B) o'zgarmagan
C) kamaygan D) gaz turiga bog'liq

7. Ballondagi gaz 57°C temperaturada 10^5 Pa bosimga ega bo'lsa, qanday temperaturada uning bosimi $3 \cdot 10^5$ Pa bo'ladi ($^{\circ}\text{C}$)?

- A) 990 B) 171 C) 444 D) 717

8. Berk idishdagi gazni 140K ga qizdirilganda uning bosimi ikki marta ortgan bo'lsa, gazning dastlabki temperaturasi qanday bo'lgan?

- A) 80 B) 70 C) 140 D) 210

9. Ideal gaz 27°C dan 107°C gacha izoxorik qizdirilganda uning bosimi 32 kPa ga ortdi. Gaz dastlab qanday bosimda bo'lgan (kPa)?

- A)100 B)120 C)70 D)120

10. Gazning temperaturasi izoxorik ravishda 8°C ga os-hirilganda, gaz bosimi dastlabki qiymatining $1/100$ qismiga oshadi. Gazning dastlabki temperaturasi necha K bo'lgan?

- A) 400 B) 300 C) 100 D) 800

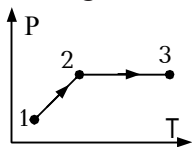
11. Yopiq idish ichidagi gaz 30K ga isitilganda bosim boshlang'ich bosimga nisbatan 5% ga ortadi. Idishdagi gazning dastlabki temperaturasi aniqqlang (K).

- A) 600 B) 150 C) 300 D) 900

12. Agar ideal gazni oʻzgarmas hajmda 60 K ga isitilganda, uning bosimi 3 marta ortdi. Gazning oxirgi temperaturasi qanday boʻlgan?

- A) 90 K B) 40 K C) 45 K D) 60 K

13. Chizmadagi 1–2 va 2–3 izojarayonlar tenglamalarini koʻrsating.



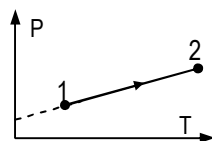
A) $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}, \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$ B) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_3}{T_3}$

C) $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}, P_1 V_1 = P_2 V_2$ D) $P_1 V_1 = P_2 V_2, \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$

14. Ideal gaz oʻzgarmas hajmda 27°C dan 77°C gacha isitilganda, uning bosimi necha marta oʻzgaradi?

- A) 7/6 B) 77/27 C) 27/57 D) 57/27

15. Ideal gazni isitish usuli bilan olingan bosimning mutloq haroratga bogʻlanish grafigi chizmada keltirilgan. Bunda gazning hajmi va zichligi oʻzgaradimi?



- A) $V_2 > V_1; \rho_1 > \rho_2$ B) $V_2 < V_1; \rho_1 > \rho_2$
C) $V_2 > V_1; \rho_1 < \rho_2$ D) $V_2 < V_1; \rho_1 < \rho_2$

16. Hajmi oʻzgarmas boʻlgan va 27°C temperaturadagi gazning bosimi 3 marta oshishi uchun uning temperaturasi qanchaga koʻtarilishi kerak boʻladi (K)?

- A) 54 B) 81 C) 327 D) 600

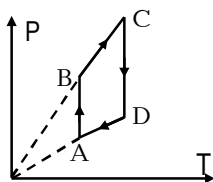
17. Agar cho'g'lanma lampochka yonganda, temperaturasi 17°C dan 307°C gacha ko'tarilsa, uning ichidagi gaz bosimi necha marta ortadi?

- A) 9 marta B) 4 marta C) 18 marta D) 2 marta

18. Agar ballondagi gaz temperaturasi 400 K ga ko'tarilganda, bosim 3 marta ortgan bo'lsa, uning oxirgi temperaturasini aniqlang (K).

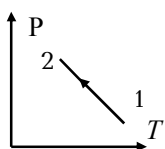
- A) 450 B) 900 C) 750 D) 600

19. Ushbu siklning qaysi nuqtasida hajm eng kichik qiymatga ega?



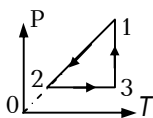
- A) B–C oraliqda
B) C nuqtada
C) A–D oraliqda
D) A nuqtada

20. Gaz 1- holatdan 2- holatga o'tdi. Bunda gaz hajmi qanday o'zgarishini aniqlang.



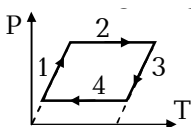
- A) kamayadi
B) oshadi
C) o'zgarmaydi
D) oshishi ham, kamayishi ham mumkin

21. Quyidagi rasmda ko'rsatilgan siklning 1–2, 2–3 va 3–1 qismlari qanday jarayonlarga mos keladi?



- A) izobarik, izoxorik, izotermik
B) izoxorik, izobarik, izotermik
C) izotermik, izobarik, izoxorik
D) izoxorik, izotermik, izobarik

22. Chizmadagi diagrammada nechta izoxora bor va u qaysi qismlarga mos keladi?

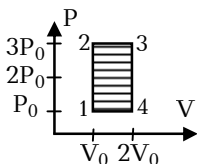


- A) bitta; 1
B) ikkita; 1 va 3
C) ikkita; 2 va 4
D) bitta; 3

23. Maxsus idishda 7,2 atm. bosim ostida gaz bor. Agar idishdagi gazning $\frac{4}{9}$ qismi chiqarib yuborilsa, unda qanday bosim (atm) qaror topadi? harorat o'zgaras.

- A) 4 B) 1,8 C) 2 D) 3,8

24. Quyidagi chizmada tasvirlangandek, o'zgaras masali ideal gaz holati 1-, 2-, 3-, 4- sikl bo'yicha o'zgaradi. 1-holatda gazning harorati T_0 ga teng. Gazning 2-, 3-, 4- holatlardagi gazning haroratini toping.



- A) $T_2 = 3T_0$, $T_3 = 6T_0$, $T_4 = 2T_0$
B) $T_2 = T_0$, $T_3 = 6T_0$, $T_4 = 2T_0$
C) $T_2 = 2T_0$, $T_3 = 6T_0$, $T_4 = 3T_0$
D) $T_2 = 2T_0$, $T_3 = 5T_0$, $T_4 = 2T_0$

25. Temperaturasi 0°C bo'lgan gazning bosimini n marta ortirish uchun uni qanday temperaturagacha o'zgaras hajmda qizdirish kerak ($^\circ\text{C}$)?

- A) $273(n+1)$ B) $373n$ C) $273(n-1)$ D) $273n$

V BOB. TERMODINAMIKA

Molekular fizikaning makroskopik yoki mikroskopik jismlar to'plamidan iborat bo'lgan sistemaning xususiyatlarini va unda sodir bo'layotgan turli xil jarayonlarni energiyaning bir turdan ikkinchi turga o'tishi va ular orasidagi munosabatlarni aniqlash orqali o'rganadigan bo'limiga **termodinamika** deyiladi. Fizikaning termodinamika bo'limi mexanik ish bajarish uchun issiqlikdan foydalanishning uslublari ishlab chiqilgandan so'ng XIX asr o'rtalarida yuzaga keldi. Termodinamikada jismlarning xossalari faqat energiya almashinish nuqtayi nazaridan o'rganilib, ularning molekular tuzilishiga alohida urg'u (e'tibor) bermaydi.

10- §. Ichki energiya

Har qanday moddaning molekulari uzluksiz tartibsiz harakatda bo'lganligi sababli, molekularlar kinetik energiyaga ega bo'ladi. Shuningdek, molekularlar orasida tortishish va itarish kuchlari mavjudligi tufayli fazoda ular bir-biridan ma'lum masofada joylashadi. Demak, molekularlar potensial energiyaga ham ega bo'ladi.

Molekular-kinetik nazariyaga asosan, makroskopik jismini tashkil etgan barcha molekularlarning tartibsiz (xao-tik) harakatining kinetik energiyalari bilan barcha molekularlarning o'zaro ta'siri potensial energiyalari yig'indisi modda (jism)ning ichki energiyasiga tengdir, ya'ni

$$U = E_e + E_p \quad (1).$$

Bu yerda E_k va E_p – jismini tashkil etgan barcha molekula

(atom)larning mos ravishda kinetik va potensial energiyalari.

Ideal gazning ichki energiyasini hisoblash qattiq va suyuq jismlarning ichki energiyasini hisoblashga nisbatan uncha murakkab emas. Chunki ideal gaz molekulalari bir-biri bilan o‘zaro ta’sirlashmasligi sababli, ularning o‘zaro ta’sir potensial energiyasi nolga teng. Shuning uchun ideal gazning ichki energiyasi uning molekulalari tartibsiz harakati kinetik energiyasining yig‘indisidan iboratdir, ya’ni

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

Ideal gaz molekulasining o‘rtacha kinetik energiyasi $\bar{E}_e = \frac{i}{2}kT$ ekanligini e’tiborga olsak, (2) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$U = N \cdot \bar{E}_k = \frac{i}{2}NkT \quad (3)$$

Shuningdek, $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ va $k \cdot N_A = R$ ekanligini e’tiborga olsak,

(3) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$U = N \cdot \bar{E}_k = \frac{i}{2}NkT \quad (4).$$

(4) tenglik ideal gazning ichki energiyasini hisoblashga imkon beradi va bu tenglikka ko‘ra, ideal gazning ichki energiyasi uning massasi bilan absolut temperaturasi, hamda molekulalarning erkinlik darajalari sonining ko‘paytmasiga to‘g‘ri, molyar massasiga teskari proporsional ekan. (4) tenglikdan ideal gazning ichki energiyasi faqat uning temperaturasi o‘zgarganda o‘zgaradi degan xulosa kelib chiqadi. Agar gazda biror jarayon sodir bo‘lib, uning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha o‘zgarsa, uning ichki energiyasi ham o‘zgaradi:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{M} \cdot R \Delta T \quad (5).$$

Gazning holat tenglamasiga ko'ra $PV = \frac{m}{M} RT$ bo'lgani uchun (4) tenglikni

$$U = \frac{i}{2} PV \quad (6)$$

ko'rinishda yozish mumkin. (6) tenglikdan gazning ichki energiyasi gaz bosimi va hajmiga ham bog'liq ekanligi ko'rinadi. Chunki gazning hajmi o'zgarganda, gaz molekullari orasidagi masofa o'zgaradi. Hajm juda kichrayganda, molekullar o'zaro ta'sir potensial energiyasiga ega bo'la boshlaydi. Xulosa qilib aytganda, gazning ichki energiyasi uning mikroskopik parametrlariga ham bog'liq ekan. Xususiy holda, bir atomli gazlar uchun erkinlik darajasi $i = 3$ bo'lib, ikki atomli gaz molekullari uchun esa $i = 5$, uch va ko'p atomli gaz molekullari uchun $i = 6$ ga tengdir. U holda yuqoridagi (4), (5) va (6) tenglamalarni bir atomli gazlar uchun qo'yidagicha yozamiz:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} \cdot RT, \quad \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} \cdot R \Delta T, \quad U = \frac{3}{2} PV \quad (7).$$

Har qanday jismning ichki energiyasi issiqlik holatiga bog'liq bo'lgani uchun, jism issiqlik holatining o'zgarishi bilan uning ichki energiyasi ham o'zgaradi. Modda bir agregat holatdan boshqa agregat holatga o'tganda, masalan, qattiq holatdan suyuq holatga o'tganda, suyuq holatdan gaz holatga o'tganda yoki suyuq holatdan qattiq 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.

Nazorat uchun savollar

1. Termodinamika nimani o'rganadi?
2. Ideal gazning ichki energiyasi deganda nimani tushinasiz?
3. Ideal gazning ichki energiyasini hisoblash ifodasini yozing va uni izohlang.

Mavzuga doir masalalar yechish namunalari

1. Idishdagi $1,6 \cdot 10^{24}$ ta molekulaga ega bo'lgan bir atomli ideal gazning temperaturasi 150 K ga ortganda, uning ichki energiyasi qanday o'zgaradi?

Berilgan: $N = 1,6 \cdot 10^{24}$; $i = 3$; $\Delta T = 150$ K; $\Delta U = ?$

Yechish: bir atomli idial gaz ichki energiyasi o'zgarishining

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu \cdot R \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \frac{N}{N_A} R \cdot \Delta T = \frac{3}{2} N \cdot k \cdot \Delta T$$

tenglamasidan foydalanib, gaz ichki energiyasi o'zgarishini hisoblaymiz:

$$\Delta U = \frac{3}{2} 1,6 \cdot 10^{24} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \cdot 150 K = 4968 J$$

Javob: 4968 J.

2. Miqdori 4 mol argon gazi 30°C dan -70°C gacha sovu-tilganda, uning ichki energiyasi qanday o'zgaradi?

Berilgan: $\nu = 4$ mol; $i = 3$; $T_1 = 273 + 30 = 303$ K; $T_2 = 273 - 70 = 203$ K; $\Delta U = ?$

Yechish: bir atomli idial gaz ichki energiyasi o'zgarishining

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu \cdot R \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \nu \cdot R \cdot (T_2 - T_1)$$

tenglamasidan foydalanib, gaz ichki energiyasi o'zgarishini hisoblaymiz:

$$\Delta U = \frac{3}{2} 4 \text{ mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (203 - 303) \text{ K} = -4986 \text{ J} \approx -5 \text{ kJ}.$$

Javob: -5 kJ , gazning ichki energiyasi 5 kJ ga kamayadi.

3. Bir atomli ideal gazning hajmi 2 m^3 va ichki energiyasi 3000 J bo'lsa, uning bosimini nimaga teng?

Berilgan: $i = 3$; $V = 2 \text{ m}^3$; $U = 3000 \text{ J}$; $p = ?$

Yechish: bir atomli ideal gaz ichki energiyasining

$$U = \frac{3}{2} p \cdot V$$

tenglamasidan foydalanib, gaz bosimini topamiz:

$$p = \frac{2U}{3V} = \frac{2 \cdot 3000 \text{ J}}{3 \cdot 2 \text{ m}^3} = 1000 \text{ Pa}.$$

Javob: 1000 Pa .

4. Temperaturasi 127°C va ichki energiyasi 2493 J bo'lgan geliy gazining massasi qancha?

Berilgan: $i = 3$; $T = 273 + 127 = 400 \text{ K}$; $U = 2493 \text{ J}$; $M = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$; $m = ?$

Yechish: bir atomli idial gaz ichki energiyasining

$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \cdot T$ tenglamasidan foydalanib, gaz massasini topamiz:

$$m = \frac{2M \cdot U}{3R \cdot T} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg} / \text{mol} \cdot 2493 \text{ J}}{3 \cdot 8,31 \text{ J} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 400 \text{ K}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}.$$

Javob: $m = 2 \text{ g}$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Miqdori 3 mol neon 40°C dan -80°C gacha sovutilganda, uning ichki energiyasi qanchaga kamayadi? (**J**: 4487,4 J)

2. Bir atomli ideal gazning hajmi $2,5\text{ m}^3$ va ichki energiyasi 15 kJ bo'lsa, gazning bosimini qanday bo'lgan? (**J**: 4 kPa)

3. Ballondagi gazning 20 foizi chiqib ketishi natijasida temperatura 1,6 marta pasaygan bo'lsa, ichki energiyasi qanday o'zgaradi? (**J**: $U_2 = U_1/2$)

4. Bir atomli gazning bosimi 30% ga kamayib, hajmi olti marta oshsa, uning ichki energiyasi qanday o'zgaradi? (**J**: $U_2 = 4,2 U_1$)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Pechka yoqilgan xonadagi havoning ichki energiyasi qanday o'zgaradi?

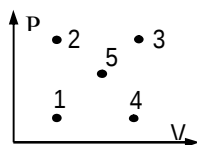
- A) o'zgarmaydi B) ortadi
C) kamayadi D) tashqi muhit temperaturasiga

2. Bir mol miqdordagi bir atomli ideal gazning ichki energiyasini aniqlovchi ifodani toping.

- 1) $(3/2) kT$; 2) $(3/2) RT$; 3) $(3/2) N_A kT$; 4) $(1/2) kT$
A) 1 B) 2 va 3 C) 1 va 2 D) 4

3. Gaz PV diagrammada qaysi nuqtadagi holatda eng katta ichki energiyaga ega bo'ladi?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4



4. Agar ballondagi gazning yarmi chiqib ketganda, bosim 4 marta kamaygan bo'lsa, gazning ichki energiyasi qanday o'zgargan?

- A) 4 marta kamaygan B) 2 marta oshgan
C) 3,5 marta kamaygan D) 1,5 marta oshgan

5. Agar ideal gazning bosimi 2 marta kamayib, hajmi 6 marta ortsa, uning ichki energiyasi qanday o'zgaradi?

- A) 4 marta ortadi B) o'zgarmaydi
C) 3 marta ortadi D) 12 marta kamayadi

6. Modda miqdorlari teng H_2 , O_2 , N_2 gazlarining temperaturasi bir xil o'ttirilsa, qaysi birining ichki energiyasi ko'proq o'zgaradi?

- A) H_2 B) O_2 C) N_2 D) barchasini bir xil o'zgaradi

7. Idishdagi $8 \cdot 10^{23}$ ta molekulaga ega bo'lgan bir atomli ideal gazning temperaturasi 100 K ga ortganda, uning ichki energiyasi qanchaga o'zgaradi (J)?

- A) 8,31 B) 1656 C) 831 D) 415

8. Temperaturalari bir xil bo'lgan teng massali argonning va geliy ichki energiyalari nisbati qanday bo'ladi? Geliyning molyar massasi 4 g/mol, argonniki 40 g/mol ga teng?

- A) 1 B) 2,5 C) 10 D) 0,4

9. Miqdori 4 mol bo'lgan geliy $40^\circ C$ dan $-60^\circ C$ gacha izobarik sovutilganda, uning ichki energiyasi qanchaga kamayadi (kJ)?

- A) 5 B) 4,2 C) 8,3 D) 16,6

10. Agar ballondagi gazning temperaturasi 100 K ga ortganda, uning bosimi 5 marta oshgan bo'lsa, uning ichki energiya qanday o'zgargan?

- A) 5 marta oshgan B) 2,5 marta kamaygan
C) o'zgarmagan D) 20 marta kamaygan

11. 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

12. Temperaturasi -73°C bo'lgan bir mol bir atomli ideal gazning ichki energiyasini toping (J).

- A) 831 B) 1246 C) 1662 D) 2493

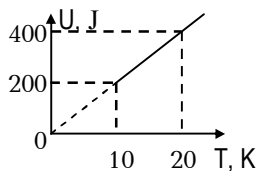
13. Teng massali suv, bug', muzdan qaysi birining ichki energiyasi katta bo'ladi? $T = 273 \text{ K}$.

- A) suv B) bug' C) muz D) suv va bug'

14. Bosimlari va hajmlari bir xil bo'lgan kislorod va azot gazlarining U_1 va U_2 ichki energiyalarini taqqoslang.

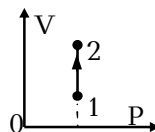
- A) $U_1 = U_2$ B) $U_1 = 16U_2$ C) $U_1 = 32U_2$ D) $U_2 = 16 U_1$

15. Grafikda ma'lum massali bir atomli ideal gaz ichki energiyasining temperaturaga bog'lanish grafigi tasvirlangan. Grafikdan foydalanib, gazning modda miqdori (mol)ni hisoblang.



- A) 10 B) 200 C) 0,5 D) 1,6

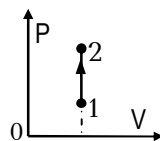
16. Grafikda tasvirlangan jarayonda ideal gazning ichki energiyasi...



- A) kamayadi B) ortadi
- C) o'zgarmaydi
- D) oldin ortadi, keyin kamayadi

17. 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



18. Agar ideal gazning bosimi 4 marta ortsa va hajmi 8 marta kamaysa, uning ichki energiyasi necha marta o'zgaradi?

- A) 4 marta kamayadi B) 2 marta ortadi
- C) uzgarmaydi D) 2 marta kamayadi

19. Ballondagi o'rtacha kvadratik tezligi 500 m/s bo'lgan 2g massali bir atomli gazning ichki energiyasi qancha bo'ladi (J)?

- A) 1000 B) 20 C) 250 D) 500

20. Bir atomli ideal gazning hajmi 4 m^3 va ichki energiyasi 6000 J bo'lsa, uning bosimini toping (Pa)?

- A) 2000 B) 1500 C) 1000 D) 500

21. Qanday haroratda massasi 4 kg bo'lgan argonning ichki energiyasi 300 kJ ga teng bo'ladi (K)? Argonning molyar massasi 40 g/mol.

- A) 240 B) 75 C) 120 D) 150

22. Hajmlari $V_2 = 2V_1$, bosimlari $P_1 = 2P_2$ bo'lgan bir atomli ideal gazlarning ichki energiyalarini taqqoslang.

- A) $U_1 = U_2$ B) $U_1 = 2U_2$ C) $U_1 = 4U_2$ D) $U_2 = 2U_1$

23. Ballondagi gazning 25 foizi chiqib ketishi natijasida temperatura 1,8 marta pasaygan bo'lsa, ichki energiya necha marta kamaygan bo'ladi?

A) 3 B) 4,8 C) 1,6 D) 2,4

24. Agar ballondagi gazning yarmi chiqib ketishi natijasida uning temperaturasi 57°C dan 2°C gacha pasaygan bo'lsa, ichki energiya necha marta kamaygan bo'ladi?

A) 1,2 B) 1,4 C) 2,4 D) 2,8

25. Bir atomli gazning bosimi 50% ga kamayib, hajmi 8 marta oshsa, uning ichki energiyasi qanday o'zgaradi?

A) 4 marta kamayadi B) 2 marta, ortadi

C) 4 marta ortadi D) 2 marta kamayadi

26. 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

11- §. Issiqlik miqdori. Issiqlik balansi tenglamasi

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

Issiqlik almashinuvi jarayonida jism olgan yoki yo'qotgan ichki energiya miqdorini belgilovchi fizik kattalikka issiqlik miqdori deyiladi. Issiqlik uzatilish jarayonida jismning temperaturasi t_1 qiymatdan t_2 qiymatga o'zgatgan bo'lsa, jism olgan yoki yo'qotgan issiqlik miqdori quyidagicha hisoblaniladi:

$$Q = mc(t_2 - t_1) \quad (1).$$

bunda m – jismning massasi, c – proporsionallik koeffitsienti 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:

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

(2) tenglikka ko‘ra solishtirma issiqlik sig‘imining XBS-dagi birligi $[c] = \frac{J}{kg \cdot K}$ ekanligi kelib chiqadi. (2) ifodadan $m = 1kg$ va $\Delta t = 1^\circ C$ bo‘lganda, $c = Q$ kelib chiqadi.

Massasi 1 kg bo‘lgan moddaning temperaturasi $1^\circ C$ ga o‘zgartirish uchun kerak bo‘lgan issiqlik miqdorini tavsiflovchi fizik kattalik moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi deyiladi.

Jismlarning solishtirma issiqlik sig‘imi faqat moddalarning tabiatiga bog‘liq. Quyidagi jadvalda ba’zi moddalarning solishtirma issiqlik sig‘imlarining qiymatlari keltirilgan.

	Modda turi	Solishtirma issiqlik sig‘imi (J/ kg · K)		Modda turi	Solishtirma issiqlik sig‘imi (J/ kg · K)
1	Suv	4200	6	Kumush	230
2	Qo‘rg‘oshin	130	7	Muz	2100
3	Mis	390	8	Kerosin	2140
4	Temir	450	9	Shisha	830
5	Aluminiy	880	10	Qalay	230

Yoqilg'ining yonish issiqligi

Yoqilg'idan foydalanish atomlar birikib molekula hosil bo'layotgan paytda energiya ajralib chiqishi hodisasiga (ekzotermik kimyoviy reaksiyaga) asoslangan. Odatdagi yoqilg'ilarda (ko'mir, neft, benzin va boshqalarda) uglerod atomlari bor. Yonish vaqtida uglerod atomi havodagi kislorod molekulasi bilan birikib, (CO₂) karbonat angidrit molekulasini hosil qiladi. Karbonat angidritning hosil bo'lish jarayonida issiqlik ajralib chiqadi. Turli yoqilg'ilar yonganda turli xil miqdordagi issiqlik miqdorini chiqarishligi tajribalarda tasdiqlangan. **1 kg yoqilg'i butunlay yonib ketganda chiqadigan issiqlik miqdoriga son jihatdan teng bo'lgan kattalik shu yoqilg'ining solishtirma yonish issiqligi deyiladi.** Massasi m bo'lgan har qanday yoqilg'i yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori Q ni hisoblash uchun uning solishtirma yonish issiqligi q ni yondirilgan yoqilg'ining massasiga ko'paytirish kerak:

$$Q = q \cdot m \quad (3).$$

(3) formulaga ko'ra yoqilg'ining solishtirma yonish issiqligi birligi XBSda $[q] = \left[\frac{Q}{m} \right] = \frac{1J}{1kg} = 1 \frac{J}{kg}$ da o'lchanadi. Har bir turdagi yoqilg'i uchun solishtirma yonish issiqligi o'zgarmas qiymatga ega. Quyidagi jadvalda ba'zi moddalarning solishtirma yonish issiqligining qiymatlari keltirilgan.

	Modda turi	Solishtirma yonish issiqligi (MJ/ kg)		Modda turi	Solishtirma yonish issiqligi (MJ/ kg)
1	Benzin	46	5	Kerosin	46
2	Dizel yoqilg'si	42	6	Gaz	46
3	Ko'mir	29	7	Porox	3,8
4	Quriq o'tin	10	8	Spirt	29

Issiqlik balansi tenglamasi

Issiqlik almashinuvi jarayonida ishtirok etayotgan barcha jismlarning ichki energiyalari ularning temperaturalari bir xil bo'lguncha o'zgaradi. Qaror topgan bir xil 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 sovushi hisobiga amalga oshadi. Ish bajarilmasdan, faqat issiqlik almashinishi natijasida sodir bo'layotgan jarayonlarni tavsiflash uchun issiqlik balans tenglamasi (*fransuzcha* balans – muvozanat) tuziladi. Bu tenglama quyidagicha tuziladi: 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

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q'_1 + Q'_2 + \dots + Q'_n \quad (4).$$

Bu yerda $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ – issiqroq jismlarning bergan issiqlik miqdorlari, $Q'_1, Q'_2, \dots, Q'_n$ esa sovuqroq jismlarning olgan issiqlik miqdorlari. (4) tenglama issiqlik balans 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 esa yo'q bo'lmaydi, faqat bir jismdan boshqa bir jismga teng miqdorda o'tadi.

Nazorat uchun savollar

1. Issiqlik miqdori deb nimaga aytiladi?
2. Solishtirma issiqlik sig'imini ta'riflab, uni hisoblash formulasini yozing.
3. Yoqilg'ining yonish issiqligi deganda nimani tushinasiz?
4. Issiqlik balansi tenglamasini yozing va uni ta'riflang.

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Qandaydir balandlikdan tushayotgan po‘lat jism yerga 20 m/s tezlik bilan urildi. Agar bunda kinetik energiya to‘liq jismning ichki energiyasiga aylansa, uning harorati qanday o‘zgaradi? Po‘latning solishtirma issiqlik sig‘imi 500 J/kg · K.

Berilgan: $v = 20$ m/s; $c = 500$ J/kg · K; $\Delta T = ?$

Yechish: jismning yerga urilish vaqtidagi kinetik energiyasi to‘liq issiqlikka aylansa, uning temperaturasi ΔT ga oshadi:

$$Q = E_k; mc\Delta T = \frac{mv^2}{2}; \Delta T = \frac{v^2}{2c}.$$

Bu tenglamadan foydalanib temperaturasining o‘zgarishini topamiz:

$$\Delta T = \frac{20^2 \text{ m}^2 / \text{s}^2}{2 \cdot 500 \text{ J / kg} \cdot \text{K}} = 0,4 \text{ K}.$$

Javob: $\Delta T = 0,4 \text{ K}$.

2. Vodoprovod suvining harorati 15°C bo‘lsa, 40°C haroratli 85 l suv tayyorlash uchun qancha qaynoq suv kerak bo‘ladi?

Berilgan: $t_1 = 15^\circ\text{C}$; $t_2 = 100^\circ\text{C}$; $t = 40^\circ\text{C}$; $V = 85$ l; $V_2 = ?$

Yechish: aralashma temperaturasi t va hajmi $V = 85$ l bo‘lishi uchun temperaturasi t_1 , hajmi V_1 bo‘lgan sovuq suvga temperaturasi t_2 , hajmi V_2 bo‘lgan qaynoq suv aralashtiriladi. Issiqlik balansi tenglamasiga asosan bu jarayonda sovuq suv olgan issiqlik miqdor: $Q_1 = m_1 c(t - t_1)$, issiq suv bergan issiqlik miqdori $Q_2 = m_2 c(t_2 - t)$ ga teng bo‘ladi: $Q_1 = Q_2$. 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 eʼtiborga olib, V_2 hajmini topamiz:

$$V_2 = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} \cdot V.$$

Bu tenglamadan foydalanib, qaynoq suvning hajmini hisoblaymiz:

$$V_2 = \frac{40 - 15}{100 - 15} \cdot 85l = 25l.$$

Javob: $V_2 = 25l$.

3. Massalari $2 \cdot m$ va m boʻlgan ikkita sharcha $3v$ va $2v$ tezliklar bilan bir-biriga tomon harakatlanib, noelastik toʻqnashdi. Toʻqnashuvdan soʻng jismlarning temperaturasi qanday oʻzgaradi? Sharchalarning solishtirma issiqlik sigʻimi c ga teng.

Berilgan: $m_1 = 2m$; $m_2 = m$; $v_1 = 3v$; $v_2 = 2v$; $c_1 = c_2 = c$; $\Delta t = ?$

Yechish: sharchalar bir-biriga tomon harakatlanib noelastik toʻqnashganlarida ularning kinetik energiyalarining bir qismi ichki energiyaga aylanib, sharchalarning temperaturasini oshiradi. Sharchalar toʻqnashgunga qadar ega boʻlgan kinetik energiyasi –

$$E_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{2m(3v)^2 + m(2v)^2}{2} = 11mv^2.$$

Sharchalarning toʻqnashgandan keyingi tezligini impulsnig saqlanish qonuniga koʻra quyidagicha yazamiz, yani:

$$u = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{2m \cdot 3v - m \cdot 2v}{2m + m} = \frac{4}{3}v.$$

Sharchalarning to'q nashgandan keyingi kinetik energiyasi

$$E_2 = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2}. \quad (2m + m)c\Delta t = 11mv^2 - \frac{8}{3}mv^2,$$

bu tenglikdan - $E_2 = \frac{8}{3}mv^2$.

Energiyaning saqlanish va bir turdan boshqa turga aylanish qonuniga asosan ($Q = E_1 - E_2$) sharchalarning temperaturasi o'zgarishini topamiz: $\Delta t = \frac{25v^2}{9c}$.

Javob: $\Delta t = \frac{25v^2}{9c}$.

4. 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 harorati qanchaga ortadi? Po'latning solishtirma issiqlik sig'imi $c_p = 460 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ ga teng.

Berilgan: $v = 800 \text{ m/s}$; $v = 0,6$; $c = 460 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$; $\Delta t = ?$

Yechish: o'q qumga tiqilib qolganida, uning kinetik energiyasi to'lig'icha ichki energiyaga aylanadi. Bu energiya-ning 1 - $\eta = 0,4$ qismi o'qqa o'tadi. Bunda

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

Bu ifodalardan foydalanib, o'q temperaturasi o'zgarishini baholaymiz:

$$\Delta t = (1 - \eta) \cdot \frac{v^2}{2c}, \quad \Delta t = \frac{0,4 \cdot 800^2 \text{ m}^2 / \text{s}^2}{2 \cdot 460 \text{ J / kg} \cdot \text{K}} = 278^\circ \text{C}.$$

Javob: $\Delta t = 278^\circ \text{C}$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Massasi 0,5 kg va solishtirma issiqlik sig'imi 3800 J/(kg · K) bo'lgan jism 17°C dan 87°C gacha qizdirilganda, qancha issiqlik miqdorini qabul qiladi? (**J: 133kJ**)

2. Massasi 200g, temperaturasi 27oC bo'lgan qo'rgoshin butunlay erishi uchun u qancha issiqlik miqdori olishi kerak? Qo'rg'oshinning erish temperaturasi 327oC, solishtirma issiqlik sig'imi 130J/kg K, solishtirma erish is-siqligi 25kJ/kg ga teng. (**12,8kJ**)

3. Qandaydir balandlikdan tushayotgan po'lat jismning yerga urilishidagi tezligi – 20 m/s. Agar bunda kinetik energiya to'liq jismning ichki energiyasiga aylansa, u necha gradusga isiydi? Po'latning solishtirma issiqlik sig'imi – 460 J/kg·K. (**J: 0,43°C**)

4. Vodoprovod suvining harorati 15°C bo'lsa, 40°C haroratli 80 l suv tayyorlash uchun qancha qaynoq suv kerak bo'ladi? (**J: 23,5 l**)

5. Massalari m va 2m bo'lgan ikkita sharcha v va 2v tezliklar bilan bir-biriga tomon harakatlanib, noelastik to'qnashdi. To'qnashuvdan so'ng jismlarning temperaturasi qanday o'zgaradi? Sharchalarning solishtirma issiqlik sig'imi c ga teng. (**J: $\frac{v^2}{c}$ ga ortadi**)

6. 600 m/s tezlik bilan uchib borayotgan po'lat o'q qumga tiqilib qoldi. O'qning urilishida ajralgan issiqlikning 42% qumni isitishga ketsa, o'qning harorati qanchaga ortadi? Po'latning solishtirma issiqlik sig'imi 460 J/(kg · K)ga teng deb oling. (**J: 227°C**)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Quyidagi tenglamalar orasidan jismni isitish uchun sarflangan issiqlik miqdorini hisoblash ifodasini ko'rsating.

- A) $Q = A + \Delta U$ B) $Q = cm(t_2 - t_1)$
C) $Q = \lambda \cdot m$ D) $Q = I^2 R \cdot t$

2. Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi qaysi ifoda yordamida aniqlanadi?

- A) $Q/(m \cdot \Delta T)$ B) $Q/(m \cdot \Delta T)$ C) $Q/\Delta T$ D) $Q/(v \cdot \Delta T)$

3. Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi quyidagi parametrlarning qaysi biriga bog'liq?

- A) issiqlik miqdoriga B) modda massasiga
C) boshlangich temperaturaga D) moddaning turiga

4. Massasi 0,5 kg va solishtirma issiqlik sig'imi 3800 J / (kg · K) bo'lgan jism 14°C dan 34°C gacha qizdirilganda, qancha issiqlik miqdorini qabul qiladi?

- A) 3040 J B) 30,4 J C) 38 kJ D) 18,2 kJ

5. Temperaturasi t_1 va massasi m_1 bo'lgan suv, t_2 temperaturali m_2 massali suv bilan aralashtirildi. Aralashmaning temperaturasi aniqlovchi ifodani toping.

- A) $\frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$ B) $\frac{m_1 + m_2}{m_1 t_1 + m_2 t_2}$ C) $\frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 - m_2}$ D) $\frac{m_1 t_1 - m_2 t_2}{m_1 - m_2}$

6. 15°C temperaturadagi 125 l suv 45°C temperaturali 25 l suv bilan aralashtirilsa natijaviy temperatura necha°C bo'ladi?

- A) 20 B) 25 C) 30 D) 60

7. Massasi 8 kg va 90°C haroratga ega bo'lgan suvga 20°C haroratdagi suvdan qancha qo'shganda, aralashma harorati 30°C teng bo'ladi?

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

8. 210 m balandlikdan tushgan suv bajargan ishning 70 foizi uning temperaturasi qanchaga ko'taradi (K)?

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

9. 2 kW quvvatli dvigatelning 1 soatda bajargan ishi qancha issiqlikka ekvivalent bo'ladi (MJ)?

A) 7,2 B) 0,2 C) 3,6 D) 5,4

10. 100 g massali metalni 20°C dan 50°C gacha isitish uchun 1200 J issiqlik kerak bo'lgan. Shu metalning solishtirma issiqlik sig'imini ($\text{J/kg} \cdot \text{K}$) aniqlang.

A) 600 B) 150 C) 240 D) 400

11. Massasi 2000 t bo'lgan poyezd tormoz yordamida to'xtatildi. Poyezdning tezligi 36 km/soat bo'lsa, to'xtash vaqtida ajralgan issiqlik miqdorini aniqlang (kJ).

A) 10^5 B) 10^4 C) 10^6 D) 10^3

12. Biror h balandlikdan tushgan jismning yerga urilishi-da energiyaning hammasi uning ichki energiyasiga aylanadi deb hisoblab, jism temperaturasining o'zgarishini aniqlang. Jismning solishtirma issiqlik sig'imini c ga teng deb oling.

A) $\frac{gh}{c}$ B) $\frac{c}{gh}$ C) $\frac{h}{gc}$ D) $\frac{g}{hc}$

13. Harakat tezligi 36 km/soat bo'lgan 4,8 t massali avtomobil tormoz berib to'xtaganida, qancha issiqlik miqdori ajraladi (kJ)?

A) 240 B) 250 C) 270 D) 200

14. Temirchining massasi 2,5 kg bo'lgan bolg'asi 60 sm balandlikdan sandon ustiga tushganda qancha issiqlik ajraladi (J)?

A) 12 B) 10 C) 13 D) 15

15. 4°C temperaturadagi 1 kg suvga 200 g qaynoq suv quyib aralashtirildi. Aralashmaning temperaturasi qancha (°C) bo'ladi?

A) 25 B) 35 C) 40 D) 20

16. Harorati 100°C, massasi 2 kg suvni 60°C gacha sovutish uchun 20°C temperaturali qancha suv qo'shish kerak (kg)?

A) 2 B) 1,6 C) 1,2 D) 1,4

17. Qandaydir balandlikdan tushayotgan po'lat jismining yerga urilishidagi tezligi – 45 m/s. Agar bunda kinetik energiya to'liq ravishda jismning ichki energiyasiga aylansa, u necha gradusga isiydi? Po'latning solishtirma issiqlik sig'imi – 450 J/kg · K.

A) 1,8 B) 2,25 C) 2,8 D) 1,2

18. 80°C haroratli 10 l suvni 60°C gacha sovutish uchun unga 10°C haroratli qancha suv qo'shish kerak (l)?

A) 3 B) 10 C) 4 D) 2

19. Temperaturasi 10°C bo'lgan 1 kg suvga 200 g qaynoq suv qo'shib aralashtirildi. Aralashma temperaturasi toping ($^{\circ}\text{C}$).

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

20. Stakanda 20°C haroratli 100 g suv bor. Agar stakanga yana 50°C haroratli 50 g suv qo'shilsa, undagi suvning harorati qancha bo'ladi ($^{\circ}\text{C}$)? Stakanning issiqlik sig'imini hisobga olmag.

A) 25 B) 30 C) 38 D) 40

21. 10,5 m balandlikdan suv tushmoqda. Agar uning potentsial energiyasi tuliq ichki energiyaga aylansa, suv necha gradusga isiydi?

A) 0,032 B) 0,030 C) 0,025 D) 0,024

22. 800 m/s tezlik bilan uchib borayotgan po'lat o'q qumga tiqilib qoldi. O'qning urilishida ajralgan issiqlikning 54% i qumni isitishga ketsa, o'q necha gradusga isiydi? $c_p = 460 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$.

A) 320 B) 353 C) 310 D) 314

23. 20 kg massali toshni qancha balandlikka ko'targanda (m), uning potentsial energiyasi 0°C temperaturadagi 1 l suvni qaynatish uchun kerak bo'ladigan energiyaga ekvivalent bo'ladi?

A) 2200 B) 2100 C) 2000 D) 4200

24. Vodoprovod suvining harorati 20°C bo'lsa, 40°C haroratli 120 l suv tayyorlash uchun qancha qaynoq suv kerak bo'ladi (l)?

A) 25 B) 35 C) 30 D) 20

25. Yozda dengiz suvining harorati 27°C , qishda 7°C . Yozdan qishga o'tishda dengiz qancha miqdorda issiqlik ajralib chiqaradi (J)? Dengiz yuzasi – 25000 km^2 , chuqurligi esa 1000 m .

A) $2,1 \cdot 10^{22}$ B) $2,1 \cdot 10^{21}$ C) $4,2 \cdot 10^{20}$ D) $4,2 \cdot 10^{22}$

26. Vannaga temperaturalari 10°C li 6 l , 20°C li 9 l va 40°C li 15 l suv quyildi. Natijaviy temperaturani toping ($^{\circ}\text{C}$).

A) 20 B) 28 C) 32 D) 38

27. Teng massali: 1) aluminiy, 2) mis, 3) qo'rg'oshin sharlar bir xil balandlikdan yerga kelib urilgandan so'ng, ulardan qaysi birining harorati yuqori bo'ladi? Sharlar yerga kelib urilganda, barcha energiya ularning isishiga ketdi deb hisoblang. Aluminiy uchun $c_1 = 880 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$; mis uchun $c_2 = 380 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$; qo'rg'oshin uchun $c_3 = 130 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.

A) $T_1 < T_2 = T_3$ B) $T_1 > T_2 > T_3$

C) $T_1 < T_2 > T_3$ D) $T_1 < T_2 < T_3$

28. Vannaning yarmi temperaturasi 19°C bo'lgan sovuq suv bilan to'ldirilgan. Vannaga harorati 70°C bo'lgan suv quyildi va shundan so'ng vanna hajmining 75% i iliq suvga to'ldi. Iliq suvning haroratini hisoblang.

A) 24°C B) 28°C C) 32°C D) 36°C

29. 2 kg massali temir bolg'a $1,5$ minut davomida 20 K ga qizigan. Bolg'a energiyasining 40% i issiqlikka aylangan deb hisoblab, bajarilgan to'la ishni aniqlang (kJ). $c_{\text{temir}} = 460 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.

A) 13,8 B) 8,6 C) 27,6 D) 46

30. Massalari teng bo'lgan po'lat va qalay bo'laklari bir xil balandlikdan tushib yerga urilganda, qaysi biri ko'proq qiziydi? Po'latning solishtirma issiqlik sig'imi qalaynikidan 2 marta katta deb hisoblang.

- A) po'lat 2 marta ko'p B) qalay 2 marta ko'p
C) ikkalasi bir xil D) ikkalasi ham qizimaydi.

31. Hajmi 200 sm^3 bo'lgan piyoladagi 100°C haroratli choy 20°C gacha soviganida ajraladigan energiya, massasi 1 tonna bo'lgan yukni qanday eng katta balandlikka ko'tarishdagi energiyaga ekvivalentdir? Choyning solishtirma issiqlik sig'imi $4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$

- A) $\approx 4,5 \text{ m}$ B) $\approx 9,6 \text{ m}$ C) $\approx 3,5 \text{ m}$ D) $\approx 6,8 \text{ m}$

32. Taxtani teshib o'tgan qo'rg'oshin o'qning tezligi 500 m/s dan 300 m/s gacha kamaydi. Ajralib chiqqan issiqlikning yarmi o'qqa o'tgan bo'lsa, o'qning harorati qanchaga yetadi (K)? Uning boshlang'ich harorati 60°C . Qo'rg'oshinning solishtirma issiqlik sig'imi $130 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$.

- A) 600 B) 640 C) 570 D) 450

33. Massalari m va $2m$ bo'lgan ikkita sharcha $2v$ va $3v$ tezliklar bilan bir-biriga tomon harakatlanib, noelastik to'qnashdi. Sharchalarning solishtirma issiqlik sig'imi C ga teng bo'lsa, ularning temperaturasi qanchaga o'zgargan?

- A) $\frac{v^2}{9C}$ B) $\frac{v^2}{8C}$ C) $\frac{9v^2}{8C}$ D) $\frac{25v^2}{9C}$

34. Yog'och taxtani teshib o'tgan qo'rg'oshin o'q tezligi 500 m/s dan 300 m/s ga kamaydi. Ajralib chiqqan issiqlikning 75% i o'qda o'tgan bo'lsa, o'qning harorati qanchaga

o'zgargan ($^{\circ}\text{C}$)? Qo'rg'oshinning solishtirma issiqlik sig'imi $130 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ga teng deb oling.

A) 308 B) 462 C) 127 D) 108

35. Massasi qanday bo'lgan spirt yonishida $5,4 \text{ MJ}$ issiqlik miqdori ajralib chiqadi (g)? Spirtning solishtirma yonish issiqligi $2,7 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ ga teng.

A) 54 B) 20 C) 2 D) 200

36. O'choqda 6 kg po'latni 1400°C ga isitish uchun $4,6 \text{ kg}$ maxsus yoqilg'i sarf bo'ladi. Agar po'latning solishtirma issiqlik sig'imi $460 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, maxsus yoqilg'ining yonish issiqligi 3 MJ/kg bo'lsa, o'choqning issiqlik berishi qancha?

A) 56% B) 7% C) 85% D) 28%

37. Agar avtomobil 4 soat ishlaganda, 180 kg benzin sarflagan bo'lsa, bu avtomobil dvigatelining quvvati qancha-ga teng (kW)? Dvigatelning FIK – 24%, benzinning solishtirma yonish issiqligi – 46 MJ/kg .

A) 144 B) 138 C) 180 D) 120

38. Dvigatel $1 \text{ kW} \cdot \text{soat}$ elektr energiyasi hosil qilish uchun 160 g yoqilg'i sarflaydi. Yoqilg'ining yonish issiqligi – $45 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$. Dvigatelning FIK necha foiz bo'ladi?

A) 40 B) 30 C) 45 D) 50

39. 72 km/soat 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 .

A) 150 g B) 160 g C) 200 g D) 220 g

40. Agar quvvati 42 kW bo'lgan dizel dvigatelining foydali ish koeffitsienti 20% bo'lsa, u uch 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

41. O'zgaras 108 km/soat tezlik bilan harakatlanayotgan avtomobil 46 km yo'lda 5 kg benzin sarfladi. Benzinning solishtirma yonish issiqligi $46 \cdot 10^6$ J/kg va motorning FIK 24% bo'lsa, avtomobilning foydali quvvatini aniqlang (kW).

A) 18 B) 23 C) 36 D) 46

42. Pechda massasi 42 g kerosin yonganda, 3 kg suvning temperaturasi qanchaga o'zgaradi (K)? Pechning FIK – 30%. Kerosinning solishtirma yonish issiqligi – 46 MJ/kg.

A) 30 B) 24 C) 36 D) 46

43. 1 soatda dvigatel 20 kg dizel yonilg'isini sarflaydi. Dvigatelning quvvati 75 kW bo'lsa, uning FIKni toping (%). Dizel yonilg'isining solishtirma yonish issiqligi 42 MJ/kg ga teng.

A) 32 B) 25 C) 20 D) 35

44. Avtomobil dvigatelining FIK η bo'lsa va u t soat ichida m litr benzin sarf qilsa, dvigatelning quvvati nimaga teng bo'ladi?

A) $\frac{\eta qm}{t}$ B) $\frac{\eta q}{mt}$ C) $\frac{qm}{\eta t}$ D) $\frac{\eta m}{qt}$

45. Gorizontallik yo'lda motorollarning dvigateli 60 km/soat tezlikda 3,5 kW quvvatga erishadi. Agar dvigatelning FIK 25% bo'lsa, motoroller 3,6 l benzin sarflab, qancha yo'lni

bosib o'tadi (km)? Benzinning solishtirma yonish issiqligi – 46 MJ/kg, zichligi – 0,7 g/sm³.

A) 69 B) 96 C) 138 D) 160

46. Foydali ish koeffitsienti 50% bo'lgan qozonda 42 kg ko'mir yoqilganda, hajmi 2,9 m³ bo'lgan suvning temperaturasi qanchaga o'zgaradi (K)? Ko'mirning yonish issiqligi – 29×10^6 J/kg ga teng.

A) 50 B) 35 C) 29 D) 21

47. Hajmi 3600 l suvni qozonda isitish uchun unga 42 kg ko'mir solingan. Agar suvning boshlangich temperaturasi 10°C va o'choqning issiqlik berish qobiliyati 60% bo'lsa, suv necha gradusgacha isiydi? $c_{\text{suv}} = 4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, ko'mirning solishtirma yonish issiqligi 30 MJ/kg.

A) 35°C B) 50°C C) 60°C D) 100°C

48. 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) $m_2 = 2m_1$ B) $m_1 = m_2$ C) $m_1 = 4m_2$ D) $m_2 = 2m_1$

49. 126 kW quvvatga erishadigan va 1 soatda 36 kg dizel yonilg'isi sarflaydigan traktor dvigateli FIKni toping (%). Dizel yonilg'isining solishtirma yonish issiqligi 42 MJ/kg ga teng.

A) 25 B) 30 C) 35 D) 38

50. Traktor dvigateli 60 kW quvvat hosil qiladi va shu quvvatda soatiga o'rtacha 18 kg dizel yonilg'isi sarflaydi. Dvigatelning FIKni toping (%). Dizel yonilg'isining solishtirma yonish issiqligi – 42 MJ/kg.

A) 29 B) 33 C) 36 D) 45

51. Avtomobil 100 km yoʻl ni bosib oʻtishi uchun 10 l benzin sarfladi. Avtomobilning 90 km/soat tezlik bilan harakatlanaётgan boʻlsa, uning quvvatini aniqlang (kW). Dvigateling FIK – 30%.

$$\rho_{\text{benzin}} = 0,7 \text{ g/sm}^3, q_{\text{benzin}} = 46 \text{ MJ/kg ga teng.}$$

A) 24 B) 48 C) 12 D) 36

52. FIK 35% boʻlgan, minutiga 3 g kerosin sarflaydigan isitkichda temperaturasi 31°C boʻlgan 2 l suvni qancha vaqtda qaynatish mumkin (min)? $q_{\text{kerosin}} = 46 \text{ MJ/kg}$

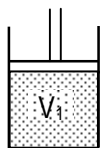
A) 6 B) 12 C) 9 D) 15

53. Avtomobil dvigateling harakat paytidagi oʻrtacha quvvati 20 kW, tezligi esa 90 km/soat. Agar dvigateling FIK 25% boʻlsa, benzin bakining sigʻimi (40 l) qancha yoʻlga moʻljallangan (km)? $\rho_{\text{benzin}} = 0,7 \text{ g/sm}^3, q_{\text{benzin}} = 46 \text{ MJ/kg ga teng.}$

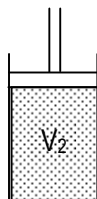
A) 400 B) 450 C) 600 D) 300

12- §. Termodinamikada ish tushinchasi

Biror sistemaning ichki energiyasini oʻzgarishiga ish bajarish va issiqlik almashinish jarayonlari sabab boʻladi. Gazda sodir boʻladigan koʻpchilik jarayonlarda uning hajmi oʻzgaradi. Gaz biror hajmni egallab turishi uchun u idishga qamalgan boʻlib, biror tashqi kuch ostida turishi kerak. Faraz qilaylik, m massali gaz erkin siljiydigan porshenli silindirik idishga qamalgan boʻlsin (15- a rasm). Gazning bu holatdagi temperaturasi T_1 , hajmi V_1 va bosimi p_1 boʻlsin. Agar gazni izobarik ravishda T_2 temperatura-gacha qizdirsak (porshen erkin siljiy olganligi uchun gaz bosimini oʻzgarmas deb qarash mumkin, yaʼni $p_1 = p_2$) gaz



15- a rasm



15- b rasm

kengayib V_2 hajmni egallaydi (15- b rasm). Gazning hajmi oʻzgarganda, u tashqi bosim kuchiga qarshi ish bajaradi. Bu ishga **termodinamik ish** deb ataladi. Gaz qizdirilganda, gaz molekulalarining oʻrtacha kvadratik tezligi hamda molekulalarning ilgariylanma harakatining oʻrtacha kinetik energiyasi ortadi, bu hol gazning ichki energiyaining ortishiga olib keladi. Tezliklari (kinetik energiyasi) ortgan gaz molekulalarining porshenga borib urilishi natijasida porshenni biror Δh masofaga siljitadi va ish bajariladi. Mexanik ish formula-siga koʻra, gazning tashqi kuchga (qarshi) bajargan ishi quyidagiga teng:

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

Bosim taʼrifidan $F = p \cdot S$ ekanligini eʼtiborga olsak, (1) ifoda quyidagi koʻrinishga keladi:

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

Bu yerda $\Delta V = V_2 - V_1$ gaz hajmining oʻzgarishidir.

Demak, gazning izobarik kengayishida bajargan ishi uning bosimi bilan hajmi oʻzgarishining koʻpaytmasiga teng ekan. Bu jarayonda gaz kengayib, tashqi kuchlarga qarshi musbat ish bajaradi, chunki kuch yoʻnalishi bilan porshen-

ning ko‘chish yo‘nalishi bir xil. Kengayish jarayonida gaz o‘z ichki energiyasining bir qismini bajarilgan ishga sarflaydi. Shuning uchun gazning kengayishida bajarilgan ishi gaz ichki energiyasining o‘zgarishiga teng bo‘ladi:

$$A = \Delta U \text{ yoki } A = U_1 - U_2 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \cdot (T_2 - T_1) \quad (3).$$

Demak, tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan bo‘ladigan jarayonda gazning bajarilgan ishi uning massasi bilan haroratining o‘zgarishi ko‘paytmasiga to‘g‘ri, molyar massasiga teskari mutanosib ekan.

Gaz siqilganda ham, bajarilgan ishi (2) ifodaga ko‘ra aniqlanadi, ammo $A < 0$ bo‘ladi. Gaz tashqi kuch yo‘nalishida siqilganda tashqi kuch musbat ish bajaradi, chunki tashqi kuch yo‘nalishida porshen ko‘chadi. Tashqi jismlar gaz ustidan musbat ish bajarib, gazga energiya beradi. 1- a, b rasmlarda tasvirlangan har ikki holatlar uchun, ya’ni izobarik kengayish jarayoni uchun Mendeleyev-Klaapeyron tenglamasini yozib,

$$p_1 V_1 = \frac{m}{M} R T_1 \text{ va } p_2 V_2 = \frac{m}{M} R T_2$$

ularni bir-biridan ayirsak,

$$\begin{aligned} p_2 V_2 - p_1 V_1 &= \frac{m}{M} R T_2 - \frac{m}{M} R T_1 \text{ yoki} \\ p(V_2 - V_1) &= \frac{m}{M} R (T_2 - T_1) \end{aligned} \quad (4).$$

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

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

(3) ifodaga ko‘ra, gaz izobarik jarayonda ΔT temperatura-ga qizdirilganda tashqi kuchlar ustidan bajarilgan ish quy-idagicha aniqlanadi.

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

Bu ifodani 1 mol miqdordagi gaz uchun yozsak, u quy-idagi ko‘rinishda bo‘ladi:

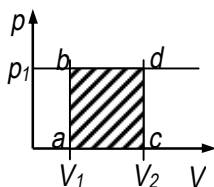
$$A = R\Delta T \quad (7).$$

Bundan $R = \frac{A}{\Delta T}$ kelib chiqadi. Bu ifodaga ko‘ra universal gaz doimiysining fizik ma‘nosi kelib chiqadi. **Universal gaz doimiysi son jihatdan bir mol gaz bir kelvinga izobarik qizdirilganda, shu gaz tomonidan bajarilgan ishga teng.**

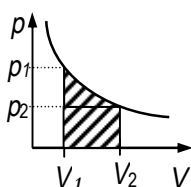
Gaz bajargan ishining geometrik talqini. Gazning bo-simi o‘zgarmas bo‘lgan holda bajargan ishining geometrik talqinini soddagina izohlash mumkin. Buning uchun gaz bo-simining hajmiga bog‘lanish grafigini chizamiz (16- rasm). O‘zgarmas p_1 bosimga ega bo‘lgan gazning hajmi V_1 dan V_2 ga kengayganda bajarilgan 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 (17- rasm). Bu holda gazning bajargan ishi son jihatdan izoterma grafigi ostidagi shtrixlangan yu-zaga teng bo‘ladi.

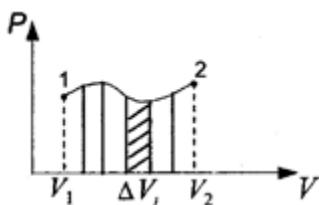


16- rasm



17- rasm

O'zgaruvchan kuchning bajargan ishini hisoblaganimiz kabi o'zgaruvchan bosim ostida gaz hajmining V_1 dan V_2 gacha kengayishda bajargan ishi ham uning bir nechta elementar kengayishlarida bajargan ishlarining yig'indisiga teng bo'lib, 18-rasmda ko'rsatilgan barcha shakllar yuzasidan iborat. Demak, har qanday jarayonda berilgan gazning kengayishida bajargan ishi bu jarayonni $p - V$ diagrammada tasvirlovchi grafik shaklning yuzasiga son jihatdan teng bo'ladi.



18- rasm

Nazorat uchun savollar

1. Gazning izobarik kengayishida bajargan ishi formulasini keltirib chiqaring va uni izohlang.
2. Gazning izobarik kengayishida bajargan ishini haroratning o'zgarishi orqali ifodalang.
3. Mexanikada bajarilgan ish bilan termodinamikadagi bajarilgan ish orasida farq nimada?

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Silindrik idishdagi 0,3 MPa bosim ostida turgan gaz izobarik ravishda kengayib, 1800 J ish bajardi. Bunda gazning hajmi qanchaga ortgan.

Berilgan: $p = 3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $A = 1800 \text{ J}$; $\Delta V = ?$

Yechish: izobarik jarayonda gazning bajargan ishidan foydalanib uning hajmining o'zgarishi ΔV ni topamiz:

$$A = p \cdot \Delta V; \Delta V = \frac{A}{p}; \Delta V = \frac{1800 J}{3 \cdot 10^5 Pa} = 6 \cdot 10^{-3} m^3 = 6 l.$$

Javob: $\Delta V = 6 l$.

2. Bosimi 740 mm simob ustuniga teng bo'lgan gaz yuzi 100 sm^2 bo'lgan porshenni 9 sm ga surdi. Gaz bajargan ishini aniqlang.

Berilgan: $p = 740 \text{ mm. s. u.}; S = 100 \text{ sm}^2; \Delta h = 9 \text{ sm}; A = ?$

Yechish: porshenli silindr ostidagi gaz kengayganda uning bosimi o'zgarmas bo'ladi. Gaz hajmining o'zgarishini porshen yuzasi va porshenning siljishi orqali ifodalab gazning bajargan ishini hisoblaymiz:

$$A = p \Delta V = p S \Delta h; A = 740 \cdot 133,3 Pa \cdot 100 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot 9 \cdot 10^{-2} m = 88,8 J.$$

Javob: $A = 88,8 J$.

3. Kislorod gazi 20 K ga izobarik qizdirilganda, 16,6 kJ ish bajarildi. Kislorodning massasini aniqlang.

Berilgan: $M = 32 \text{ g/mol}; \Delta T = 20 \text{ K}; p = \text{const}; A = 16,6 \text{ kJ}; m = ?$

Yechish: izobarik jarayonda gazning bajargan ishini gaz temperaturasi o'zgarishi orqali ifodalaymiz:
 $A = \frac{m}{M} R \cdot \Delta T$. Bu ifodadan foydalanib, gazning massasini

hisoblaymiz:

$$m = \frac{A \cdot M}{R \cdot \Delta T}; m = \frac{16,6 \cdot 10^3 J \cdot 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}}{8,31 J / (\text{mol} \cdot K) \cdot 20 K} = 3,2 \text{ kg}.$$

Javob: $m = 3,2 \text{ kg}$.

Mavzuga doir mustaqil masalalar yechish

1. Idishda temperaturasi 27°C va massasi 2 kg bo'lgan kislorod gazi bor. Gaz izobarik kengayib, 60 kJ ish bajarish uchun uni qanday haroratgacha qizdirish kerak? (**J:** 415 K)

2. Erkin siljiy oladigan porshen ostidagi harorati 17°C , hajmi 10 l va bosimi 100 kPa bo'lgan gaz 80 K ga izobarik qizdirildi. Bunda gaz tashqi kuchlar ustidan qanday ish bajaradi? (**J:** 276J)

3. Erkin siljiy oladigan porshen ostidagi gaz harorati 80 K ortganda, u izobarik kengayib uning hajmi 5 l ga ortdi. Agar gazning harorati yana 40 K ga ortsa, uning hajmi dastlabki hajmiga qaraganda qanchaga ortadi? Porshen ostidagi gaz bosimi $5 \cdot 10^5$ Pa ga teng teng bo'lsa, gaz tashqi kuchlar ustidan qanday ish bajargan? (**J:** 7,5 l va 3,75 kJ)

4. 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? (**J:** 100K, 4155 J)

Mavzuga doir test masalalari

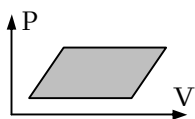
1. Qaysi jarayonda gaz ish bajarmaydi?

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

2. Ushbu $P \cdot \Delta V$ ko'paytmaning o'lchov birligini ko'rsating.

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

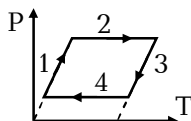
3. Rasmdagi bo'yalgan yuzaning fizik ma'nosi nimadan iborat bo'ladi?



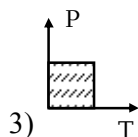
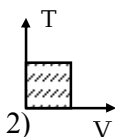
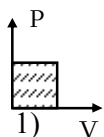
- A) bajarilgan ishga teng
 B) temperaturaning o'zgarishiga teng
 C) bosimning o'zgarishiga teng
 D) fizik ma'nosi yo'q

4. Grafikda ko'rsatilgan siklning qaysi qismida gaz bajarilgan ish nolga teng bo'ladi?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4



5. Rasmda kursatilgan grafiklarning qaysi birida shtrixlangan yuza gaz bajarilgan ishni ifodalaydi?



- A) 1 B) 2 C) 3
 D) hech birida

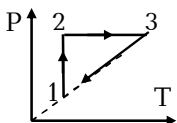
6. Porshenli silindrik idishdagi 0,2 MPa bosim ostida turgan gaz izobarik ravishda kengayib, 70 J ish bajardi. Bunda gazning hajmi qanchaga ortgan (l)?

- A) 0,5 B) 0,35 C) 0,25 D) 1

7. Tashqi kuchlar 10^6 Pa o'zgarmas bosimli gaz ustida 100 kJ ish bajardi. Bu jarayonda gazning hajmi qanday o'zgardi?

- A) 10 marta ortdi B) $0,1 \text{ m}^3$ kamaydi
 C) o'zgarmadi D) $0,1 \text{ m}^3$ ortdi

8. Chizmada ko'rsatilgan siklning qaysi qismida gaz manfiy ish bajaradi?



- A) 2-3 B) 3-1
 C) 1-2 D) 2-3

9. 10^5 Pa bosim ostida turgan ideal gazning hajmi izobarik ravishda 300 dan 500 sm^3 gacha oshdi. Bunda gaz necha Joule ish bajaragan?

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

10. Bosimi 760 mm simob ustuniga teng bo'lgan gaz yuzasi 1000 sm^2 bo'lgan porshenni 90 sm ga surdi. Gaz bajaragan ishni aniqlang (kJ).

A) 6,08 B) 9 C) 0,8 D) 7,6

11. Kislorod gazi 16 K ga izobarik qizdirilganda, 8310 J ish bajarildi. Kislorodning massasini aniqlang (kg).

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

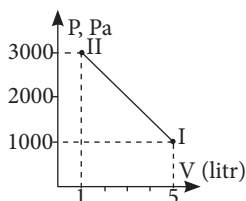
12. 5 mol gaz izobarik ravishda 20 K ga qizdirilganda, bajarilgan ishni toping.

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

13. 4 mol ideal gaz o'zgarmas bosimda 10°C ga qizdirildi. Bajarilgan ishni aniqlang (J).

A) 724 B) 436 C) 332 D) 480

14. Gaz birinchi holatdan ikkinchi holatga o'tganda bajarilgan ishni hisoblang (J).



A) -8

B) 8

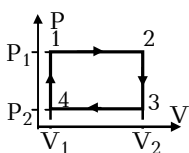
C) -4

D) 4

15. 40 g massali kislorod 40°C ga izobarik qizdirganda, u qancha ish bajaradi (J)?

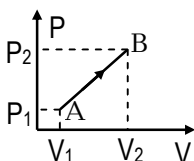
A) 320 B) 225 C) 415 D) 160

16. Ideal gazning rasmda ko'rsatilgan siklni o'tishda bajarigan 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) $(P_2 - P_1)V_2$

17. Grafikda tasvirlangan jarayonda ideal gaz bajarigan ish qanday ifoda yordamida hisoblanadi?



- A) $(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)/2$
- B) $(P_1 + P_2)(V_2 - V_1)$
- C) $(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)$
- D) $P_1V_1 + P_2V_2$

18. 640 g kislorodni 40 K ga izobarik qizdirdiganda, u qancha ish bajaradi (J)?

- A) 6650 B) 2560 C) 2500 D) 4820

19. Silindrdagi gazning o'rtacha bosimi $0,5 \text{ MN/m}^2$. Porshenning yuzasi 300 sm^2 , yurish uzunligi $0,2 \text{ m}$. Porshenning bir marta yurishida gaz qancha ish bajaradi (kJ)?

- A) 6250 B) 3600 C) 3000 D) 1250

20. Teng massali argon va neon gazlari izobarik 30°C ga qizdirildi. Qaysi gaz ko'proq ish bajaradi? $M_a = 40 \text{ g/mol}$; $M_n = 20 \text{ g/mol}$.

- A) bir xil B) neon
- C) argon D) javob dastlabki hajmiga bog'liq

21. 200 g massaga ega bo'lgan karbonat angidrid (CO_2) gazi o'zgarmas bosimda 88°C ga qizdirilsa, gaz qancha ish bajaradi (J)?

- A) 2880 B) 3450 C) 2460 D) 3320

22. Bir xil massali kislorod va vodorod o'zgarmas bosimda bir xil temperaturagacha isitildi. Qaysi gaz ko'proq ish bajaradi?

- A) ishlar bir xil bo'ladi B) vodorod
C) ish bajarilmaydi D) kislorod

23. Ideal gaz isitilganda, uning p bosimi o'zgarmay, dastlabki V hajmi 40% ga oshsa gaz tashqi kuchlar ustidan qanday ish bajaradi?

- A) $40pV$ B) $4pV$ C) $0,6pV$ D) $0,4pV$

24. Massasi va boshlang'ich bosimi bir xil bo'lgan vodorod va geliy gazlari 120 K ga qizdirildi ($P = \text{const}$). Vodorodni qizdirishda bajarilgan ish A_1 va geliyni qizdirishda bajarilgan ish A_2 larni taqqoslang.

- A) $A_1 = 2A_2$ B) $A_2 = 2A_1$ C) $A_1 = A_2$ D) $A_2 = 4A_1$

13- §. Termodinamikaning birinchi qonuni. Izojarayonlarga termodinamikaning birinchi qonunining qo'llanilishi

Energiyaning saqlanish va aylanishining issiqlik hodisalariga tatbiq etilgan qonuni **termodinamikaning birinchi qonuni** deb ataladi. Bu qonunning kashf qilinishida R. Mayer, J. Joule va G. Gelmgolslarning xizmatlari katta bo'lgan. Termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi: **sistema bir holatdan boshqa holatga o'tganda, uning ichki energiyasining o'zgarishi tashqi kuchning sistema ustida bajargan ishi bilan sistemaga berilgan issiqlik miqdorining yig'indisiga teng, ya'ni**

$$\Delta U = A + Q \quad (1).$$

Bu yerda: A – tashqi kuchning sistema ustidan bajargan ishi; Q – sistemaga berilgan issiqlik miqdori. Agar sistema yakkaolangan ya'ni faqat bitta jismdan iborat bo'lsa, unga tashqi kuchlar ta'sir qila olmaganligidan $A = 0$ bo'ladi va bu sistema atrofdagi jismlar bilan issiqlik almashmaydi ($Q = 0$). Yakkaolangan sistemaning ichki energiyasi o'zgarmaydi.

Tashqi kuchlarning sistema ustida bajargan ishi manfiy ishora bilan olingan sistemaning tashqi kuchlarga qarshi bajargan ishiga teng ($A = -A'$), bo'lganligi uchun (1) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$Q = A' + \Delta U \quad (2).$$

Demak, ish sistema tamonidan bajarilgan deb qaralsa, (2) munosabatdan quyidagi xulosa kelib chiqadi: **sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasining o'zgarishiga va sistemaning tashqi jismlar (kuch) ustidan ish bajarishiga sarf bo'ladi.**

Agar sistema bir holatdan ikkinchi holatga o'tib, yana dastlabki holatiga ichki energiyasi o'zgarishsiz qaytsa, ya'ni $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$ yoki $U_1 = U_2$ bo'lsa, u holda (2) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi:

$$Q = A' \quad (3)$$

Bundan sistema o'zi olgan energiyadan ortiq ish bajara olmasligi kelib chiqadi. (3) munosabatga ko'ra, termodinamikaning birinchi qonunini quyidagicha ta'riflash mumkin: **o'zi olgan energiyadan ortiq ish bajara oladigan davriy harakatlanuvchi mexanizm (abadiy dvigatel)ni qurish mumkin emas.**

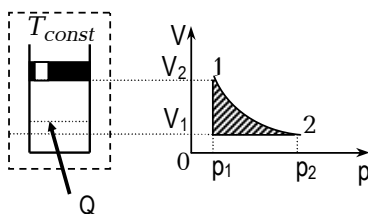
Energiyaning saqlanish qonuni kashf etilmasdan oldin, inson asrlar davomida sarflangan energiyadan ko'ra ko'proq ish bajarish imkonini beradigan mashinalar yaratishga urinib

kelganlar. Bunday mashinalarga hatto “abadiy dvigatel” (perpetuum mobile) deb oldindan nom berishgan. Ixtirochilar tamonidan abadiy dvigatelning son-sanoqsiz loyihalari yaratilgan. Abadiy dvigatel tashqaridan issiqlik (energiya) olmasdan ($Q = 0$) ish bajaradigan qurilmadir. (2) tenglikni abadiy dvigatel sistemasi uchun qo‘llasak, $A' = -\Delta U$ kelib chiqadi. Demak, abadiy dvigatel sistemaning ichki energiyasining kamayishi hisobiga ish bajarar ekan. Har bir sistemaning ichki energiyasi chekli bo‘lganligi uchun bunday qurilma faqat sistemaning ichki energiyasi tugaguncha ishlab, so‘ngra to‘xtab qoladi.

Endi termodinamikaning birinchi qonunini ideal gazda so‘dir bo‘ladigan turli jarayonlarga qo‘llanilishiga to‘xtalamiz.

Izotermik jarayon. Izotermik jarayonning yuzaga kelishi uchun ichida porsheni bo‘lgan silindr gaz bilan to‘ldirilib, temperaturani o‘zgartirmay ushlab turadigan asbob termostatga joylashtiriladi (19- rasm). Izotermik jarayonda gazning harorati o‘zgarmas ($T = const$) bo‘lganligi uchun uning ichki energiyasi ham o‘zgarmaydi ($\Delta U = 0$). Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

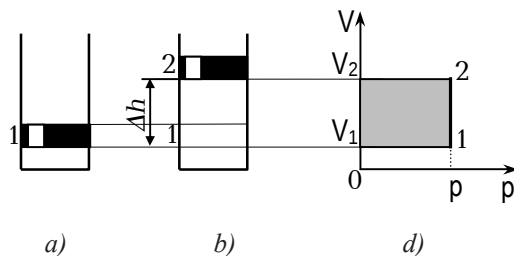
$$Q = A' \quad (4).$$



19- rasm

Demak, izotermik jarayonda gaz kengayganda A' ish bajaradi va termostatdan bajarilgan ishga teng bo‘lgan issiqlik

miqdorini oladi. Izotermik jarayonda gaz bosimining hajm bo'yicha o'zgarishi giperbolaik egri chiziqdan iborat bo'lib, bunda (pV) diagrammada gaz V_1 hajmdan V_2 hajmgacha kengayganda bajarilgan ish 19- rasmda shtrixlangan yuza orqali aniqlanadi.



20- rasm

Izobarik jarayon. Izobarik jarayon o'zgarmas bosimda ($p = const$) amalga oshganligi uchun bu jarayonning (p, V) diagrammasidagi grafigi hajm o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi (20- rasm). U holda gaz hajmining V_1 dan V_2 gacha izobarik kengayishida bajarilgan ishning qiymati rasmdagi shtrixlangan to'g'ri to'tburchakning yuzasi bilan aniqlanadi:

$$A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V \quad (5).$$

Ideal gazga berilayotgan issiqlik miqdori Q ning qolgan qismi termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra ichki energiyaning o'zgarishiga sabab bo'ladi. Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni $Q = \Delta U + A'$ ko'rinishda qoladi. Shuningdek,

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{M} \cdot R\Delta T \quad \text{va} \quad A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T \quad (6)$$

bo'lganligi uchun termodinamikaning birinchi qonuni izobarik jarayon uchun quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$Q = \frac{(i+2)}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T \quad (7).$$

Bir atomli gaz uchun $i = 3$ ekanligini inobatga olsak, gazga berilgan to'la issiqlik miqdori: $Q = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$ (8)

(6) ifodaga ko'ra sistemaga berilgan issiqlik miqdori-ning 40 foizi izobarik kengayishda tashqi kuch ustidan bajarilgan ishga va sistemaga berilgan issiqlik miqdorining 60 foizi gazning ichki energiyasining o'zgarishiga sarflanadi, ya'ni

$$A = 0,4 \cdot Q \quad \text{va} \quad \Delta U = 0,6 \cdot Q$$

Izoxorik jarayon. Izoxorik jarayonda berilgan gaz massasining hajmi o'zgarmas ($V = \text{const}$) bo'lganligi uchun gaz tashqi kuchlarga qarshi ish bajarmaydi ($A' = 0$). Shuning uchun termodinamikaning birinchi qonuni bu jarayon uchun quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi $Q = \Delta U$. Demak, izoxorik jarayonda ideal gazga beriladigan issiqlik miqdorining hammasi gaz ichki energiyasining o'zgarishiga sarflanadi. Gaz ichki energiyasining o'zgarishi

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \cdot \Delta T \quad (9)$$

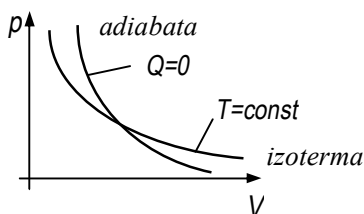
bo'lganligi uchun

$$Q = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \cdot \Delta T \quad (10)$$

ga teng bo'ladi.

Adiabatik jarayon. Tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan sodir bo'ladigan jarayonga adiabatik jarayon deyiladi. Tabiatda tez sodir bo'ladigan jarayonlarning hammasi

adiabatik jarayonga misoldir. Adiabatik jarayonda $Q = 0$ bo'lganligi uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi: $A = -\Delta U$ (11)



21- rasm

Gaz adiabatik jarayonda ichki energiyaning kamayishi hisobiga ish bajaradi. Demak, adiabatik jarayonda gaz kengayganda soviydi. Aksincha, agar adiabatik jarayonda tashqi kuchlar gaz ustida gazni siqib ish bajarsa, gaz isiydi, ya'ni gazning ichki energiyasi ortadi. 21- rasmda adiabatik jarayonning (p, V) diagrammasidagi grafigi tasvirlangan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, adiabata chizig'i izoterma chizig'idan tikroq ekan. Adiabatik jarayonda gazning uchta mikroskopik parametrlari p, V , va T o'zgaradi.

Nazorat uchun savollar

1. Termodinamikaning birinchi qonunini izojarayonlar uchun tatbiq qiling.
2. Adiabatik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi?
3. Termodinamikaning birinchi qonunini adiabatik jarayon uchun qo'llang.

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Erkin siljiydigan porshenli silindrik idishda bir atomli gaz bor. Gazga issiqlik miqdori berilishi natijasida uning ichki energiyasi 600 J ga oshdi. Gazga qanday issiqlik miqdorini berilgan?

Berilgan: $p = \text{const}$; $i = 3$; $\Delta U = 600\text{J}$; $Q = ?$

Yechilishi: Erkin siljiydigan porshenli silindrik idish kengayganida, uning bosimi o'zgarmas bo'ladi, ya'ni bunda izobarik jarayon sodir bo'ladi. Izobarik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdorini va gaz ichki energiyasining o'zgarishini hisoblash tenglamalarini yozamiz:

$$Q = \frac{(i+2)}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T, \quad \Delta U = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T.$$

Bu tenglamalardan foydalanib, gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlaymiz:

$$Q = \frac{(i+2)}{i} \cdot \Delta U; \quad Q = \frac{5}{3} \cdot 600\text{J} = 1000\text{J}.$$

Javob: 1000 J.

2. Metall ballondagi 25 mol bir atomli gazning temperaturasini 20 K ga ko'tarish uchun unga qancha issiqlik miqdori berish kerak?

Berilgan: $V = \text{const}$; $i = 3$; $\nu = 25 \text{ mol}$; $\Delta T = 20\text{K}$; $Q = ?$

Yechilishi: termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra izoxorik jarayonda sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini o'zgarishiga sarflanadi, ya'ni $Q = \Delta U$. Gazning ichki energiyasining o'zgarishini

$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \cdot \Delta T$ ifodaga ko'ra aniqlanadi.

$$Q = \frac{3}{2} 25\text{mol} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol}} 20\text{K} \approx 6,23\text{kJ}$$

Javob: 6,23 kJ.

3. Metall ballondagi massasi 20 g bo'lgan geliy gaziga 2500 J issiqlik miqdori berilsa, uning temperaturasi qancha ga ortadi?

Berilgan: $V = \text{const}$; $m = 20 \text{ g}$; $M = 4 \text{ g/mol}$; $i = 3$; $Q = 2500 \text{ J}$; $\Delta T = ?$

Yechish: metall ballonning hajmi o'zgarmas bo'ladi, ya'ni bunda izoxorik jarayon sodir bo'ladi. Izoxorik jarayonda gazga berilgan issiqlik miqdori gaz ichki energiyasining o'zgarishiga sarf bo'ladi. Bu jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasini yozamiz:

$$Q = \Delta U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T$$

Bu tenglamadan foydalanib gaz temperaturasining ortishini hisoblaymiz:

$$\Delta T = \frac{2Q \cdot M}{i \cdot m \cdot R}; \quad \Delta T = \frac{2 \cdot 2500 \text{ J} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}}{3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}} = 40 \text{ K}$$

Javob: $\Delta T = 40 \text{ K}$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 5 mol miqdoridagi bir atomli ideal gazni adiabatik siqishda 249 J ish bajarilgan bo'lsa, gazning temperaturasi necha gradusga o'zgargan? (**J:** 4°C)

2. Gaz izotermik kengayib 28 kJ ish bajardi. Bunda gazga qancha issiqlik miqdori berilgan? (**J:** 28 kJ)

3. Agar 4 mol miqdoridagi bir atomli ideal gazni adiabatik siqishda gazning temperaturasi 10 K ga ortgan bo'lsa gaz ustidan qancha ish bajarilgan? (**J:** 498,6 J)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Termodinamikaning birinchi qonuni nimani tavsiflaydi?

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

2. Termodinamikaning birinchi qonuni issiqlik jarayonlarida... ning qo'llanishidir.

- A) Boyle-Mariott qonuni
- B) Nyutonning ikkinchi qonuni
- C) impulsning saqlanish qonuni
- D) energiyaning saqlanish qonuni

3. Qanday jarayonda gazning ichki energiyasi o'zgarmaydi?

- A) izobarik B) adiabatik C) izotermik D) izoxorik

4. Gazning izotermik kengayishida uning ichki energiyasi qanday o'zgaradi?

- A) ortadi C) o'zgarmaydi
- B) kamayadi D) ichki energiya ixtiyoriy bo'lishi mumkin

5. Gaz izobarik kengayganda, ideal gazning ichki energiyasi qanday o'garishini aniqlang.

A) o'zgarmaydi B) kamayadi C) ortadi D) Javob bosimga bog'liq

6. Qanday termodinamik jarayonda gazga berilgan issiqlik to'la uning ichki energiyasiga aylanadi?

- A) izobarik B) izoxorik C) izotermik D) adiabatik

7. Quyidagi jarayonlarning qaysi birida bajarilgan ish nolga teng?

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

8. Ideal gaz izoxorik va izobarik qizdirildi. Qaysi holda kam issiqlik sarf bo'lishini toping.

A) izoxorik B) ikkala holda bir xil

C) Javob gaz turiga bog'liq D) Javoblar ichida to'g'risi yo'q

9. Quyidagi qaysi izojarayonda berilgan issiqlik miqdori to'liq ichki energiya o'zgarishiga sarf bo'ladi?

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

10. 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) $Q = \Delta U + A$

11. Gazlarda izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni formulasini aniqlang.

A) $Q = A$ B) $DU = -A$ C) $DU = Q$ D) $Q = Lm$

12. Gaz ustida 7,2 kJ ish bajarildi. Bu jarayonda atrof-muhitga 6 kJ issiqlik miqdori uzatildi. Gazning ichki energiyasi qanchaga o'zgardi (kJ)?

A) 7,2 B) 1,2 C) 6 D) 0,6

13. Agar jismga Q issiqlik miqdori berilgan bo'lsa va tashqi kuchlar uning ustida A ish bajargan bo'lsa, jismning ichki energiyasi qanchaga o'zgarishini toping.

A) Q B) A C) $Q + A$ D) $Q - A$

14. 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

15. 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

16. Bir atomli gazga issiqlik berilganda, gaz izobarik ravishda 0,05 m³ kengaydi. Agar gazning bosimi 10⁵ Pa bo'lsa, gazning ichki energiyasi necha kJ ortgan?

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

17. Erkin siljiydigan porshenli silindrik idishda bir atomli gaz bor. Gazga Q issiqlik miqdori berilishi natijasida porshen surilib, 48 J ish bajarildi. Gazga berilgan issiqlik miqdorini aniqlang.

A) 60 J B) 90 J C) 100 J D) 120 J

18. Ideal gazga 400 J issiqlik berildi va tashqi kuchlar gaz ustida 700 J ish bajardi. Gaz ichki energiyasining o'zgarishi necha joul bo'ladi?

A) 1100 B) 300 C) 400 D) 500

19. Bir atomli ideal gazni izobarik isitishda unga berilgan Q issiqlik miqdorining qanday qismi gazning ichki energiyasini oshirishga sarflanadi?

A) 0,2Q B) 0,3Q C) 0,4Q D) 0,6Q

20. Ideal gazga 300 J issiqlik miqdori berilganda, gaz izotermik kengayib, qancha ish bajaradi?

A) 300 J B) 280 J C) 380 J D) 120 J

21. Gaz porshen bilan izotermik siqilganda, uning hajmi 5 marta kamaydi. Bunda gazning ichki energiyasi qanday o'zgarishini aniqlang.

A) o'zgarmaydi B) 5 marta ortadi

C) 5 marta kamayadi D) 2,5 marta ortadi

22. Ideal gaz izotermik kengayganda, 30 J ish bajardi. Gazga qancha issiqlik miqdori berilgan?

A) 50 J B) 30 J C) 40 J D) 100 J

23. Gaz hajmining ortishi bir xil bo'lganda, qaysi jarayonda u ko'proq ish bajarishini aniqlang.

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

24. Silindrik idishdagi erkin siljiydigan porshen ostida 2 mol bir atomli gaz bor. Gazga qancha issiqlik miqdori berilsa, uning temperaturasi 40 K ga oshadi (J)?

A) 1662 B) 8,31 C) 83,1 D) 831

25. 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

26. Silindrik idishdagi erkin siljiy oladigan porshen ostida 1 mol bir atomli gaz bor. Gazga 831 J issiqlik miqdori berilsa, uning temperaturasi qanchaga oshadi (K)?

A) 67 B) 831 C) 40 D) 200

27. Silindrik idishdagi erkin siljiydigan porshen ostida bir atomli gaz bor. Gaz bosimi $1 \cdot 10^5$ Pa ga teng. Unga 500 J issiqlik berilsa, hajmi qanchaga oshadi (I)?

A) 50 B) 25 C) 5 D) 2

28. Teng massali vodorod va geliy gazlari doimiy bosimda 40 K ga qizdirildi. Bunda gazlarning qaysi biri ko'proq ish bajaradi?

A) vodorod B) geliy C) bir xil ish bajariladi D) ish bajarilmaydi

29. Biror T temperaturadagi 2 mol bir atomli gazning temperaturasini doimiy bosimda 2 marta oshirish uchun qancha issiqlik miqdori kerak bo'ladi?

A) 2RT B) 3RT C) 4RT D) 5RT

30. Doimiy V_0 hajmli ballonda T_0 temperatura va P_0 bosim ostida turgan bir atomli ideal gazga Q issiqlik miqdori berilganda, gazning temperaturasi qanday bo'ladi?

A) $T_0(2 + \frac{\rho_0 V_0}{3Q})$ B) $T_0 \frac{\rho_0 V_0}{2Q}$
C) $T_0(1 + \frac{Q}{p_0 V_0})$ D) $T_0(1 + \frac{2Q}{3p_0 V_0})$

31. Gaz adiabatik ravishda siqilmoqda, gazning T temperaturasi va P bosimi qanday o'zgarishini aniqlang.

A) T ortadi, P kamayadi. B) T kamayadi, P ortadi.
C) T va P kamayadi. D) T va P ortadi.

32. 4 kg massali geliyni izoxorik ravishda 100 K ga qizdirish uchun qancha issiqlik miqdori kerak (MJ)?

A) 4 B) 1,25 C) 2,5 D) 4,25

33. Ballondagi bir atomli ideal gazga 498,6 J issiqlik miqdori berilganda, uning temperaturasi 40 K ga oshdi. Ballondagi gazning miqdorini aniqlang (mol).

- A) 2 B) 1 C) 3 D) 1,5

34. Ballon ichidagi geliy gaziga 25 J issiqlik miqdori berilganda, uning temperaturasi 2 K ga oshdi. Gaz massasini toping (g).

- A) 0,5 B) 10 C) 2 D) 4

35. Adibatik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi? Adibatik jarayon deb ... ro'y beradigan jarayonga aytiladi.

- A) doimiy bosim ostida B) doimiy hajmda
C) doimiy haroratda D) issiqlik almashmasdan

36. Agar ideal gaz adiabatik kengaysa, uning harorati qanday o'zgaradi.

- A) o'zgarmaydi B) ko'tariladi
C) pasayadi D) Javob gazning turiga bog'liq

37. Gaz hajmi izotermik va adiabatik siqish orqali bir xil kamaytirildi. Qaysi holda bosim kamroq o'zgargan?

- A) adiabatik B) izotermik C) bir xil D) gaz turiga bogliq

38. 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.

39. Gazni siqishdagi ish uning ichki energiyasining o'zgarishiga teng bo'ldi. Bu qanday jarayon?

- A) izoxorik B) izobarik C) adiabatik D) izotermik

40. Ideal gazni adiabatik siqishda 50 MJ ish bajarildi. Bunda gazning ichki energiyasi

- A) nolga teng bo'ladi B) 50 MJ ga ortadi
C) 50 MJ ga kamayadi D) 25 MJ ga ortadi

41. Gaz adiabatik kengayib, ichki energiyasi 0,5 kJ ga kamaydi. Bunda gaz qancha ish bajargan (kJ) bo'ladi?

- A) 0,25 B) 0,5 C) 2,5 D) 5

42. Gaz adiabatik kengayib, 10 kJ ish bajardi. Bunda gazning ichki energiyasi necha kJ ga kamaygan?

- A) 2,5 B) 5 C) 10 D) 0,5

43. Birinchi gal silindr porsheni ostidagi gazga tashqaridan 200 J energiya berildi va u 50 J ish bajardi. Ikkinchi gal porshen gazni adiabatik ravishda siqib, 75 J ish bajardi. Shu ikki holda gaz ichki energiyasining o'zgarishlari nisbatini $\Delta U_1/\Delta U_2$ toping

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4

44. Gaz 1) izobarik; 2) izotermik; 3) adiabatik ravishda bir xil hajmga kengayadi. Qaysi holda gazning bajargan ishi eng katta?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) uchala holda ham bir xil

45. Agar ideal gaz adiabatik kengaysa gazning harorati qanday o'zgaradi?

- A) $\Delta T = 0$ B) $\Delta T < 0$ C) $\Delta T > 0$ D) $\Delta T \leq 0$

46. Quyida berilgan tenglamalar orasidan izobarik jarayon tenglamasini, shu jarayon uchun termodinamikaning 1- qonuni va bajarilgan ish ifodalarini toping.

- 1) $\frac{V}{T} = \text{const}$; 2) $\frac{P}{T} = \text{const}$; 3) $PV = \text{const}$; 4) $PV = nRT$;
 5) $Q = A + \Delta U$; 6) $Q = \Delta U$; 7) $Q = A$; 8) $Q = 0$; 9) $A = P\Delta V$;
 10) $A = 0$; 11) $A = Q$; 12) $A = -\Delta U$.

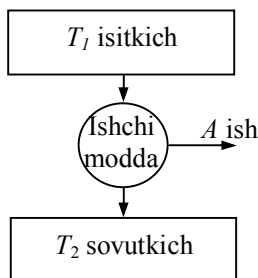
- A) 1; 5; 9 B) 2; 6; 11 C) 3; 7; 8 D) 4; 6; 10; 12

14- §. Issiqlik dvigatellari va ularning foydali ish koeffitsienti

Issiqlik dvigatellari deb, issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan qurilmaga aytiladi. Masalan, bug' trubinalari, ichki yonuv dvigatellari shular jumlasidandir. Issiqlik dvigatellarining hammasida ishchi jism (ish bajaradigan jism) gaz bo'lib, u kengayganda ish bajaradi. Har qanday issiqlik dvigateli Q_1 issiqlik miqdorini beradigan T_1 temperaturali isitkichdan, Q_2 issiqlik miqdorini oladigan T_2 temperaturali sovutkich va mexanik ish bajaradigan modda ishchi jismdan tashkil topadi (22- rasm).

Issiqlik dvigatelining ishlash prinsipi quyidagicha:

- Har qanday issiqlik dvigatelida yonilg'ining ichki energiyasi mexanik energiyaga aylanadi.

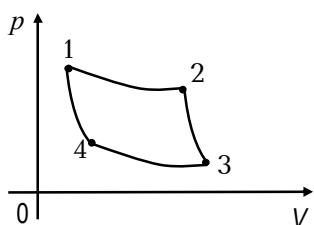


22- rasm

- Issiqlik dvigatellarining ishlashi uchun turli temperaturali isitkich va sovutkichning bo'lishi shart.

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 taktli



23- rasm.

ideal issiqlik dvigatelining ishlash prinsipi tushuntirib berildi. Bu ideal issiqlik dvigatelining ishlash sikli ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat (23-rasm).

1- holatda turgan ishchi jismining (gazning) boshlang'ich haroratini T_1 deb belgilaymiz. 1- holatda turgan gaz T_1 haroratda izotermik kengayib, 2- holatga o'tadi. Bu paytda gaz isitkichdan Q_1 ga teng issiqlik miqdori olib tashqi kuchga qarshi $A_{1,2}$ ish bajaradi. Ayni paytda, $A_{1,2} = Q_1$ bo'ladi.

Gaz 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 energiyasi hisobiga tashqi kuchlarga qarshi $A_{2,3}$ ish bajaradi. Ish bajargan sari gazning ichki energiyasi kamayadi uning temperaturasi T_1 dan T_2 temperaturagacha pasayadi. Ammo bu harorat atrofdagi muhitning haroratidan ancha yuqori bo'ladi.

Gaz 3- holatga o'tgandan so'ng uning temperaturasi T_2 bo'lgan sovutkich bilan kontaktga keladi. Bu holatdan gazni tashqi kuchlarga qarshi 4- holatga kelguncha izotermik siqamiz. Bunda tashqi kuchlar gazni siqib, $A_{3,4}$ ish bajaradi. Shuningdek, sistema sovutkichga Q_2 issiqlik beradi.

Gaz 4- holatga erishgandan so'ng uni sovutkichdan ajratamiz va 1- holatga adiabatik ravishda siqib o'tkazamiz. Bunda gaz adiabatik siqilib, uning ustidan tashqi kuchlar $A_{4,1}$ ish bajaradi. Shuningdek, gaz temperaturasi T_2 dan T_1 gacha ko'tarilib, dastlabki 1- holatga o'tadi.

Karno sikli bo'yicha ishlayotgan issiqlik dvigatelining bajargan foydali ishi $A = Q_1 - Q_2$ ga ifoda orqali aniqlanadi. Bunda: Q_1 – isitkichdan olingan issiqlik miqdori; Q_2 – sovut-

kichga berilgan issiqlik miqdori.

Issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsienti (FIK) deb, dvigatel bajarayotgan A ishning isitkichdan olingan Q_1 issiqlik miqdoriga nisbati aytiladi, ya'ni:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (1).$$

Hamma dvigatellarda ma'lum miqdor issiqlik sovitkichga berilgani uchun hamma hollarda $\eta < 1$ bo'ladi.

Termodinamika qonunlari isitkichning harorati T_1 va sovitkichning harorati T_2 bo'lgan issiqlik dvigatelining erishi-lishi mumkin bo'lgan eng katta FIKni hisoblashga imkon beradi. Buni birinchi bo'lib fransuz injeneri va olimi Sadi Karno hisoblab topdi. Karno ishchi jism sifatida ideal gaz qo'llaniladigan ideal issiqlik mashinasi uchun FIKning qiymati:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (2)$$

ifoda asosida hisoblanishini aniqladi. Demak, ideal issiqlik mashinalarining FIK faqat isitkich va sovitkich temperaturalarining farqiga to'g'ri proporsional ekan. Agar isitkich va sovitkich temperaturalarining farqi $T_1 - T_2 = 0$ bo'lsa, dvigatel ish bajara olmaydi.

Nazorat uchun savollar

1. *Qanday qurilmaga issiqlik dvigateli deb ataladi?*
2. *Issiqlik dvigatelida isitkich, sovitkich va ishchi jismning ahamiyati qanday?*
3. *Karno sikli qanday jarayonlardan iborat? Karno siklining ishlashini tushintiring?*
4. *Dvigatelning foydali ish koeffitsienti deb nimaga aytiladi? U qanday hisoblanadi.*

Mavzuga doir masala yechish namunalari

1. Ishchi jism (gaz) isitkichdan 840 J issiqlik oldi. Agar issiqlik dvigatelining FIK 30% bo'lsa, gaz qancha ish bajaradi?

Berilgan: $Q_1 = 840 \text{ J}$; $\eta = 30 \% = 0,3$; $A = ?$

Yechilishi: issiqlik dvigatelining foydali ish koefitsienti (FIK) dvigatel bajarayotgan A ishning isitkichdan olingan Q_1 issiqlik miqdoriga nisbati bilan aniqlanadi, ya'ni: $\eta = \frac{A}{Q_1}$. Bundan $A = \eta \cdot Q_1$ ga ega bo'lamiz va bajarilgan ishni hisoblaymiz: $A = 0,3 \cdot 840 \text{ J} = 252 \text{ J}$

Javob: 252J

2. Issiqlik mashinasi bir siklda 600 J ish bajaradi va bunda u sovitchiga 600 J issiqlik beradi. Issiqlik mashinasining FIKni toping.

Berilgan: $A = 600 \text{ J}$; $Q_2 = 600 \text{ J}$; $\eta = ?$

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: $\eta = \frac{A}{Q_1}$. Bu munosabatlariga ko'ra, dvigatelining FIKni quyidagicha ifodalaymiz:

$$\eta = \frac{A}{A + Q_2} = \frac{600J}{600J + 600J} = 0,5.$$

Javob: 50%

3. Karno siklida ishlayotgan bug‘ turbinasiga temperatura-si 480°C bo‘lgan bug‘ kirib, undan 130°C temperaturada chiqsa, bug‘ turbinasining FIKni aniqlang.

Berilgan: $t_1 = 480^{\circ}\text{C}$, $T_1 = 753\text{ K}$; $t_2 = 130^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 403\text{ K}$;
 $\eta = ?$

Yechilishi: isitkichning harorati T_1 va sovutkichning harorati T_2 bo‘lgan issiqlik dvigatelining erishilishi mumkin bo‘lgan eng katta FIKni $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ ifoda orqali hisoblaymiz.

$$\eta = \frac{753 - 403}{753} = 0,47.$$

Javob: 47%.

4. Issiqlik mashinasidan isitkichning temperaturasi 237°C , sovutkichniki 67°C . Agar bir siklda isitkichdan 1800 J issiqlik miqdori olinsa, mashina bir siklda bajara oladigan ishni aniqlang.

Berilgan: $t_1 = 237^{\circ}\text{C}$, $T_1 = 510\text{ K}$; $t_2 = 67^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 340\text{ K}$;
 $Q_1 = 1800\text{ J}$; $A = ?$

Yechilishi: isitkichning harorati T_1 va sovutkichning harorati T_2 bo‘lgan issiqlik dvigatelining FIKni $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, hamda dvigatelining FIK, dvigatel bajarayotgan A ishning isitkichdan olingan Q_1 issiqlik miqdoriga nisbati bilan aniqlanishini inobatga olib, ya’ni: $\eta = \frac{A}{Q_1}$. Bu munosabatlar

asosida dvigatelning bajarilgan ishi $A = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot Q_1$ ifoda asosida hisoblanadi.

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

Javob: 600 J.

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Ideal issiqlik mashinasining FIKni kim hisoblagan?
A) Bolsman B) Selsiy C) Kelvin D) Karno
2. Siklda issiqlik mashinasi 21 kJ ish bajarib, sovutkichga 29 kJ issiqlik miqdorini beradi. Mashinaning foydali ish koeffitsientini aniqlang.
A) 30% B) 40% C) 42% D) 52%
3. Ideal issiqlik dvigateli isitkichdan 0,8 MJ issiqlik miqdori qabul qilib, sovutkichga 0,3 MJ issiqlik miqdorini beradi. Bu issiqlik dvigatelining maksimal FIKni (%) hisoblang.
A) 50 B) 62,5 C) 83,5 D) 30
4. Foydali ish koeffitsienti h bo'lgan issiqlik mashinasi isitkichdan Q issiqlik miqdori olganda, qanday ish bajaradi?
A) $(1-h) Q$ B) $(1 + h) Q$ C) hQ D) Q/h
5. Isitkichning harorati 477°C , sovutkichniki 27°C bo'lgan issiqlik mashinasining maksimal FIKni hisoblang (%).
A) 20 B) 30 C) 40 D) 60
6. Bug' turbinasiga bug' 500°C harorat bilan kirib, undan 30°C harorat bilan chiqib ketadi. Bug' turbinasini ideal issiqlik mashinasi deb hisoblab, uning FIKni aniqlang (%).
A) 61 B) 94 C) 30 D) 77
7. Agar isitkichining temperaturasi 127°C , sovutkichining temperaturasi 7°C bo'lgan ideal issiqlik mashinasi bir siklda isitkichdan 1300 J issiqlik olsa, bajarilgan foydali ishni hisoblang.
A) 400 J B) 360 J C) 600 J D) 390 J

8. FIK 40% bo'lgan issiqlik mashinasi bitta siklda 34 kJ ish bajaradi. Mashina bir siklda sovutkichga qancha issiqlik miqdori berishini aniqlang (kJ).

A) 28 B) 42 C) 51 D) 63

9. 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

10. Agar issiqlik dvigateli isitkichdan olgan issiqlik miqdorining uchdan ikki qismini sovutkichga bersa, dvigatelning FIKni toping (%).

A) 33 B) 54 C) 67 D) 60

11. Sovutkichning absolut harorati isitkichning absolut temperaturasining to'rtidan biriga teng. Ideal issiqlik mashinasining FIKni hisoblab toping (%).

A) 25 B) 30 C) 75 D) 54

12. Ideal issiqlik mashinasida isitkichning absolut harorati sovutkichning absolut haroratidan ikki marta katta bo'lsa, bunday mashinaning foydali ish koeffitsienti qanday?

A) 30% B) 40% C) 50% D) 67%

13. Ideal issiqlik dvigatelining FIK 62,5% bo'lishi uchun uning isitkichining harorati qanday bo'lishi kerak (K)? Sovutkichning harorati 300 K ga teng.

A) 600 B) 700 C) 750 D) 800

15. Ideal issiqlik mashinasi bir siklda 500 K haroratdagi isitkichdan 2500 J issiqlik miqdori olsa, 300 K haroratdagi sovutkichga qancha issiqlik miqdori beradi (J)?

A) 500 B) 1000 C) 1200 D) 1500

16. Agar issiqlik mashina isitkichining temperaturasi 500 K, sovutkichiniki 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

17. Ideal issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsienti 75 % bo'lishi uchun isitkichning temperaturasi sovutkichning temperaturasidan necha marta katta?

A) 4 B) 3 C) 5 D) 2

18. FIK 40% bo'lgan ideal issiqlik mashinasi qizdirgichdan 10 kJ issiqlik oladi. Sovutkichga berilayotgan issiqlik miqdori qanchaga teng (kJ)?

A) 7 B) 6 C) 3 D) 3,5

19. Issiqlik mashinasi isitkichining temperaturasi – 127°C, sovutkichiniki – 27°C. Agar isitkichning absolut temperaturasi ikki marta orttirilsa, bu mashinaning FIK necha foizga ortadi?

A) 25 B) 30,75 C) 35 D) 37,5

20. Ideal issiqlik mashinasining ishchi jismi bo'lgan gaz ichki energiyasining bir sikl davomidagi o'zgarishini toping. Sikl davomida gaz isitkichdan Q_1 issiqlik miqdori oladi, sovutkichga Q_2 issiqlik miqdori beradi va A ish bajaradi.

A) $Q_1 - Q_2 + A$ B) $Q_1 - Q_2$ C) 0 D) $Q_1 + Q_2 - A$

21. Ideal issiqlik mashinasidagi gaz isitkichdan olgan is-siqligining 60% ini sovutkichga beradi. Agar isitkichning harorati 227°C bo'lsa, sovutkichning harorati qanday bo'lgan?

A) 68°C B) 77°C C) 300 K D) 150 K

22. Agar sovitkichining harorati 27°C bo'lsa, issiqlik mashinasining FIK 50% bo'lishi uchun uning isitkichning harorati kamida qanday bo'lishi kerak?

A) 327°C B) 477°C C) 750°C D) 1023°C

23. FIK 50% bo'lishi uchun isitkichining harorati 527°C bo'lgan issiqlik mashinasi sovitkichining harorati qancha bo'ladi (K)?

A) 263,5 B) 351 C) 127 D) 400

24. Issiqlik mashinasi bir sikl davomida $6,7 \cdot 10^4 \text{ J}$ ish bajardi. Isitkich temperaturasi 100°C , sovitkich temperaturasi 0°C bo'lsa, isitkichdan olgan issiqlik miqdorini aniqlang (kJ).

A) 210 B) 150 C) 250 D) 170

25. Issiqlik mashinasida isitkichning temperaturasi 327°C ga, sovitkichniki esa 27°C ga teng. Isitkich temperaturasini ikki marta orttirilsa, FIK necha foizga ortadi?

A) 25 B) 30 C) 35 D) 37,5

26. 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 (kJ).

A) 7,2 B) 7 C) 72 D) 900

27. Foydali ish koeffitsienti 40% bo'lgan issiqlik mashinasi bitta siklda sovitkichga 63 kJ issiqlik beradi. Mashina bitta siklda qancha ish bajaradi (kJ)?

A) 28 B) 21 C) 42 D) 56

28. Ideal issiqlik dvigateli isitkichining harorati 327°C bo'lib sovutkichning harorati 127°C ga teng. Shu ideal mashinaning FIK ikki marta oshirish uchun isitkichning haroratini necha gradus oshirish kerak bo'ladi?

A) 527 B) 654 C) 327 D) 600

29. Ideal issiqlik dvigatelida sovutkichning temperaturasi 62°C , issiqlik dvigatelining FIK 50% bo'lsa, isitkich bilan sovutkich temperaturalari orasidagi farqni aniqlang (K).

A) 62 B) 165 C) 335 D) 500

30. Ideal issiqlik mashinasi isitkichining absolut temperaturasi sovutkichnikidan uch marta yuqori. Isitkich gazga 30 kJ issiqlik miqdori berganda u qancha ish bajaradi (kJ)?

A) 30 B) 25 C) 10 D) 20

31. Isitkichining temperaturasi T_1 sovutkichining temperaturasi T_2 bo'lgan issiqlik mashinasi berilgan. T_1 ni ΔT ga orttirib, T_2 ni o'zgartirmagan va T_2 ni ΔT ga kamaytirib, T_1 ni o'zgartirmagan hollardagi FIKlarning nisbatini toping.

A) $\frac{T_1}{T_1 + \Delta T}$ B) $\frac{T_1 + \Delta T}{T_1 + \Delta T}$ C) $\frac{T_1 - \Delta T}{T_1}$ D) $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$

32. Mashina vali minutiga 3000 marta aylanadi. Bunda unga birlashtirilgan to'rt taktli dvigatelning har bir silindrida yonuvchi aralashma bir sekundda necha marta chaqnaydi?

A) 50 B) 40 C) 30 D) 25

33. Ideal mashina isitkichining harorati 427°C bo'lib, sovutkich harorati 127°C ga teng. Issiqlik mashinasi bir siklda isitgichdan 600J issiqlik miqdori olib sovutkichga

400 J issiqlik miqdori beradi. Real mashinaning FIK ideal mashinaning FIKning qancha qismini tashkil etishini toping.

A) $1/2$ B) $6/7$ C) $7/9$ D) $7/8$

34. Ideal issiqlik dvigatelida isitkich bilan sovutkichning temperaturalari farqi 115°C . Issiqlik dvigatelining FIK 25% bo'lsa, sovutkichning temperaturasi qanday bo'lgan?

A) 27°C B) 52°C C) 72°C D) 125°C

VI BOB. SUYUQLIK VA GAZLARNING BIR-BIRIGA AYLANISHI

15- §. Bug‘lanish jarayoni. 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 suyuqlik qolmaganligini ko‘ramiz. Kuzatilgan bu fizik hodisaga byg‘lanish hodisasi sababdir. **Suyuqlikning bug‘ga o‘tish jarayoni bug‘lanish deb ataladi.**

Modda tuzilishining molekular-kinetik nazarayasiga asosan bug‘ hosil bo‘lish jarayoni quyidagicha tushuntiriladi. Har qanday suyuqlikda ma‘lum sondagi «sekin» va «tez» harakatlanuvchi molekular mavjud. Biror molekula suyuqlikdan tashqariga ajralib chiqishi uchun u suyuqlik sirtiga yaqin joylashgan boshqa molekularning ta’sir kuchini yengishi zarur. Buning uchun u katta energiyaga ega bo‘lishi kerak. Tez harakatlanuvchi ba’zi molekularning tezliklari suyuqlikning sirtiga qarab yo‘nalgan bo‘lsa, ular suyuqlikdan ajralib chiqadi. Tezligi katta molekular har qanday temperaturada ham suyuqlikda mavjud bo‘lad. Shu sababli bug‘lanish suyuqlikning har qanday temperaturasida ham sodir bo‘ladi.

Vaqt birligi ichida suyuqlikning bir birlik sirt yuzasidan bug‘langan suyuqlikning massasi yoki bug‘langan suyuqlik molekulari soni bug‘lanish tezligi (intensivligi) deyiladi. Bug‘lanish tezligi suyuqlikning turiga bog‘liq. Molekulari bir-biri bilan kuchsizroq bog‘langan suyuqliklarda bug‘lanish tezligi katta bo‘ladi. Suyuqlik temper-

aturasi ortishi bilan bug‘lanish tezligi ham ortadi. Bug‘lanish tezligi suyuqlik ustidagi havoning holatiga ham bog‘liq. Shamol esib turganda suyuqlik sirtidagi molekullarga shamol qo‘shimcha energiya berilganligi tufayli suyuqlik tezroq bug‘lanadi. Masalan, agar havoning harorati yuqori hamda shamol esib turgan bo‘lsa, asfalt ustidagi ko‘lmak suv tezroq quriydi.

Agar har xil yuzali idishlarga bir xil miqdorda suyuqlik quysak, keng yuzali idishdagi suyuqlikning tezroq bug‘lanib ketganligini ko‘ramiz. Demak, bug‘lanish tezligi suyuqlik sirtining kattaligiga ham bog‘liq ekan. Shuningdek, bug‘lanish tezligi suyuqlik sirtiga ta‘sir qilayotgan atmosfera bosimiga ham bog‘liq. Bosim kamayishi bilan bug‘lanish tezligi oshadi.

Bug‘lanish jarayonida suyuqlikdan kinetik energiyasi katta (tez harakatlanayotgan) molekullar ajralib chiqqanligi sababli suyuqlikning ichki energiyasi kamayadi. Natijada bug‘lanayotgan suyuqlikning temperaturasi pasayadi. Masalan, qo‘lingizni tez bug‘lanuvchi suyuqlik (benzin, aseton yoki spirt) bilan ho‘llasangiz, qo‘lingizning sovuganligini sezasiz. Bunga sabab qo‘lingizdagi suyuqlik bug‘lanishi uchun u issiqlikni qo‘lingizdan oladi.

Bug‘lanish jarayoniga bir vaqtda teskari jarayon ham mavjud, ya‘ni bug‘ning yana suyuqlikka aylanadi. Bug‘ning suyuqlikka aylanish jarayoni **kondensatsiya** deyiladi. Og‘zi yopiq idishdagi suyuqlik miqdorining o‘zgarmay qolishiga ayni shu bug‘ning kondensatsiyalanishi sababdir.

Solishtirma bug‘lanish issiqligi

Suyuqlikni o‘zgarmas temperaturada bug‘lantirish uchun unga biror energiya, ya‘ni issiqlik miqdori berishi kerak. Bu issiqlik miqdori **bug‘lanish issiqligi** deyiladi. Suyuqlikning

bug‘lanish issiqligi (Q) bug‘langan suyuqlik massasi (m)ga to‘g‘ri proporsionaldir, ya’ni

$$Q = \lambda \cdot m \quad (1).$$

Bu yerda λ – suyuqlikning turiga bog‘liq bo‘lgan proporsionallik koeffitsienti bo‘lib, **bug‘ hosil bo‘lishining solishtirma issiqligi** deyiladi. (1) ifodadan

$$\lambda = \frac{Q}{m} \quad (2).$$

XBSda bug‘ hosil bo‘lishining solishtirma issiqligi [J/kg] da o‘lchanadi.

(2) tenglikdan bug‘ hosil bo‘lishining solishtirma issiqligining quyidagi fizik ma’nosi kelib chiqadi. **O‘zgarmas temperaturada 1 kg suyuqlikni to‘liq bug‘lantirish uchun ketgan issiqlik miqdoriga son jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalik bug‘ hosil bo‘lishining solishtirma issiqligi yoki solishtirma bug‘lanish issiqligi deyiladi.**

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuniga ko‘ra berilgan suyuqlikni bug‘lantirish uchun qancha issiqlik miqdori sarflangan bo‘lsa, bug‘ kondensatsiyalanib o‘shanday temperaturali suyuqlikka aylanganda, bug‘lanish issiqligiga teng bo‘lgan issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Bu issiqlik kondensatsiyalanish issiqligi deyiladi.

$$Q_{kon} = -Q_{bug'} = -\lambda \cdot m \quad (3).$$

To'yingan va to'yinmagan bug'lar

Suyuqlik idishga quyilib, uning qopqog'i zich qilib berkitilgan bo'lsin. Dastlab suyuqlik bug'lanadi va suyuqlik ustidagi bug' zichligi asta-sekin ortib boradi. Shuningdek, suyuqlikka qaytib tushayotgan molekulalar soni ham ortib boradi. Natijada yopiq idishda harorat o'zgarmay turganda suyuqlik–bug' tizimi o'rtasida dinamik muvozanat holati yuzaga keladi, suyuqlikning kamayishi to'xtaydi. Boshqacha so'z bilan izohlansa, bug'lanish jaroyoni bilan bir vaqtda kondensatsiyalanish ham yuz beradi va bu ikki jaroyon birbirini muvozanatlaydi, ya'ni suyuqlik ichidan vaqt birligida bug'lanayotgan molekulalar soni shu vaqt ichida qaytib suyuqlikka qo'shilayotgan, tushayotgan molekulalarning soniga teng bo'ladi. **O'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lgan bug' to'yingan bug' deyiladi.** Bug' to'yinganda uning kondensatsiyalanish tezligi doim bug'lanish tezligiga aynan teng bo'ladi. Yomg'irli va tumanli havoda atmosferadagi suv bug'i to'yingan bug'ga misoldir. Tajribalarning ko'rsatishicha, to'yingan bug'ning holatini ideal gazning holat tenglamasi taqriban ifodalaydi. To'yingan bug'ning bosimini

$$P = nkT \quad (4)$$

tenglama orqali ifodalash mumkin.

O'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lmagan bug' **to'yinmagan bug'** deyiladi.

Suyuqlik o'zining bug'i bilan muvozanatda bo'lgan holdagi hajmga bog'liq bo'lmagan bosimi to'yingan bug' bosimi deb ataladi.

(4) ifodaga ko'ra, **to'yingan bug' bosimi** bug' konsentrasiyasiga to'g'ri proporsional ekanligidan, o'zi egallab turgan hajmga bog'liq emasligi kelib chiqadi. Harorat ko'tarilgan

sari, to'yingan bug'ning bosimi ortadi.

Ochiq idishda turgan suyuqlik miqdori vaqt o'tishi bilan tobora kamayib boradi. Usti ochiq idishdan bug'lanayotgan bug'lar to'yinmagan bug'lardir. Bug'lanishning bu holatida bug'lanish tezligi doim kondensatsiyalanish tezligidan katta bo'ladi. Shuning uchun bir xil temperaturadagi to'yinmagan bug'ning zichligi to'yingan bug'ning zichligidan kichik bo'ladi.

Havoning namligi. Absolut va nisbiy namlik

Yer sharining $\frac{2}{3}$ 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. Yerda bo'ladigan ko'p jarayonlar ma'lum darajada havoning namligi bilan bog'liq. Shuning uchun namlikning miqdorini bilish va uni o'lchay olish amaliy ahamiyatga ega. Atmosfera turli xil gazlar va suv bug'ining aralashmasidan iborat. Atmosfera bosimi, Dalton qonuniga ko'ra, gazlar va suv bug'i parsial bosimlarning yig'indisiga teng. **Berilgan hajmda boshqa gazlar bo'lmagan holda, faqat suv bug'i berishi mumkin bo'lgan bosim suv bug'inining parsial bosimi deyiladi.**

Berilgan sharoitda havoda birlik hajmda mavjud bo'lgan suv bug'ining miqdoriga **absolut namlik** deyiladi. Havodagi suv bug'ining parsial bosimi uning zichligiga to'g'ri proporsional bo'lganligi uchun absolut namlikni bug'ning zichligi orqali ifodalash mumkin. Absolut namlik [g/m^3] da o'lchanadi. Berilgan hajmdagi havodagi suv bug'ining massasi (grammlar bilan hisoblangan) orqali absolut namlik quyidagicha hisoblanadi:

$$\rho_a = \frac{m}{V} \quad (5)$$

Ba’zida havodagi suv bug‘ining parsial bosimi ham absolut namlik deyiladi. Shuning uchun absolut namlikni suv bug‘ining parsial bosimi orqali ham ifodalashimiz mumkin. Temperaturasi T bo‘lgan havoda mavjud bo‘lgan suv bug‘i parsial bosimi p ning shu temperaturada to‘yingan bug‘ning bosimi p_0 ga nisbatining foizlarda olingan qiymati **havoning nisbiy namligi** deyiladi, ya’ni

$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\% \quad \text{yoki} \quad \varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\% \quad (6)$$

Bu yerda: ρ – havoda mavjud bo‘lgan suv bug‘ining zichligi, ρ_0 – to‘yingan suv bug‘ining zichligi. Demak, absolut 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.

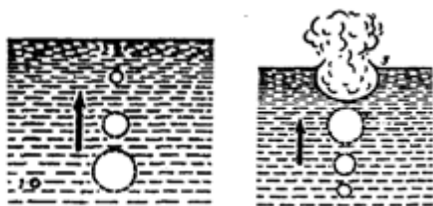
Ko‘pincha havo temperaturasi soviganda, havodagi to‘yinmagan bug‘ to‘yingan bug‘ holatiga o‘tadi. Havodagi suv bug‘i to‘yinadigan temperatura **shudring nuqta** deyiladi. Havoning absolut namligini shudring nuqta orqali aniqlaydigan asbob **gigrometr** deyiladi. Havoning nisbiy namligi **psixrometr** yordamida o‘lchanadi. Psixrometr ikki termometrdan iborat bo‘lib, termometrlardan birining uchi quruq, ikkinchi termometr esa ho‘l latta orqali suvga botirilgan bo‘ladi. Quruq termometr havoning, uchi hul termometr esa bug‘lanayotgan suyuqlikning temperaturasini o‘lchaydi. Quruq va ho‘l termometrlarning ko‘rsatishlari orasidagi farqqa ko‘ra (jadval asosida) havoning nisbiy namligi aniqlanadi.

Qaynash. Qaynash temperaturasining tashqi bosimga bog'liqligi

Isitilayotgan suyuqlik ichida bo'layotgan hodisalarni kuzatish juda oson. Shisha idishga solingan suvning isish jarayonini kuzataylik. Suvning temperaturasi ko'tarila boshlagach, unda juda ko'p sondagi mayda pufakchalar paydo bo'la boshlaydi. Bu pufakchalar ichida havo bilan birga to'yingan suv bug'i mavjud. Demak, suyuqlikning tarkibida doim havo mavjud ekan. Dalton qonuniga ko'ra, pufakcha ichidagi bosim to'yingan bug'ning bosimi bilan havo bosimini yig'indisiga teng. Paskal qonuniga ko'ra, pufakchaga tashqaridan ta'sir qilayotgan bosim atmosfera bosimi bilan gidrostatik bosimlarning yig'indisiga teng. Pufakchaning hajmi o'zgarganda $P_{t. bug} + P_{havo} = P_{atm.} + P_{gidrost}$ tenglik bajarilishi kerak.

Suyuqlik ichida ajralgan pufakchalar Arximed kuchi ta'sirida yuqori ko'tarilib, suyuqlikning sovuqroq qismiga yetib keladi. Pufakcha ichidagi to'yingan bug'ning temperaturasi pasayib, uning bir qismi kondensatsiyalanadi. Shu sababli pufakchanning hajmi kichrayib, ba'zilar suyuqlikning sirtiga yetib bora olmaydi. Suyuqlikni isitishni yana davom ettaversak, pufakcha ichidagi to'yingan bug'ning bosimi $P_{t. bug} = nkT$ bog'lanishga ko'ra oshib, suyuqlikning hamma qismlarining temperaturasi tenglasha boradi. Darhaqiqat, pufakcha yuqoriga ko'tarilgan sari, gidrostatik bosim kamayib, pufakcha kattlasha boradi. Hatto ba'zi pufakchalar suyuqlikning sirtiga chiqib yorilib ketadi. (24-rasm).

Pufakcha suyuqlikning sirtiga yetib kelishi uchun uning ichidagi bosim eng kamida tashqi atmosfera bosimiga teng bo'lishi shart, ya'ni $P_{puf} \geq P_{atm.}$



24- rasm

Suyuqlikning temperaturasi shu suyuqlik uchun xos bo‘lgan ma’lum bir temperaturaga yetgach, ko‘pchilik pufakchalar suyuqlikning ichida yorilib keta boshlaydi. Natijada suyuqlikning ichida va sirtida bir vaqtda bug‘ hosil bo‘la boshlaydi. **Suyuqlikning butun hajmida bug‘ ajralib chiqish jarayoni qaynash deyiladi. Suyuqlik qaynay boshlagan temperatura qaynash temperaturasi deyiladi.**

Pufakcha ichidagi bosim tashqi va gidrostatik bosimlarning yig‘indisiga tenglashgach, qaynash sodir bo‘ladi. Pufakcha ichidagi to‘yingan bug‘ning bosimi suyuqlikning temperaturasiga to‘g‘ri proporsional bo‘lib, tashqi atmosfera bosimiga ham bog‘liq degan xulosaga kelamiz. Shuningdek, qaynash temperaturasi suyuqlikning tabiatiga bog‘liq. Normal sharoitda suv 100°C da qaynaydi. Qaynash temperaturasining tashqi atmosfera bosimiga bo‘g‘liqligini quyidagi tajribada kuzatish oson. Kolbada qaynayotgan suyuqlikning og‘zini tiqin bilan mahkam berkitib, uni isitgichdan olib qo‘yib to‘nkarsak, suvning qaynashi birdan to‘xtaydi. To‘nkarilgan idishning tubiga sovuq suv quyib sovutsak, idishdagi suvning yana qaynay boshlaganligini ko‘ramiz.

Idishning tubiga quyilayotgan sovuq suv uning ichidagi to‘yingan bug‘ning bir qismini kondensatsiyalashi tufayli bug‘ning bosimi kamayadi. Natijada suyuqlik pastroq temperaturada ham qaynay boshlaydi. (25- rasm).

Dengiz sathidan yuqoriga ko‘tarilgan sari, atmosferaning



25- rasm

bosimi kamayib borishini bilamiz. Shuning uchun tog'ning tepasida suv 100°C dan past temperaturada, masalan, dengiz sathiga nisbatan 5 km bo'lgan tog' tepasida suv 82°C haroratda qaynayshi tajribada kuzatilgan. Shu tufayli tog'da og'zi ochiq qozonda go'shtni pishirib bo'lmaydi. Bunday balandliklarda go'shtni pishirish uchun qozonning og'zini mahkam berkitish kerak. Bunda qopqoq tagidagi to'yingan bug'ning bosimi oshib, qozondagi suyuqlikning qaynash temperaturasi ham ortadi.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, suyuqlik qaynayotganda, uning temperaturasi o'zgarmaydi. Unga berilayotgan issiqlik miqdori suyuqlikni bug'lantirish uchun sarf bo'ladi.

Nazorat uchun savollar

1. Bug'lanish deb nimaga aytiladi?
2. Solishtirma bug'lanish issiqligini ta'riflang, suyuqlikni bug'lantirish uchun ketadigan issiqlik miqdorini hisoblash formulasini yozing.
3. Nima uchun hovuzdagi suv sirtidan muzlaydi?
4. To'yingan va toyinmagan bug'larni ta'riflang.
5. To'yingan bug'ning bosimi qanday kattaliklarga bog'liq?
6. Qaynash nima? Qaynash temperaturasi tashqi atmosfera bosimiga qanday bog'liq?

Mavzuga doir masalalar yechish

1. 17°C temperaturada havodagi suv bug‘ining parsial bosimi 11kPa ga teng. Absolut namlik nimaga teng?

Berilgan: $t = 17^{\circ}\text{C}$ $T = 290\text{K}$; $p = 11\text{kPa} = 11 \cdot 10^3 \text{Pa}$; $\rho = ?$

Yechilishi: Havodagi suv bug‘ining holatini baholashda Mendeleyev-Klapeyron tenglamasidan foydalanamiz:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot RT.$$

Bundan $\frac{m}{V} = \frac{M \cdot p}{R \cdot T}$ ga ega bo‘lamiz va havoning absolut namligini bu munosabatga ko‘ra quyidagicha hisoblaymiz:

$$\rho = \frac{M \cdot p}{R \cdot T} = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 11 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 290} = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{kg} / \text{m}^3.$$

2. 17°C temperaturada havodagi nisbiy namlik 70% ni tashkil qilgan bo‘lsa, absolut namlik qanday bo‘ladi? 17°C haroratda to‘yingan suv bug‘ining zichligi 14,5 g/m³ ga teng.

Berilgan: $t = 17^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 70\% = 0,7$; $\rho_t = 14,5 \text{g/m}^3$; $\rho = ?$

Yechilishi: nisbiy namlikni aniqlash $\varphi = \frac{\rho}{\rho_t}$ ifodasidan foydalanib absolut namlikni hisoblaymiz:

$$\rho = \varphi \cdot \rho_t = 0,7 \cdot 14,5 \text{g/m}^3 = 10,15 \text{g/m}^3.$$

3. 15°C temperaturada berk idishdagi nisbiy namlik 65% ga teng. Agar idish ichidagi temperatura 25°C gacha ko‘tarilsa, nisbiy namlik qanday o‘zgaradi? 15°C temperaturada to‘yingan suv bug‘ining elastikligi 1,71 kPa; 25°C da esa 3,17 kPa ga teng.

Berilgan: $T_1 = 288 \text{K}$; $\varphi_1 = 65\% = 0,65$; $T_2 = 298 \text{K}$; $p_{1t} = 1,71 \cdot 10^3 \text{Pa}$; $p_{2t} = 3,17 \cdot 10^3 \text{Pa}$; $\varphi_2 = ?$

Yechilishi: Idish ichidagi bug‘ to‘yinmagan, bug‘ning

parsial bosimi Sharl qonuniga asosan o'zgaradi, ya'ni:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}. \text{ Bu munosobatga ko'ra } T_2 \text{ haroratdagi to'yinmagan}$$

gazning bosimi $p_2 = \frac{p_1 \cdot T_2}{T_1}$ ga teng.

T_1 temperaturada suv bug'ining nisbiy namligi

$$\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{1t}} \cdot 100\% \text{ va } T_{2t} \text{ temperaturada suv bug'ining nisbiy}$$

namligi $\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{2t}} \cdot 100\%.$

Yuqorida keltirgan munosobatlardan foydalanib namlikni hisoblaymiz:

$$\varphi_2 = \frac{p_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot p_{2t}} \cdot 100\% = \frac{\varphi_1 \cdot p_{1t} \cdot T_2}{T_1 \cdot p_{2t}} = \frac{65 \cdot 1,71 \cdot 10^3 \cdot 298}{288 \cdot 3,17 \cdot 10^3} = 36,3\%.$$

4. Temperaturasi 20°C bo'lgan havoda, temperaturasi 7°C bo'lgan jism terlay boshlaydi. Havoning nisbiy namligini aniqlang. 7°C haroratda to'yingan suv bug'ining bosimi – 1 kPa, 20°C haroratda to'yingan suv bug'ining bosimi 2,33 kPa ga teng.

Berilgan: $t_1 = 20^\circ\text{C}$; $t_{sh} = 7^\circ\text{C}$; $p_p = 1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$; $p_{tb} = 2,33 \text{ kPa} = 2330 \text{ Pa}$; $\varphi = ?$

Yechilishi: havodagi suv bug'ning parsial bosimi shu haroratdagi to'yingan suv bug'ining bosimiga teng bo'lganda, shudring tushadi (bu temperaturadagi jism terlaydi). Bu holda namlik quyidagicha hisoblanadi:

$$\varphi = \frac{p_p}{p_{tb}} \cdot 100\% = \frac{1000}{2330} \cdot 100\% = 42,9\%.$$

5. Xona temperaturasi 20°C bo'lib (xona hajmi 30 m^3), nisbiy namlik 30% ni tashkil qiladi. Xonadagi nisbiy namlik 60% ga yetishi uchun qancha massadagi suv bug'lantirilishi kerak? 20°C haroratda to'yingan suv bug'ining bosimi $2,33 \text{ kPa}$ ga teng.

Berilgan: $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ $T = 293 \text{ K}$; $\varphi_1 = 30\%$; $\varphi_2 = 60\%$; $V = 30 \text{ m}^3$; $p_{\text{tb}} = 2,33 \text{ kPa} = 2330 \text{ Pa}$; $\Delta m = ?$

Yechilishi: nisbiy namlikni hisoblash ifodasiga ko'ra:
 $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{1t}} \cdot 100\%$ va $\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{2t}} \cdot 100\%$. Bundan namlik j_1 va j_2 ni bug'ning parsial bosimlari orqali ifodalasak: $p_1 = \frac{\varphi_1 \cdot p_{\text{tb}}}{100\%}$ va $p_2 = \frac{\varphi_2 \cdot p_{\text{tb}}}{100\%}$.

Namlikning har bir holatida suv bug'ining zichligini uning parsial bosimi orqali (Mendeleyev-Klapeyron tenglamasiga ko'ra) ifodalasak, ya'ni $p_1 = \frac{\varphi_1 \cdot p_{\text{tb}}}{100\%}$ va $p_2 = \frac{\varphi_2 \cdot p_{\text{tb}}}{100\%}$.

Nisbiy namligi φ_1 va φ_2 bo'lgan xonadagi suv bug'ining massasi mos ravishda:

$$m_1 = \rho_1 \cdot V = \frac{M \cdot p_1}{R \cdot T} V \quad \text{va} \quad m_2 = \rho_2 \cdot V = \frac{M \cdot p_2}{R \cdot T} V \quad \text{ga teng}$$

bo'ladi. U holda bug'lanishi zarur bo'lgan suvning massasi:

$$\Delta m = m_2 - m_1 = \frac{M \cdot V}{R \cdot T} (p_2 - p_1) = \frac{M \cdot p_{\text{tb}} \cdot V}{R \cdot T \cdot 100\%} (\varphi_2 - \varphi_1)$$

Hosil qilgan ifodamizga kattaliklarning son qiymatini qo'yib hisoblaymiz:

$$\Delta m = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2,33 \cdot 10^3 \cdot 30}{8,31 \cdot 293 \cdot 100} (60 - 30) = 0,155 \text{ kg}$$

Javob: 155 g.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. 1 m^3 havoda 20 g suv bo'lsa, uzunligi 40 m, eni 4 m va balandligi 3,5 m bo'lgan maktab koridorida qancha namlik bor? (**J:** 11,2 kg)

2. 27°C temperaturada $2,5 \text{ m}^3$ havoda 20 g suv bug'i bo'lsa, havoning nisbiy namligi qancha? 27°C temperaturada to'yingan suv bug'ining zichligi – $25,8 \text{ g/m}^3$. (**J:** 31%)

3. 19°C haroratda havoning nisbiy namligi 50% bo'lsa, absolut namlik qanday bo'ladi? 19°C temperaturada to'yingan suv bug'ning zichligi – $r_t = 16,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$. (**J:** 8,5 g/sm³)

4. 15°C temperaturada berk idishdagi nisbiy namlik 75% ga teng. Agar idish ichidagi temperatura 25°C gacha ko'tarilsa, nisbiy namlik qanday o'zgaradi? 15°C temperaturada to'yingan suv bug'ining elastikligi – 1,71 kPa; 25°C da esa 3,17 kPa ga teng.

5. Yoz kunida nisbiy namligi 70% bo'lgan va temperaturasi 30°C bo'lgan hajmi 50 m^3 bo'lgan xonadagi suv bug'ining og'irligi qancha? 30°C temperaturada to'yingan suv bug'ning bosimi 4,24 kPa ga teng. (**J:** 0,21 N)

6. To'yingan suv bug'ining bosimi 20°C da 2,33 kPa ga teng. Hona harorati 10°C ga tushganda hona derazalari terlay boshladi. Dastlab honada nisbiy namlik qanday bo'lgan? 10°C haroratda to'yingan suv bug'ining bosimi 1,23 kPa ga teng. (**53%**)

Mavzuga doir test masalalar

1. Solishtirma bug'lanish issiqligi λ_b bilan solishtirma kondensatsiya issiqligi λ_k orasidagi munosabatni ko'rsating.

A) $\lambda_b \gg \lambda_k$ B) $\lambda_b = \lambda_k$ C) $\lambda_b > \lambda_k$ D) $\lambda_b < \lambda_k$

2. Bug‘lanishga teskari jarayon qaysi javobda berilgan?
 A) rekombinatsiya B) kondensatsiya
 C) korroziya D) sublimatsiya
3. Qaynash temperaturasida 5 kg suv bug‘i olish uchun qancha issiqlik miqdori kerak (J)? Suvning solishtirma bug‘lanish issiqligi $2,2 \cdot 10^5$ J/kg.
 A) $1,1 \cdot 10^5$ B) $1,1 \cdot 10^6$ C) $10 \cdot 10^5$ D) $2,2 \cdot 10^5$
4. Qaynash temperaturasida 500 g ruxni bug‘ga aylantirishda qancha issiqlik miqdori (kJ) sarflanadi? Ruxning solishtirma bug‘lanish issiqligi $1,8 \cdot 10^6$ J/kg.
 A) 900 B) 5400 C) 9000 D) 6000
5. Nima uchun ochiq hovuzdagi suv temperaturasi yoz kunlari atrof temperaturasidan past bo‘ladi?
 A) quyosh nurlari suvga yutimaydi
 B) suvning bug‘lanishi hisobiga
 C) yerning harorati pastligi
 D) suvni atrof muhit isita olmasligidan
6. To‘yingan bug‘ bosimi bilan hajmi orasida qanday bog‘lanish borligini aniqlang.
 A) bosim hajmga to‘g‘ri mutanosib
 B) bosim hajmga teskari mutanosib
 C) bosim hajmga bog‘liq emas
 D) hajmning kvadratiga teskari mutanosib
7. Berk idishda faqat to‘yingan suv bug‘i bor (suv yo‘q). Idish isitilganda, bug‘ molekulalarining konsentratsiyasi qanday o‘zgarishini toping.
 A) orgishi ham, kamayishi ham mumkin B) ortadi
 C) kamayadi D) o‘zgarmaydi

8. Qanday holda gazlarni suyuqlikka aylantirish mumkin bo'ladi?

- A) kritik temperaturadan past temperaturalarda
- B) har qanday temperaturada
- C) kritik temperaturadan yuqori temperaturada
- D) faqat kritik temperaturada

9. Kritik temperatura nima?

- A) bug'lanish temperaturasi B) qaynash temperaturasi
- C) bug' zichligi suyuqlik zichligidan katta bo'la boshlaydigan temperatura
- D) gazni (bug'ni) siqish yo'li bilan suyuqlikka aylantirib bo'lmaydigan eng past temperatura

10. Xonada 1- yopiq idishda suv va suv bug'i bor, 2- idishda esa faqat to'yingan suv bug'i bor. Harorat ortganda, bu idishlardagi bosim qanday o'zgarishini aniqlang.

- A) 1- idishda ko'proq ortadi
- B) 2- idishda ko'proq ortadi
- C) ikkalasida bir xil ortadi
- D) 1- idishda o'zgarmaydi, 2- idishda ortadi

11. Ta'rifni davom ettiring: "Havodagi suv bug'ining partial bosimi – qaralayotgan hajmda ...

- A) ... boshqa gazlar bo'lmaganda suv bug'i berishi mumkin bo'lgan bosim".
- B) ... suv bug'i to'yinganda hosil qiladigan bosim".
- C) ... suv bug'ining kritik temperaturadagi bosimi".
- D) ... havoniig barometr ko'rsatadigan bosimi".

12. Moddaga tegishli bo'lgan kritik temperaturadan yuqori temperaturalarda u qanday agregat holatda bo'ladi?

- A) gaz va suyuq B) qattiq
- C) to'yingan bug' D) gaz

13. Qanday holatda jismning zichligi harorat ortishi bilan ortadi?

- A) to‘yinmagan bug‘ holatida
- B) suyuq holatda
- C) qattiq holatda
- D) to‘yingan bug‘ holatida

14. Quyidagi jumllarning qaysi biri noto‘g‘ri ekanligini aniqlang.

A) To‘yingan bug‘ Mendeleyev-Klapeyron qonuniga bo‘ysunadi.

B) To‘yingan bug‘ning elastikligi o‘zgarmas temperaturada bug‘ egallab turgan hajmga bog‘liq emas.

C) Temperatura qancha yuqori bo‘lsa, to‘yingan bug‘ning elastikligi shuncha katta bo‘ladi.

D) O‘zining suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo‘lgan bug‘ to‘yingan bug‘ deyiladi.

15. O‘zgarmas tashqi bosimda qaynash boshlanib, suv qaynab tamom bo‘lguncha uning harorati qanday o‘zgaradi?

- A) ortadi
- B) kamayadi
- C) o‘zgarmaydi
- D) avval ortadi, so‘ngra pasayadi

16. Germetik berk idishdagi suv 104°C da qaynadi. Buning sababi nima?

- A) Idishdagi bosim normal atmosfera bosimidan yuqori.
- B) Suv juda tez isitilgan.
- C) Idishdagi bosim normal atmosfera bosimidan past.
- D) Suv juda sekin isitilgan.

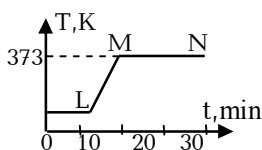
17. Usti ochiq idishdagi suv 96°C temperaturada qaynadi. Buning sababi nimada ekanligini aniqlang.

- A) havo bosimi normal atmosfera bosimidan kichik
- B) suv sekin isitilgan
- C) havo bosimi normal atmosfera bosimidan katta
- D) suv tez isitilgan

18. Pallali taroziga ikkita bir xil idish qo'yilgan. Bir xil bosim va bir xil haroratda idishlardan biri quruq ikkinchisi nam (to'yingan suv bug'i) havo bilan to'ldirilgan. Idishlardan qaysi biri og'ir? Havoning molyar massasi $29 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ suvning molyar massasi $18 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ ga teng.

- A) idishlar bir xil og'irlikga ega B) nam havoli idish
C) quruq havoli idish D) ma'lumotlar yetarli emas

19. Chizmada suv temperaturasi vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi keltirilgan. Bu grafikning MN qismi qaysi hodisani ifodalashligini ko'rsating.



- A) bug'lanish
B) kondensatsiya
C) isish
D) qaynash

20. Temperatura ortishi bilan havoning absolut va nisbiy namligi qanday o'zgarishini aniqlang.

- A) absolut namlik o'zgarmaydi, nisbiy namlik esa kamayadi
B) ikkala namlik ham ortadi
C) absolut namlik ortadi, nisbiy namlik kamayadi
D) ikkala namlik ham kamayadi

21. 1 m^3 havoda 15 g suv bo'lsa, uzunligi 40 m, eni 5 m va balandligi 3,6 m bo'lgan maktab koridorida qancha (kg) namlik bor?

- A) 10,8 B) 28,6 C) 20,2 D) 17,6

22. 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 – $17,3 \text{ g/m}^3$.

- A) 70 B) 62 C) 65 D) 58

23. Ichida namlikni yutuvchi modda bo'lgan naycha orqali 6 l havo o'tkazilganda, havoning absolut namligi 40 g/m³ ekanligi aniqlangan. Bunda naychanning massasi qanchaga ortgan?

- A) 120 mg B) 240 mg C) 240 g D) 120 g

24. Ichida namlikni yutuvchi modda bo'lgan naycha orqali 15 l havo o'tkazilgan. Bunda naychanning massasi 900 mg ortdi. Havoning absolut namligini hisoblab toping (g/m³).

- A) 30 B) 40 C) 60 D) 50

25. 20°C haroratda hajmi 64 m³ bo'lgan xona ichidagi nisbiy namlik 65% ni tashkil etadi. Xonadagi suv bug'ining massasini aniqlang (kg). 20°C haroratda to'yingan suv bug'ining bosimi 2,33 kPa ga teng.

- A) 0,72 B) 0,50 C) 0,48 D) 0,36

26. To'yingan suv bug'ining bosimi 20°C da 2,33 kPa ga teng. Ushbu xonada shudring nuqtasi 9°C ga teng. Nisbiy namlikni (%) aniqlang. 9°C haroratda to'yingan suv bug'ining bosimi – 1,15 kPa.

- A) 4,5 B) 50 C) 90 D) 100

27. 15°C temperaturada berk idishdagi nisbiy namlik 90% ga teng. Agar temperatura 29°C gacha ko'tarilsa, nisbiy namlikni (%) aniqlang. 15°C dagi to'yingan suv bug'ining elastikligi 9,2 mm simob ustuni; 29°C da esa 23,8 mm simob ustuniga teng.

- A) 31 B) 35 C) 15 D) 29

28. O'lchamlari bo'yi 6m, eni 5m va balandligi 3m bo'lgan xonada 25°C temperaturada 2,1 kg suv bug'i bo'lsa, xonada-

gi absolyut va nisbiy namlikni qanday? 25°C temperaturada to'yingan suv bug' zichligi $\rho_t = 22,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$.

- A) 14g/m^3 va 57% B) 12g/m^3 va 61%
C) 14g/m^3 va 70% D) 14g/m^3 va 61%

29. 16°C haroratda havoning nisbiy namligi 50% bo'lsa, absolut namlik nimaga teng bo'ladi (kg/m^3)? 16°C temperaturada to'yingan bug' zichligi – $\rho_t = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$.

- A) $4,8 \cdot 10^{-3}$ B) $6,8 \cdot 10^{-4}$ C) $8,8 \cdot 10^{-4}$ D) $6,8 \cdot 10^{-3}$

30. 20°C temperaturada havodagi suv bug'ining parsial bosimi 1,54 kPa ga teng. Agar 20°C temperaturada to'yingan suv bug'ining bosimi 2,43 kPa bo'lsa, nisbiy namlikni aniqlang (%).

- A) 62 B) 42 C) 49 D) 68

16- §. Suyuqliklarda sirt taranglik kuchi

Suyuqlik molekullari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari suyuqlik sirtining taranglashishiga olib keladi. Suv sirtiga ehtiyotlik bilan igna qo'ysak, suvning sirt pardasi egilib, igna cho'kmay turadi yoki mahkam berkitilgan vodoprovod cho'mragining og'zida osilib turgan suv tomchisi ham xuddi elastik xaltachaga solingan suvga o'xshashligini ko'ramiz. Bu misollardan suyuqlikning sirt pardasi suyuqlik ichiga qarab tarang tortilib, xuddi bir kuch ta'sir etayotgandek tuyiladi. Bu kuch sirt taranglik kuchidir.

Sirt taranglik kuchini molekullar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari hosil qiladi. Sirt taranglik kuchi deganda, suyuqlik sirtini chegaralab turgan chiziqqa perpendikular ravishda shu sirt bo'ylab ta'sir etadigan va ushbu sirtni mumkin qadar

qisqarishiga olib keladigan kuch tushuniladi.

Sirt qatlamini chegaralovchi chiziqqa ta'sir qiluvchi sirt taranglik kuchi shu chiziqning uzunligiga proporsional bo'lib, suyuqlikning turiga bog'liq, ya'ni

$$F = \alpha \cdot l \quad (1).$$

Bu ifodadagi α suyuqlikning tabiatiga bog'liq bo'lgan suyuqlik sirtining xossalarini xarakterlovchi asosiy kattalik bo'lib, unga sirt taranglik koeffitsienti deb ataladi. (1) ifodadan

$$\alpha = \frac{F}{l} \quad (2).$$

ekanligi kelib chiqadi. (2) tenglikdan α ning birligi XBSda [N/m] ekanligi ko'rinib turibdi. (2) ifodaga ko'ra, sirt taranglik koeffitsientining 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 koeffitsienti** deyiladi.

Sirt taranglik kuchi doim suyuqlik sirtini chegaralovchi chiziqqa perpendikular yo'nalgan bo'ladi. (2) ifodadan foydalanib suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlash mumkin. Sirt taranglik koeffitsientini aniqlashning eng sodda usuli tomchi uzilish usulidir. 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. Tomchining og'irligi sirt taranglik kuchiga son jihatidan tenglashgach, u uziladi, ya'ni

$$m_0 g = \alpha \cdot l \quad (3).$$

Bu yerda m_0 – bir dona suyuqlik tomchisining massasi. Sirt taranglik kuchini naychaning uchidagi sirt qatlami hosil qiladi, shuning uchun sirt uzunligini $l = \pi \cdot d$ ifoda yordamida hisoblab, (3) ifodaga ko‘ra, sirt taranglik koeffitsienti quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\alpha = \frac{m_0 g}{\pi \cdot d} \quad (4).$$

Mexanikadan ma’lumki, tashqi kuch ta’siri ostida suyuqlik sirtida yuzaga kelgan sirt taranglik kuchi hisobiga suyuqlik sirtqi qatlami molekulalari suyuqlikning hajmidagi molekulalarga qaraganda ortiqcha potentsial energiyaga ega bo‘ladi. Suyuqlik sirtidagi barcha molekulalarning ortiqcha potentsial energiyasi **sirt energiyasi** deb ataladi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, sirt energiyasining miqdori suyuqlik sirtining kattaligi (S) ga to‘g‘ri proporsional bo‘lar ekan:

$$W = \alpha \cdot S \quad (5).$$

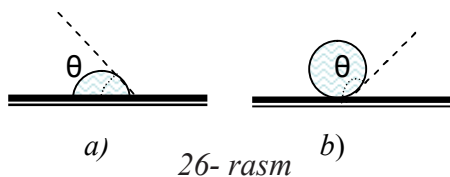
(5) ifodaga ko‘ra, sirt taranglik koeffitsienti quyidagiga teng

$$\alpha = \frac{W}{S} \quad (6).$$

(6) tenglikdan sirt taranglik koeffitsientining quyidagi fizik ma’nosi kelib chiqadi. Sirt taranglik koeffitsienti son jihatdan suyuqlik sirtining yuza birligiga to‘g‘ri keladigan sirt energiyasiga teng bo‘lgan fizik kattalikdir. (6) ifodaga ko‘ra, α ning birligi XBSda $[J/m^2]$ da ifodalanadi.

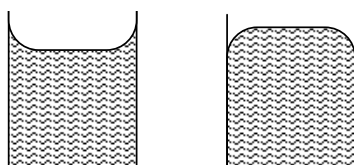
Qattiq jism – suyuqlik chegarasidagi hodisalar

Agar biror qattiq jismni suyuqlikka botirib, keyin uni suyuqlikdan chiqarib olsak, jismning «ho‘l» yoki «quruq» holda chiqqanligini ko‘ramiz. Birinchi holda suyuqlik zararlari bir-biridan ajratib olindi, ikkinchi holda esa ular bir-biridan ajralmadi. Jismning ho‘llanishi suyuqlik molekullari bilan qattiq jism molekullarining o‘zaro ta’sirlashuvi natijasida paydo bo‘ladi. Agar suyuqlik molekullari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi qattiq jism molekullari bilan suyuqlik molekullari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchidan kichik bo‘lsa, suyuqlik bu qattiq jismni ho‘llaydi. Aksincha, ya’ni suyuqlik molekullari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchi qattiq jism molekullari bilan suyuqlik molekullari orasidagi o‘zaro ta’sir kuchidan katta bo‘lsa, suyuqlik qattiq jismni ho‘llamaydi. Biror qattiq jismni bir suyuqlik ho‘llasa, boshqa suyuqlik uni ho‘llamasligi mumkin. Masalan, shisha sirtini suv yaxshi ho‘llaydi, lekin uni simob ho‘llamaydi. Ho‘llash hodisasi miqdor jihatidan ho‘llash burchagi deb ataluvchi burchak bilan tavsiflanadi. Ho‘llanuvchi sirt bilan suyuqlik sirtiga o‘tkazilgan urinma orasidagi burchak **ho‘llash burchagi** (θ) deyiladi (26- *a*, *b* rasm).



Suyuqlik qattiq jismni ho‘llagan holatidagi ho‘llash burchagi 26-*a* rasmda, suyuqlikning qattiq jismni ho‘llamaslik holatidagi ho‘llash burchagi 26- *b* rasmda tasvirlangan.

Suyuqlik biror idishga quyilganda uning sirti idish devori yaqinida egrilanadi (27- *a*, *b* rasm). Idish devori yaqinida egrilangan suyuqlikning sirti **menisk** deb ataladi. Agar suyuqlik idishni ho'llasa uning sirti botiq (27- *a* rasm) va aksincha ho'llamasa suyuqlik sirti qavariq shaklda bo'ladi (27- *b* rasm).



a) b)
27- rasm

Ho'llash va ho'llamaslik hodisalari turmushda va texnika da juda katta ahamiyatga ega. Yaxshi ho'llashning bo'yashda, artishda, payvandlashda va boshqa texnologik jarayonlarda o'rni juda beqiyos.

Suyuqlik sirtining idish devori yaqinida egrilanishi tufayli qoshimcha bosim hosil bo'ladi. Bu bosimning son qiymatini quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\Delta P = \frac{2\alpha}{R}$$

Bu ifodani Fransuz fizigi va matematigi Laplas fanga kiritgan va bu formula Laplas formulasi deb ataladi. Demak, kapillyar radiusi qancha kichik bo'lsa, qo'shimcha bosim shuncha katta bo'ladi va aksincha kapillyar radiusi qancha katta bo'lsa, qo'shimcha bosim shuncha kichik bo'ladi. Suyuqlik sirti 27a-rasmdagi holida (ho'llovchi suyuqlik) bu bosim yuqoriga qarab yo'nalgan va suyuqlik sirti 27b-rasmdagi holida (ho'llamovchi suyuqlik) bu

bosim pastga qarab yoʻnalgan boʻladi. Radiusi R boʻlgan sovun pufakchasi ichidagi ortiqcha bosim sovun pufag ikki sirtli (ichki va tashqi) boʻlganligi tufayli, pufakcha ichidagi ortiqcha bosim quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta P = \frac{4\alpha}{R}$$

Kapillar hodisalar. Tabiatda va texnikada kapillarlik hodisasining oʻrni

Agar suyuqlik quyilgan idishning oʻlchamlari, suyuqlikni chegaralovchi sirtlar orasidagi masofa suyuqlik sirtining egrilik radiusi bilan taqqoslanarli darajada boʻlsa, bunday idishlarni kapillar idishlar deb atash mumkin. Diametri juda kichik naylar **kapillarlar** deyiladi. Hoʻllovchi suyuqlik kapillarda koʻtariladi, hoʻllamovchi suyuqlikning sathi esa pasayadi (28-rasm). Hoʻllovchi suyuqlik quyilgan kapilyardagi suyuqlik sirt qatlamining aylana shaklidagi chegarasiga, yuqoriga qarab yoʻnalgan

$$F = \alpha \cdot l = \alpha \cdot 2\pi r \quad (7)$$

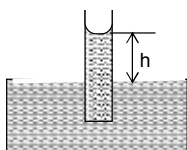
sirt taranglik kuchi taʼsir qiladi. Bu kuch naydagi suyuqlikning yuqoriga koʻtarilgan ustuni ogʻirligiga tenglashganda, suyuqlikning kapillarda koʻtarilishi toʻxtaydi.

$$\alpha \cdot 2\pi r = mg \quad (8).$$

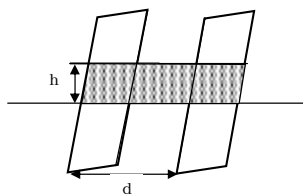
Kapillar boʻylab koʻtarilgan suyuqlikning massasi $m = \rho_c V = \rho_c \pi r^2 h$ ekanligidan (8) ifodaga koʻra kapillar boʻylab koʻtarilgan suyuqlik ustunining balandligi quyidagicha hisoblanadi:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho_c r g} \quad (9)$$

(9) ifodaga ko'ra, kapillarda suyuqlikning ko'tarilishi yoki tushish balandligi uning sirt taranglik koeffitsientiga to'g'ri, suyuqlikning zichligi bilan kapillarning radiusiga teskari proporsional bo'lar ekan.



a)



b)

28- rasm

Shuningdek, bir-biriga juda yaqin d masofada bo'lgan parallel plastinkalar orasidagi suyuqlik ustunining (28- b rasm) ko'tarilish balandligi quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho_c d \cdot g} \quad (10).$$

Kapillarlik hodisalari tabiatda va texnikada katta ahamiyatga ega. Kapillarlar orqali oziqlantiruvchi eritma o'simlikning tanasi bo'ylab yuqoriga ko'tariladi. O'simlik tanasidagi kapillarlar o'simlik hujayralarining devorlarida hosil bo'ladi. Shuningdek, tuproqda hosil bo'lgan kapillarlar bo'ylab suv tuproqning pastki qatlamlaridan ustki qatlamlariga ko'tariladi. Natijada tuproqdagi suv tez bug'lanib, tuproq quriydi. Tuproqdagi namlikni saqlash uchun uning sirti yumshatilib, kapillarlarlari buzib tashlanadi. Bino poydevorlarining kapilliyarlari orqali sizot suvlari ko'tarilib, uni emiradi. Bu jarayonni kamaytirish uchun bino poydevorlarining fundamentining usti suv o'tkazmaydigan materiallar bilan qoplanadi.

Nazorat uchun savollar

1. Molekular-kinetik nazariyaga asoslanib, sirt taranglik kuchining hosil bo'lish sababini tushuntiring.
2. Sirt taranglik kuchini hisoblash ifodasini yozing va uni izohlang.
3. Sirt energiyasi qanday yuzaga keladi? Uni hisoblash ifodasini yozing va tushuntiring.
4. Suyuqlik jismni qanday shartda ho'llaydi yoki ho'llamaydi?
5. Ho'llash burchagi deb nimaga aytiladi?
6. Qanday hodisalar kapillarlik hodisalari deyiladi?
7. Kapillar nay bo'ylab ko'tarilgan suyuqlikning balandligi nimaga bog'liq?

Mavzuga doir masalalar yechish

1. Teshigining diametri 2 mm bo'lgan tomizg'ichda 146 sm³ suv bor. Uning sirt taranglik koeffitsienti – 73 mN/m. Tomizg'ichdan hammasi bo'lib nechta tomchi tomadi?

Berilgan: $d = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $V = 146 \text{ sm}^3 = 146 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$;
 $\alpha = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$; $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $N = ?$

Yechilishi: Tomizg'ichdan uzilayotgan tomchining og'irligi sirt taranglik kuchiga son jihatidan tenglashgach, u uziladi, ya'ni $m_0 g = \alpha \cdot l$ Tomchi uzilayotgan sirt uzunligini $l = \pi \cdot d$ ifoda yordamida aniqlanadi. Hajmi V bo'lgan suyuqlikning massasi $m = \rho \cdot V$ ga teng. U holda massasi m bo'lgan suyuqlikning tomizg'ichdan tomgan tomchilar soni:

$$N = \frac{m}{m_0} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{\alpha \cdot \pi \cdot d} = \frac{10^3 \cdot 146 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81}{73 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 3124 \text{ ta}$$

2. Radiusi 92 μm bo'lgan kapillar naychada kerosin qanday balandlikka ko'tariladi? Kerosinning sirt taranglik koeffitsienti – 24 mN/m, zichligi – 800 kg/m³.

Berilgan: $r = 92 \text{ } \mu\text{m} = 92 \cdot 10^{-6} \text{ m}$; $\alpha = 24 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$;
 $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$; $h = ?$

Yechilishi: Kapillar bo‘ylab ko‘tarilgan suyuq lik ustuni-
ning balandligi $h = \frac{2\alpha}{\rho rg}$ ifodaasosida hisoblanadi. Ifodaga
kattaliklarning son qiymatlarini qo‘yib hisoblaymiz:

$$h = \frac{2 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{800 \cdot 92 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81} = 66,5 \text{ mm}$$

3. Sovun pufakchasining radiusi 3 sm dan 5 sm gacha kat-
talashtirish uchun qanday ish bajarish kerak? Sovun eritmas-
ining sirt taranglik koeffitsiyenti 0,04 N/m ga teng.

Berilgan: $R_1 = 3 \text{ sm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$; $R_2 = 5 \text{ sm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$;
 $\alpha = 4 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$; $A = ?$

Yechilishi: Sirt pardasini kattalashtirish uchun sirt
taranglik kuchiga qarshi ish bajarish kerak. Sirt kat-
talashganga, sirtning potensial energiyasi ortadi.
Sirt pardasini kattalashtirishda bajarilgan ish sirt po-
tensial energiyalarining farqiga teng bo‘ladi, yani

$$A = 2\alpha \cdot 4\pi R_2^2 - 2\alpha \cdot 4\pi R_1^2 = 2\alpha \cdot 4\pi (R_2^2 - R_1^2).$$

Ifodaga kattaliklarning son qiymatlarini qo‘yib hisoblaymiz:

$$A = 2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (25 \cdot 10^{-4} - 9 \cdot 10^{-4}) = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$$

4. Ikki suyuqlik chegaralari uzunligi l bo‘lgan qattiq to‘siq
orqali ajralib turibdi. Chizg‘ichga ta’sir qilayotgan kuchni
aniqlang. Suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsiyentlari a_1
va a_2 ga teng.

Berilgan: l – uzunlik; α_1 va α_2 ; $F = ?$

Yechilishi: To‘siqning har ikkala tamoniga ta’sir qilayot-
gan sirt taranglik kuchlari mos ravishda: $F_1 = 2\alpha_1 l$ va $F_2 = 2\alpha_2 l$.

U holda to'siqqa ta'sir qilayotgan kuchlarning teng ta'sir etuvchi $F = F_2 - F_1 = 2l(\alpha_2 - \alpha_1)$ ifoda yordamida aniqlanadi.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Teshigining diametri 1,2 mm bo'lgan tomizg'ichdan yog' tomchisi uzilmoqda. Tomchinig massasini nimaga teng? Yog'ning sirt taranglik koeffitsienti – 31 mN/m. Yog'ning zichligi – 0,9 g/sm³. **(J: 12 mg)**

2. Diametri 0,22 mm bo'lgan kapillar nayda suv qancha balandlikka ko'tariladi? Suvning sirt taranglik koeffitsienta 73 mN/m ga teng. **(J: 13,3 sm)**

3. Diametrlari 2 va 1 mm bo'lgan ikkita kapillardagi spirt sathlarining farqini aniqlang. Spirtning sirt taranglik koeffitsienti – 22 mN/m. **(J: 4,4 mm)**

4. Radiusi 3 sm bo'lgan yupqa simli halqa sovun eritmasiga gorizontal botirildi. Halqaning massasi 3,5 g, sovun eritmasining sirt taranglik koeffitsienti 40 mN/m bo'lsa, qanday kuch yordamida halqani eritmadan ajratib olish mumkin? **(J: 50 mN)**

5. Sovun pufakchasining sirt yuzini 15sm² ortirish uchun sirt taranglik kuchiga qarshi qanday ish bajarish kerak? Sovun pufakcha uchun sirt taranglik koeffitsiyenti 0,04 N/m ga teng. **(J: 0,12 mJ)**

6. Radiusi 1 mm bo'lgan 27 dona simob tomchisi birlashib, katta bir tomchiga aylandi. Bunda qancha issiqlik ajralib chiqadi? Simobning sirt taranglik koeffitsiyenti 0,48 N/m ga teng. **(J: 108 μJ)**

7. Diametri 2 sm bo'lgan sovun pufakchasi ichidagi bosim atmosfera bosimidan qanchaga ko'p? **(J: 16 Pa)**

Mavzuga doir test masalalari

1. Suyuqlikning sirt taranglik koeffitsienti qanday birliklarda o'lchanadi?

- A) $J \cdot s$ B) J/m C) J/m^3 D) N/m

2. Sirt taranglik koeffitsientining o'lchov birligini ko'rsating.

- 1) N/m ; 2) N/m^2 ; 3) J/m ; 4) J/m^2 ; 5) $Pa \cdot s$
A) 1; 5 B) 1; 3; 5 C) 2; 3 D) 1; 4

3. Suv bilan to'ldirilib, zich berkitilgan shisha idishda havo pufakchasi bor. Qanday haroratda pufakchanning o'lchami eng katta bo'ladi? Idish hajmining temperaturaviy o'zgarishi hisobga olinmasin.

- A) $0^{\circ}C$ B) $20^{\circ}C$ C) $15^{\circ}C$ D) $4^{\circ}C$

4. Diametri 0,73 mm bo'lgan kapillar nayda suv qancha balandlikka ko'tariladi (sm)? Suvning sirt taranglik koeffitsientda 73 mN/m ga teng.

- A) 2 B) 4 C) 1 D) 8

5. Suv kapillar naychada 2,8 sm ga ko'tarildi. Naychanning diametrini aniqlang (mm). Suvning sirt taranglik koeffitsienti $7 \cdot 10^{-2} N/m$ deb hisoblang.

- A) 1 B) 2 C) 0,2 D) 0,7

6. Radiusi 48 μm bo'lgan kapillar naychada kerosin qanday balandlikka ko'tariladi (sm)? Kerosinning sirt taranglik koeffitsienti – 24 mN/m, zichligi – 800 kg/m^3 .

- A) 12,5 B) 25 C) 50 D) 75

7. Diametrlari 2 va 1 mm bo'lgan ikkita kapillardagi suv sathlarining farqini aniqlang (m). Suvning sirt taranglik koeffitsienti 72 mN/m.

- A) $14,4 \cdot 10^{-3}$ B) $28,8 \cdot 10^{-3}$ C) $43,2 \cdot 10^{-3}$ D) $57,6 \cdot 10^{-3}$

8. Teshigining diametri 2 mm bo'lgan tomizg'ichda 219 sm^3 suv bor. Uning sirt taranglik koeffitsienti – 73 mN/m . Tomizg'ichdan hammasi bo'lib nechta tomchi tomadi? $\pi = 3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$ deb hisoblang.

A) 5000 B) 4000 C) 7300 D) 6000

9. Teshigining diametri 1 mm bo'lgan tomizg'ichdan tomadigan suv tomchisining massasini aniqlang (mg). Suvning sirt taranglik koeffitsienti – 73 mN/m , $p = 3$, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

A) 219 B) 21,9 C) 3,19 D) 10

10. Bir xil haroratli sakkizta shar shaklidagi simob tomchilari birlashib, yagona tomchi hosil qildi. Bunda harorat qanday va nima sababli o'zgaradi? Javoblardan to'g'risini tanlang.

A) Harorat o'zgarmaydi, chunki suyuqlik sirti energiyasi o'zgarmaydi.

B) Harorat pasayadi, chunki sirt energiyasi kamayadi.

C) Harorat ko'tariladi, chunki sirt energiyasi kamayadi.

D) Harorat pasayadi, chunki sirt energiyasi ortadi.

11. Agar ikkita kapillar nay bo'lib, ikkinchisining radiusi 8 marta kichik va u sirt taranglik koeffitsienti 2 marta ortiq, bo'lgan suyuqlikka botirilsa, suyuqlikning ko'tarilishi birinchi naydan necha marta ortiq bo'ladi?

A) 16 B) 8 C) 4 D) teng ko'tariladi

12. Kerosinli idishga tushirilgan diametri 0,3 mm bo'lgan kapillarda kerosin 20 mm ga ko'tarildi. Kerosinning sirt taranglik koeffitsientini aniqlang (mN/m). Kerosinning zichligi – $0,8 \text{ g/sm}^3$.

A) 14 B) 10 C) 8 D) 12

13. Ichki diametri 2 mm bo'lgan tomizg'ichdan uzilayotgan suyuqlik tomchisining massasi 15 mg ekanligini bilgan holda, shu suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini toping (mN/m).

A) 73 B) 24 C) 40 D) 30

14. Zichligi $0,8 \text{ g/sm}^3$ bo'lgan suyuqlikning 2 mm diametrli kapillar nayda ko'tarilish balandligi 7,5 mm bo'lsa, shu suyuqlikning sirt taranglik koeffitsientini aniqlang (mN/m).

A) 73 B) 24 C) 40 D) 30

15. Suv diametri 1,8 mm bo'lgan naychadan tomchilayotgan bo'lsa, 1 sm^3 suvda nechta tomchi bo'ladi? Suvning sirt taranglik koeffitsienti $0,072 \text{ N/m}$.

A) 49 B) 25 C) 12 D) 30

16. 20°C temperaturada diametri 1 mm bo'lgan vertikal shisha naychadan suv tomchisi uzildi. Tomchining og'irligi nimaga teng (mN)? Suvning sirt taranglik koeffitsienti 73 mN/m ga teng.

A) 0,11 B) 0,32 C) 0,50 D) 0,23

17. Yer sirtidagi kapillar naychada suv 9 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) 35 C) 54 D) 150

18. Ikki parallel plastina va kapillar nay ularni ho'llovchi suyuqlikka tushirildi. Plastinalar orasidagi masofa kapillar nayning ichki diametriga teng. Bu sistemalardagi suyuqlik ustunlari balandliklari h_1 va h_2 lar orasidagi munosabatni aniqlang.

A) $h_1 = 2h_2$ B) $2h_1 = h_2$ C) $h_1 = h_2$ D) $1,5h_1 = h_2$

19. Kapillar naylarning 1,5 mm diametrli suvga, 0,5 mm diametrli esa kerosinga tushirilsa, bu suyuqliklarning naylardagi ko'tarilish balandliklarining nisbati (h_s/h_k) qanday bo'ladi? Suv va kerosinning zichliklari: $\rho_s = 1 \text{ g/sm}^3$; $\rho_k = 0,8 \text{ g/sm}^3$ va sirt taranglik koeffitsientlari: $\alpha_s = 72 \text{ mN/m}$; $\alpha_k = 24 \text{ mN/m}$

- A) 0,8 B) 2,25 C) 1,5 D) 3

20. Radiusi 2,5 sm bo'lgan yupqa simli halqa sovun eritmasiga gorizonta botirildi. Halqaning massasi 3744 mg, sovun eritmasining sirt taranglik koeffitsienti 40 mN/m bo'lsa, qanday kuch yordamida halqani eritmadan ajratib olish mumkin (N)? Eritmaning temperaturasi xona temperaturasiga teng deb hisoblang.

- A) 0,1 B) 0,075 C) 0,025 D) 0,05

21. Silindrik idish tubida diametri 0,073 mm bo'lgan teshik bor. Suv teshikdan oqib ketmasligi uchun uni qanday balandlikkacha quyish mumkin (sm)? Suvning sirt taranglik koeffitsienti 73 mN/m ga teng.

- A) 10 B) 20 C) 40 D) 60

22. Sovun pufakchasining sirt yuzini 25sm^2 ortirish uchun sirt taranglik kuchiga qarshi qanday ish bajarish kerak (mJ)? Sovun pufakcha uchun sirt taranglik koeffitsienti 0,04 N/m ga teng.

- A) 0,2 B) 0,1 C) 0,4 D) 0,3

23. Sovin pufachasini radiusi 1 sm dan 2 sm gacha katalashganda sirt taranglik kuchiga qarshi qanch ish bajariladi (mJ)? Sovun pufakcha uchun sirt taranglik koeffitsienti 0,04 N/m ga teng

- A) 5 B) 3 C) 4 D) 6

24. Diametri 2,5sm bo'lgan sovun pufakchasi ichidagi bosim atmosfera bosimidan qanchaga ko'p (Pa)? Sovun pufakcha uchun sirt taranglik koeffitsienti 40mN/m ga teng.
A) 16 B) 4,6 C) 10 D)12,8

25. Diametri 4sm bo'lgan sovun pufakchasi ichidagi bosim qanday (Pa)? Atmosfera bosimini 101325 Pa deb hisoblang. Sovun pufakcha uchun sirt taranglik koeffitsienti 40mN/m ga teng.
A) 101329 B) 101321 C) 101333 D)101317

VII BOB. QATTIQ JISMLAR VA ULARNING XOSSALARI

17- §. Qattiq jismlarning tuzilishi. Amorf va kristall jismlar

Biz qattiq jismlar olamida, shu jumladan, Yerning sirtida yashaymiz. Imoratlar, mashina mexanizimlari, yo‘l, ish qur-ollari kabilar qattiq jismlarga misoldir. Qattiq jismlarning tuzilishini va xossalarini bilish hayotiy zaruratdir.

Modda tuzilishining molekular-kinetik nazariyasiga ko‘ra qattiq jism atom va molekulalari tartib bilan joylashgan bo‘lib, doim biror muvozanat vaziyati atrofida tebranib tura-di. Jismdagi atomning bu holati “o‘troq yashash” holati deb ataladi. Qattiq jismda atom yoki molekula “o‘troq yashash” vaqti juda katta (hatto yillar) bo‘ladi.

Modda molekulalari orasidagi o‘zaro bog‘lanish ta’sir (potensial) energiyasi ularning issiqlik harakati energiyasi-dan katta bo‘lsa, u qattiq holatda bo‘ladi. Qattiq jismlar o‘z shaklini va hajmini saqlaydi.

Qattiq jism atom yoki molekulalarining muvozanat vazi-yatlarini kesmalar bilan tutashtirilsa, kristall panjara deb ata-luvchi muntazam fazoviy panjara hosil bo‘ladi (29- rasm). Masalan, osh tuzi yoki navot qand bo‘lakchasiga qarasangiz, uning yoqlari tekis bo‘lib, ular o‘zaro to‘g‘ri burchak hosil qiladi. Demak, qattiq jismlar, asosan, kristall holatda bo‘ladi.

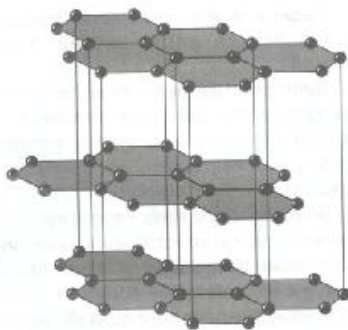
Atom yoki molekulalari fazoda aniq tartibli vaziyatlarni egallagan qattiq jism kristallar deyiladi.

Kristallarning fizik xossalari unda tanlab olingan yo‘nalishlarga bog‘liq ekanligini tajribalar ko‘rsatadi. Avva-

lo, mexanik mustah-kamlikning turli yoʻnalishlarda turlicha ekanligi koʻzga tashlanadi. Masalan, grafit kristalini maʼlum bir yoʻnalishda osongina qatlamlarga ajratish mumkin. Buni siz qalam bilan yozganingizda, grafitning muttasil ravishda qatlamlarga ajralib, yupqa grafit qatlamlari qogʻozda qoladi. Chunki grafitning kristall panjarasi qatlam-qatlam strukturali va ularning orasidagi bogʻlanishlar kuchsizroq boʻlganligi uchun ular bir-biridan tez ajraladi (30- rasm). Lekin grafit kristalini perpendikular yoʻnalishda ajratish ancha qiyin.



29- rasm



30- rasm

Kristallarning fizik xossalarining uning ichida olingan yoʻnalishlarga bogʻliq boʻlishligi **anizotropiya** deyiladi. **Anizotropiya** soʻzi grekcha soʻzdan olingan boʻlib, lugʻaviy maʼnosi **yoʻnalishlar boʻyicha bir xil emas** degan maʼnoni anglatadi. **Kristall jismlarning hammasi anizotrop jismlardir.**

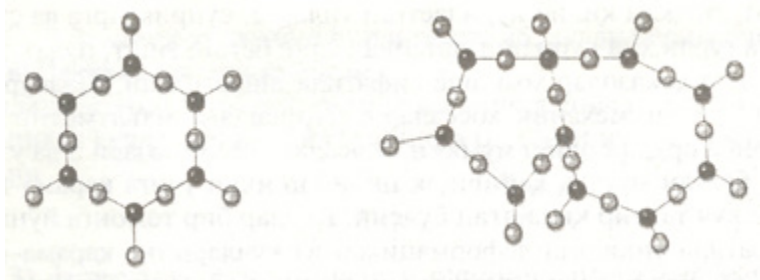
Yakka-yakka kristallar **monokristall** deb ataladi. Monokristallar muntazam geometrik shaklga ega boʻlib, turli yoʻnalishlar boʻyicha ularning xossalari turlichadir (anizotropdir).

Juda koʻp mayda kristallchalardan tuzilgan qattiq jism **polikristall** deb ataladi. Kristall jismlarning aksariyati polikristallardir, chunki ular oʻsib, bir-biriga kirib ketgan kristallar toʻplamidan iborat. Bir boʻlak navot qand polikristall tuz-

ilishga ega bo'lgan qattiq jismdir. **Polikristallar – anizotrop jismlardir.**

Atomlari qattiq tartib bilan joylashmagan jismlar amorf jismlar deyiladi.

Qattiq jismlarning hammasi ham kristall bo'lavermaydi. Amorf jismlarning atomlari qat'iy tartib bilan joylashmagan (31-rasm). Amorf jismlarning faqat qo'shni atomlarigina deyarli tartibli joylashgan bo'ladi. Amorf jismlar jumlasiga shisha, smola, kanifol va boshqalar kiradi. Amorf jismlar qisqa vaqtli zarb ta'siri ostida o'zini xuddi qattiq jismdek tutadi, qattiq zarbdan esa u parchalanib ketadi. Amorf jismlar uzoq vaqt ta'sir etadigan kuch ta'sirida oqadi. Smola va daraxtlar chiqargan yelimlarning og'irlik kuchi ta'sirida oqqanligini kuzatish mumkin. Demak, amorf jismlar suyuqliklar kabi oquvchanlik xususiyatiga ega. Past temperaturalarda amorf jismlar xossalari qattiq jismning xossalariga o'xshab ketadi. Temperatura ko'tarilgan sari, asta-sekin yumshab boradi. Haroratning ko'tarilishi oqibatida jismdagi atomlar bir muvozanat holatidan boshqasiga tez sakrab o'ta boshlaydi va suyuqlikka aylanib oquvchanlik xossasini o'zida namoyon qiladi. **Amorf jismlar aniq erish temperaturasiga ega emas.**



31- rasm

Fizik xossalari uning ichida olingan hamma yoʻnalishlarda bir xil boʻlgan jismlar izotrop jismlar deb ataladi. **Amorf jismlar fizik xossasiga koʻra izotrop jismlardir.**

Qattiq jismning mexanik xossalari

Deformatsiya. Qattiq jismlar oʻz-oʻzidan shaklini oʻzgartirmaydi. Agar qattiq jismga tashqi taʼsir berilsa, u oʻz shalini oʻzgartirishi mumkin. Masalan, rezina arqonning uchlaridan ushlab tortilsa, arqonning qismlari bir-biriga nisbatan koʻchadi, arqon uzunroq hamda ingichkaroq boʻlib qoladi. Tashqi taʼsir tufayli jism shaklining oʻzgarishi **deformatsiya** deyiladi. Kuchlarning taʼsiri toʻxtatilgandan keyin, rezina arqon boshlangʻich holatiga qaytadi. Tashqi kuchlarning taʼsiri toʻxtatilgandan keyin butunlay yoʻqoladigan deformatsiya elastik deformatsiya deyiladi.

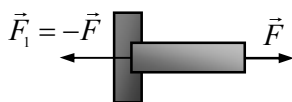
Choʻzilish (siqilish) deformatsiyasi. Bir uchi mahkamlab qoʻyilgan bir jinsli sterjenga uning oʻqi yoʻnalishida tashqariga qaratib kuch qoʻysak, sterjen choʻzilish deformatsiyasiga uchraydi (32- rasm). Choʻzilish deformatsiyasi absolut uzayish Δl .

$$\Delta l = l - l_0$$

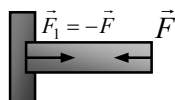
kattalik choʻzilish deformatsiyasini miqdor jihatdan tavsiyalaydigan kattalik boʻlib, unga mutloq (absolut) uzayish deyiladi. Bu yerda: l_0 – sterjenning boshlangʻich uzunligi;

l – oxirgi uzunligi. Shuningdek, $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ kattalik sterjen-

ning dastlabki uzunlik birligining qanchaga uzayganligini koʻrsatadigan fizik kattalik boʻlib, u **nisbiy uzayish** deyiladi.



32- rasm



33- rasm.

Ko‘tarish qurilmasidagi tros, arqon va zanjirlar, vagonlar orasidagi tortqilar va shu kabilar cho‘zilish deformatsiyasiga uchraydi. Cho‘zilish juda oz bo‘lganda ($\Delta l \ll l_0$), ko‘pchilik jismlar elastik deformatsiyalanadi.

Agar mahkamlab qo‘yilgan sterjenga uning o‘qi bo‘ylab ichkariga qaratib $\vec{F}$ kuch bilan ta’sir qilsak (33-rasm), sterjen siqilish deformatsiyasiga uchraydi. Bu holda deformatsiya manfiy bo‘ladi, ya’ni $\varepsilon < 0$.

Mexanik kuchlanish. Qattiq jismlarning mexanik xossalari deganda qattiq jismlarning tashqi mexanik kuchlar ta’siri ostida deformatsiyalanishi va shu kuchlar ta’siridagi yemirilishga chidash qobiliyatini belgilovchi xossalari tushuniladi. Deformatsiyalangan jismlarda deformatsiyalovchi kuchga teskari yo‘nalgan elastik kuch yuzaga keladi. Deformatsiyalangan jismning birlik ko‘ndalang kesim yuzasiga ta’sir qilayotgan deformatsiyalovchi kuchga son jihatidan teng bo‘lgan fizik kattalik mexanik kuchlanish (σ) deyiladi va u quyidagicha hisoblanadi:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (1)$$

XBSda mexanik kuchlanish birligi qilib, xuddi bosim birligi kabi **Paskal** qabul qilingan. Golland olimi Gukning tajribada aniqlashicha elastik deformatsiyada mexanik kuchlanish nisbiy uzayishga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi, ya’ni

$$\sigma = E \cdot |\varepsilon| \quad (2)$$

(2) ifodada ε ning moduli olingan, chunki Guk qonuni cho‘zilish deformatsiyasi uchun ham, siqilish deformatsiyasi uchun ham bir xil ahamiyatga ega. Bu qonunda qatnashgan proporsionallik koeffitsienti E ga **elastiklik moduli** yoki **Yung moduli** deb ataladi. (2) ifodadan $|\varepsilon|=1$ bo‘lganda $\sigma = E$ ekanligi kelib chiqadi.

$|\varepsilon| = \frac{\Delta l}{l_0}$ ekanligini e‘tiborga olsak, $\Delta l = l_0$ bo‘lib, sterjenning uzunligi ikki marta uzayadi. Demak, Yung moduli elastik deformatsiyada sterjenning uzunligini ikki marta uzaytirish uchun unga qo‘yilish kerak bo‘lgan kuchlanishga son jihatidan teng bo‘lgan fizik kattalik ekan. Yung moduli faqat jismning materialiga va haroratiga bog‘liq.

$\sigma = \frac{F}{S}$ va $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ ifodalarni Guk qonuniga qo‘yib, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\frac{F}{S} = E \frac{|\Delta l|}{l_0} \quad (3)$$

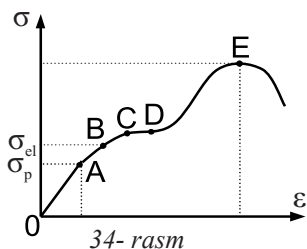
Bundan

$$F = E \cdot S \frac{|\Delta l|}{l_0} \quad (4)$$

kelib chiqadi. Agar $\frac{E \cdot S}{l_0} = k$ deb belgilasak, (4) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$F = k \cdot |\Delta l| \quad (5)$$

Kuchlanish bilan nisbiy uzayish orasidagi bog‘lanishni



(σ_p) mexanik kuchlanish chegarasi bo‘ladi.

Kuchlanishning keyingi ortishida ($\sigma_p < \sigma$) plastik deformatsiyalar yuzaga keladi. Kuchlanish diagrammasi egrilanadi. Diagrammaning AB qismidagi deformatsiya qoldiqli xarakterga ega bo‘lib, bu qismda mexanik kuchlanish nisbiy uzayishga to‘g‘ri proporsional bo‘lmay qoladi.

Agar tashqi kuch jismdagi elastiklik chegarasidan ortiq bo‘ladigan miqdorda bo‘lsa, u holda kuch ta’siri to‘xtagandan keyin namuna garchi qisqarsa ham, oldingi o‘lchamlarini tiklay olmaydi, deformatsiyalanganicha qoladi (BC qism).

Tashqi kuch ortgan sari deformatsiya tobora tezroq ortadi. Kuchlanishning diagrammadagi C nuqtaga mos keladigan biror qiymatida tashqi kuch ortmaganda ham uzayish ortaveradi. Bu hodisa materialning oquvchanligi deb ataladi (CD qism). Bu holda diagrammada egri chiziq deyarli gorizontall bo‘lib qoladi. Keyin deformatsiya ortishi bilan kuchlanishlar egri chizig‘i biroz ko‘tarila borib, E nuqtada maksimumga erishadi. So‘ngra kuchlanish tez kamayadi va namuna buziladi. Shunday qilib, mexanik kuchlanish **mustahkamlik chegarasi** deb ataladigan eng katta σ_m qiymatga yetgandan keyin namuna uziladi.

Agar qurilayotgan inshootlarda va mashinalarda ishlash jaroyonida paydo bo‘ladigan mexanik kuchlanishlar mustahkamlik chegarasidan bir necha marta kichik bo‘lsa, inshoot yoki mashinalar ishonchli bo‘ladi.

Ko‘pincha biz buyumlarni yoki materiallarni elastik, plas-

ifodalovchi chiziq **cho‘zilish diagrammasi** deyiladi. Tajribada aniqlangan cho‘zilish diagrammasi (34- rasm)da tasvirlangan. Diagrammaning to‘g‘ri chiziqli OA qismida, ya’ni Guk qonuni aniq bajariladigan qismidagi eng katta

tik yoki mo‘rt deymiz. Bunda nima nazarda tutiladi?

Elastiklik. Har qanday materiallardan yasalgan jism kichik deformatsiyalarda o‘zini elastik jism kabi tutadi. Tashqi ta’sir olib tashlagandan so‘ng, jismning shakli va o‘lchamlari asliga qaytadi.

Plastiklik. Jismga qo‘yilgan tashqi ta’sir to‘xtatilgandan so‘ng deformatsiya yo‘qolmasa, bunday deformatsiya plastik deformatsiya deyiladi. Masalan, bir parcha plastilinni siq-ing. Sizning qo‘lingizda, u osongina ixtiyoriy shaklni oladi. Plastilin dastlabki shakli o‘z-o‘zidan tiklanmaydi. Loy, mum, qo‘rg‘oshin kabi jismlar plastik deformatsiyalanadi. Jismga berilayotgan mexanik kuchlanish katta bo‘lganda, masalan, po‘latda plastiklik xossalari namoyon bo‘ladi. Juda katta kuch hosil qiladigan presslar yordamida po‘lat buyumlarni shtampovka qilishda po‘latning shu xossasidan foydalani-ladi.

Mo‘rtlik. Qattiq jismlarning mo‘rtlik deb ataladigan xossasi amalda katta ahamiyatga ega. Agar material uncha ko‘p bo‘lmagan deformatsiyalarda emirilsa, u mo‘rt mate-rial 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.

Nazorat uchun savollar

1. Modda tuzilishining MKNga ko‘ra qattiq jismlarning tuzil-ishini tushuntiring.

2. Kristall jismlar qanday fizik hossani o‘zida namoyon qiladi?

3. Qanday jismlarga amorf jismlar deyiladi? Ular qanday hos-saga ega?

4. Deformatsiya deb nimaga aytiladi? Uning qanday turlari bilasiz?

5. Mutloq va nisbiy uzayishning ifodalarini yozing va ularni tushuntiring.

6. Mexanik kuchlanish deb nimaga aytiladi? U qanday birlikda o'lchanadi?

7. Yung moduli deb nimaga aytiladi? Uning ma'nosini tushuntirib bering.

8. Cho'zilish diagrammasini chizing va uni tushuntirig.

Mavzuga doir masalalar yechish namunalari

1. Diametrli 2 mm bo'lgan po'lat simga 6 kg massali yuk osilgan. Simda hosil bo'lgan mexanik kuchlanishni toping.

Berilgan: $D = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $m = 4 \text{ kg}$; $\sigma = ?$

Yechish: mexanik kuchlanish jismning ko'ndalang kesim yuza birligiga ta'sir etuvchi tashqi normal kuch bilan aniqlanadi: $\sigma = F / S$. Tashqi kuch vazifasini simga osilgan yukning og'irligi o'taydi: $F = mg$. Jismning ko'ndalang kesim yuzi uning diametri bilan aniqlanadi: $S = \pi d^2 / 4$.

$$\sigma = \frac{4mg}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 4 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{3.14 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 1,27 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$$

Javob: $s = 1,27 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$.

2. Uzunligi 4 m, kesimi 10 mm² bo'lgan po'lat simni 2 mm ga cho'zish uchun qancha kuch qo'yish kerak? Po'lat uchun elastiklik moduli – 200 GPa.

Berilgan: $\ell = 4 \text{ m}$; $S = 10 \text{ mm}^2 = 10^{-5} \text{ m}^2$; $\Delta x = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$; $E = 200 \text{ GPa} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$; $F = ?$

Yechish: simni Δx ga cho'zish uchun qo'yish kerak bo'ladigan kuchni topish uchun Guk qonuni-

dan foydalanamiz: $F = k \cdot \Delta x$. Simning bikrligini uning geometrik o'lchami orqali ifodalaymiz: $k = ES / \ell$.

$$\text{U holda, } F = \frac{ES \cdot \Delta x}{\ell} = \frac{2 \cdot 10^{11} \text{ Pa} \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{4 \text{ m}} = 10^3 \text{ N}.$$

Javob: $F = 10^3 \text{ N} = 1 \text{ kN}$.

3. Vertolyotdan tushiralayotgan po'lat arqon o'z og'irlik kuchi ta'sirida uzilishi uchun uning uzunligi kamida qancha bo'lishi kerak? Po'latning mustahkamlik chegarasi $5,3 \cdot 10^8 \text{ Pa}$, zichligi $7,8 \text{ g/sm}^3$ ga teng.

Berilgan: $\sigma = 5,3 \cdot 10^8 \text{ Pa}$; $\rho = 7,8 \text{ g/sm}^3 = 7800 \text{ kg/m}^3$; $\ell = ?$

Yechish: arqonning uzunligini topish uchun unda hosil bo'luvchi mexanik kuchlanishni uning og'irligi, zichligi va geometrik o'lchamlari orqali ifodalaymiz –

$$\sigma = \frac{mg}{S} = \frac{\rho V g}{S} = \frac{\rho S \ell g}{S} = \rho \ell g.$$

Bu ifodadan foydalanib, arqonning uzunligini topamiz:

$$\ell = \frac{\sigma}{\rho g} = \frac{5,3 \cdot 10^8 \text{ Pa}}{7800 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 6,8 \cdot 10^3 \text{ m}.$$

Javob: $\ell = 6,8 \text{ km}$.

4. Po'lat qalamchaga 3 kN kuch qo'yilganda, $6 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ mexanik kuchlanish hosil bo'lishi uchun po'lat qalamchaniing ko'ndalang kesim yuzasi qancha bo'lishi kerak?

Berilgan: $F = 3 \text{ kN} = 3 \cdot 10^3 \text{ N}$; $\sigma = 6 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$; $S = ?$

Yechish: po'lat qalamchaniing ko'ndalang kesim yuzasini topish uchun mexanik kuchlanishni topish ifodasi – $\sigma = F / S$ dan foydalanamiz.

$$S = \frac{F}{\sigma} = \frac{3 \cdot 10^3 \text{ N}}{6 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2.$$

Javob: $S = 50 \text{ mm}^2$

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Diametri 2 sm bo'lgan trosga og'irligi 3000 N bo'lgan yuk osilgan. Mexanik kuchlanishni aniqlang. (**J:** $9,55 \cdot 10^6 \text{ Pa}$)

2. 18 kN og'irlik berilganda, $6 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ mexanik kuchlanish hosil bo'lishi uchun po'lat sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi qancha bo'lishi kerak? (3 sm^3)

3. Metall sterjenning absolut va nisbiy uzayishi mos holda 4,5 mm va 0,15% bo'lsa, deformatsiylanmagan sterjenning uzunligini aniqlang. (3 m)

4. Bir uchidan osib qo'yilgan po'lat sim suvga tushirildi. Sim o'zining og'irligi ta'sirida uzilib ketishi uchun simning uzunligi qancha bo'lishi kerak? Po'lat uchun mustahkamlik chegarasi $5 \cdot 10^8 \text{ Pa}$, zichligi $7,8 \text{ g/sm}^3$ ga teng. (7495 m)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Birining bikrligi k_1 ikkinchisning bikrligi k_2 bo'lgan ikkita prujina bir-biriga yonma-yon ulangan. Hosil bo'lgan tizimning bikrligi qanday bo'ladi?

A) $\frac{k_1 + k_2}{2}$ B) $\frac{k_1 + k_2}{k_1 \cdot k_2}$ C) $k_1 + k_2$ D) $\frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$

2. Birining bikrligi k_1 ikkinchisning bikrligi k_2 bo'lgan ikkita prujina bir-biriga ketma-ket ulangan. Hosil bo'lgan tizimning bikrligi qanday bo'ladi?

A) $\frac{k_1 + k_2}{2}$ B) $\frac{k_1 + k_2}{k_1 \cdot k_2}$ C) $k_1 + k_2$ D) $\frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$

3. Elastiklik (Yung) moduli qanday birliklarda o'lchanadi?

A) N/m B) N · m C) Pa · m D) Pa

4. Metall sterjenning uzunligi – l_0 , ko'ndalang kesimi – S , bikrligi – k va Yung moduli E orasidagi bog'lanishni toping.

A) $k = \frac{El_0}{S}$ B) $k = El_0S$ C) $k = \frac{ES}{l_0}$ D) $k = \frac{l_0S}{E}$

5. Diametri 0,5 sm bo'lgan simga 5 kg yuk osilgan bo'lsa, mexanik kuchlanish qanchaga teng bo'ladi

A) $2 \cdot 10^6$ B) $2,5 \cdot 10^6$ C) $1,25 \cdot 10^6$ D) $5 \cdot 10^6$

6. Diametri 4 sm bo'lgan trosga og'irligi 6000 N bo'lgan yuk osilgan. Mexanik kuchlanishni (Pa) aniqlang. ($\pi \approx 3$)

A) $2 \cdot 10^6$ B) $2 \cdot 10^7$ C) $2 \cdot 10^8$ D) $5 \cdot 10^6$

7. Po'latdan yasalgan sterjen uchiga 7,85kN kuch qo'yilganda u uzilib ketdi. Uning diametri qanday bo'lgan (mm)? Po'lat uchun mustahkamlik chegarasi 400MPa.

A) 6 B) 5 C) 4 D) 3

8. Po'lat sim bo'lagining bikrligi 120 N/m ga teng. Shu sim bo'lagi yarmining bikrligi qancha bo'ladi?

A) 80 N/m B) 240 N/m C) 60 N/m D) 30 N/m

9. Mustahkamlik chegarasi 0,5 MPa va zichligi 2,5 g/sm³ bo'lgan g'isht devorning balandligi eng ko'pi bilan qancha bo'lishi mumkin (m)?

A) 30 B) 25 C) 20 D) 50

10. Yuk osilgan simni ikki buklab, yana shu yuk osilsa, uning nisbiy uzayishi qanday o'zgaradi?

A) o'zgarmaydi B) 2 marta kamayadi
C) 2 marta ortadi D) 4 marta kamayadi

11. Yuk osilgan prujinani ikki buklab, yana shu yuk osilsa, uning absolut uzayishi qanday o'zgaradi?

A) o'zgarmaydi B) 2 marta kamayadi
C) 2 marta ortadi D) 4 marta kamayadi

12. Uzunligi l va bikrligi k bo'lgan prujina uzunliklari $l_1 = 2l/3$ va $l_2 = l/3$ bo'lgan ikki bo'lakka bo'lindi. Kichik bo'lakning bikrligini toping.

A) k B) $k/3$ C) $3k/2$ D) $3k$

13. Parallel (yonma-yon) mahkamlangan ikkita bir xil prujinaning ketma-ket ulangan xuddi shunday ikkita prujinaga nisbatan bikrligi qanday bo'lishini aniqlang.

A) 4 marta katta bo'ladi B) 2 marta katta bo'ladi
C) 4 marta kichik bo'ladi D) 2 marta kichik bo'ladi

14. Yuk osilganda sim 1,5 mm cho'zilsa, xuddi shunday, lekin 3 marta uzun sim shu yuk osilganda qanchaga (mm) cho'zilishini aniqlang.

A) 4 B) 2,25 C) 3 D) 4,5

15. Uzunligi 80sm va ko'ndalang kesim yuzi $0,5\text{mm}^2$ bo'lgan simga massasi 25 kg bo'lgan yuk osilganda sim 2mm ga uzaydi. Shu sim uchun Yung modulini aniqlang (GPa).

- A) 300 B) 125 C) 200 D) 500

16. Uzunligi 1,2m va ko'ndalang kesim yuzi $1,5\text{mm}^2$ bo'lgan simga qanday kuch qo'yilganda u osilganda sim 2mm ga uzaydi. Shu sim uchun Yung modul 180GPa.

- A) 260 B) 225 C) 130 D) 450

17. Po'lat sim uchlariga $8 \cdot 10^7$ Pa mexanik kuchlanish qo'yilganda qannday nisbiy uzayish bo'ladi? Po'lat uchun Yung moduli 200GPa.

- A) $4 \cdot 10^{-3}$ B) $4 \cdot 10^{-2}$ C) $2 \cdot 10^{-3}$ D) $5 \cdot 10^{-3}$

18. Bikrligi k bo'lgan prujina F kuch ta'sirida 2,7 sm ga cho'zildi. Agar prujinanig $1/3$ qismi kesib olinib, unga yana F kuch qo'yilsa, uning uzayishi qanday bo'ladi (sm)?

- A) 1,5 B) 1,6 C) 3 D) 1,8

19. Bikrligi k bo'lgan prujina F kuch ta'sirida 3 sm ga cho'zildi. Agar prujinanig $2/3$ qismi kesib olinib, unga yana F kuch qo'yilsa, uning nisbiy uzayishi qanday o'zgaradi?

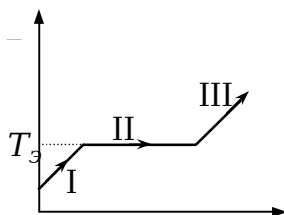
- A) o'zgarmaydi B) 1,5 marta ortadi
C) 3 marta kamayadi D) 1,5 marta kamayadi

20. Bikrligi k bo'lgan prujinaga 400g yuk osilganda, u 2,5sm ga uzaydi. Agar shu prujinaga 600g yuk osilsa uning nisbiy uzayishi qadday bo'ladi?

- A) o'zgarmaydi B) 1,5 marta ortadi
C) 3 marta kamayadi D) 1,5 marta kamayadi

18- §. Qattiq jismlarning erishi va qotishi

Qattiq jismning isitilishi natijasida qattiq holatdan o‘shanday haroratli suyuq holatga o‘tish jarayoni erish deyiladi. Jism eriy boshlagan harorat erish temperaturasi deyiladi. Erish temperaturasi qattiq jismning tabiatiga va tashqi bosimga bog‘liq. Kristall jismlar aniq erish temperaturasiga ega, amorf jismlar esa aniq erish temperaturasiga ega emas. Qattiq jism eriyotganda uning temperaturasi o‘zgarmaydi. Bunga sabab, unga berilayotgan issiqlik miqdori kristall panjarani tashkil qilgan molekulalarning potensial energiyasining ortishiga, ya’ni moddaning kristall panjarasining yemirishga sarf bo‘ladi. Qattiq jism to‘liq erib bo‘lgach, hosil bo‘lgan suyuqlikning temperaturasi ko‘tarila boshlaydi. Qattiq jismning erish jarayonining grafigi 35-rasmda keltirilgan.



35- rasm

Grafikning birinchi qismi jismning isishini, ikkinchi qismi erish jarayonini, uchinchi qismi esa erishdan hosil bo‘lgan suyuqlikning isish jarayonini anglatadi.

Erish temperaturasida jismni butunlay suyuqlikka aylantirish uchun sarf bo‘lgan issiqlik miqdori **erish issiqligi** (Q_e) deyiladi.

Tajribalarning ko‘rsatishicha, erish issiqligi eritilgan jismning massasiga to‘g‘ri proporsional bo‘lib, uning turiga ham bog‘liq, ya’ni

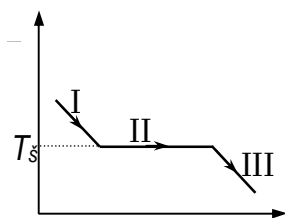
$$Q_e = r \cdot m \quad (1).$$

Bu yerda r eritilgan moddaning turiga bog‘liq bo‘lgan proporsionallik koeffitsienti bo‘lib, unga moddaning **solishtirma erish issiqligi** deyiladi. (1) tenglikdan

$$r = \frac{Q_e}{m} \quad (2)$$

hosil bo‘ladi. Bu tenglikdan solishtirma erish issiqligining quyidagi fizik ma‘nosi kelib chiqadi: 1 kg kristall moddani erish temperaturasida to‘liq eritish uchun zarur bo‘lgan issiqlik miqdoriga son jihatidan teng bo‘lgan fizik kattalik solishtirma erish issiqligi deyiladi. Solishtirma erish issiqligi XBSda $[J/kg]$ da o‘lchanib, u faqat kristallning turiga va tashqi bosimga bog‘liq.

Agar eritilgan moddaga tashqaridan isitish to‘xtatilsa, u soviy boshlaydi. Temperatura erish temperaturasiga tenglashgach, u qota boshlaydi. Qotish, ya’ni kristallanish jarayonida ham moddaning temperaturasi o‘zgarmayotganligini ko‘ramiz. Qotish jarayonining grafigi 36- rasmda tasvirlangan.



36- rasm

Eritilgan suyuqlik qotganda, undan erish issiqligiga teng bo‘lgan issiqlik miqdori ajralib chiqadi, ya’ni

$$Q_{qot} = -Q_e = -r \cdot m \quad (3).$$

Ba'zi moddalar, masalan, yod, naftalin qizdirilganda qattiq holatdan suyulmasdan, to'g'ridan-to'g'ri bug'lana boshlaydi. Moddalarning qizdirilganda qattiq holatidan bug' holatiga o'tish jarayoni **sublimatsiya** deyiladi. Bunday moddalarning bug'i sovutilganda suyulmasdan, to'g'ridan-to'g'ri kristall holatiga o'tadi.

Biz yuqorida moddaning erish temperaturasining tashqi bosimga bog'liqligini ta'kidladik. Normal atmosfera bosimi sharoitida moddaning erish temperaturasi shu moddaning erish nuqtasi deyiladi. Erish vaqtida hajmi kattalashadigan moddalarning erish temperaturasi tashqi bosim ortishi bilan ortadi. Erish vaqtida hajmi kichrayadigan moddalarning (masalan muz, surma, cho'yan) erish temperaturasi tashqi bosim ortishi bilan pasayadi. Masalan, muz $336 \cdot 10^5$ Pa bosim ostida 270 K temperaturada eriydi.

Qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishi

Tabiatda hamma jismlar issiqlikdan kengayib, sovuqdan torayadi. Faqat suv bundan mustasnodir. Suv 4°C da eng kichik hajimni egallab, eng katta zichlikka ega bo'ladi. Uni 4°C dan boshlab isitsak ham, sovutsak ham kengayadi. Jismlar chiziqli va hajmiy o'lchamlarga ega. Shuning uchun isitilish jarayonida chiziqli va hajmiy o'lchamlari bir vaqtda o'zgaradi.

Modda tuzilishining molekular-kinetik nazariyasi jismlarning issiqlikdan kengayish sababini tushuntirishga imkon beradi. Modda tuzilishining molekular-kinetik nazari-

yasiga ko‘ra, qattiq jismning kristallni hosil qiluvchi zarralar (atomlar yoki ionlar) kristall panjarasi tugunidagi zarralarning doim biror muvozanat vaziyati atrofidagi to‘xtovsiz tebranishlaridan iborat.

Temperatura ko‘tarilishi bilan zarralarning tebranishi kuchayadi, zarralarning muvozanat vaziyatidan chetlanishlari ortadi. Bu hol, o‘z navbatida, zarralar orasidagi o‘rtacha masofaning ortishiga olib keladi. Qattiq jismdagi barcha zarralar orasidagi masofalarning ortishi bir-biri bilan qo‘shilib, jismlarning chiziqli o‘lchamlarining ortishiga, binobarin, jism hajmining ortishiga sabab bo‘ladi. Bu jarayonga jismlarning **issiqlikdan kengayishi** deb ataladi.

Jism qizdirilganda, uning chiziqli o‘lchamlarining va hajmining ortishi *issiqlikdan kengayish* deyiladi.

Jismlarning chiziqli va hajmiy kengayishini alohida-alohida qarab chiqamiz. Agar jismning $t_o = 0^{\circ}\text{C}$ dagi uzunligi l_o bo‘lsa, uni t gacha isitiganda, uzunligi l bo‘lsin. Tajribalarning ko‘rsatishicha, jism isitilganda uzunligining o‘zgarishi – $\Delta l = l - l_o$ (yoki chiziqli kengayishi) uning temperaturasining o‘zgarishiga proporsional ekan, ya’ni

$$\Delta l = \alpha l_o \Delta t \quad (4).$$

Bu ifodada α proporsionallik koeffitsienti bo‘lib, chiziqli kengayish koeffitsienti deyiladi. $\Delta t = t - t_o$ ekanligini inobatga olib, yuqoridagi ifodalar asosida quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$l = l_o + \Delta l_o = l_o + \alpha l_o \Delta t = l_o + \alpha l_o (t - t_o) = l_o (1 + \alpha t) \quad (5).$$

Bundan, qattiq jismning chiziqli uzayishi temperatura o'rtishi bilan chiziqli ortar ekan. (5) formmulaga ko'ra, chiziqli kengayish koeffitsientini quyidagiga tengligi kelib chiqadi:

$$\alpha = \frac{l - l_o}{l_o \cdot t} = \frac{\Delta l}{l_o \cdot t} \quad (6).$$

Bunda, $\frac{\Delta l}{l_o}$ nisbat qattiq jismning nisbiy uzayishidir. Demak, chiziqli kengayish koeffitsienti jismning temperaturasi bir gradusga (yoki bir kelvinga) orttirilgandagi nisbiy uzayishiga teng bo'ladi.

Chiziqli kengayish koeffitsienti turli jismlar uchun turlicha qiymatga, binobarin, jismning tabiatiga bog'liq. Quyidagi jadvalda turmushda va texnikada ko'p ishlatiladigan jismlarning chiziqli kengayish koeffitsientining qiymati keltirilgan.

	Qattiq jismlar	β (K ⁻¹)
1	Aliuminiy	$22,9 \cdot 10^{-4}$
2	Po'lat	$(11,1 - 12,6) \cdot 10^{-4}$
3	Cho'yan	$(10 - 12) \cdot 10^{-4}$
4	Yog'och	$(2 - 6) \cdot 10^{-4}$
5	G'isht	$5,5 \cdot 10^{-4}$
6	Muz	(- 10°C dan 0°C gacha) $50,7 \cdot 10^{-4}$

Qattiq jism isitilganda, uning uchala o'lchami (eni, bo'yi, balandligi) o'zgaradi. Natijada jismning issiqlikdan kengayishi uning hajm kengayishiga olib keladi. Masalan, $t_o = 0^\circ\text{C}$ temperaturada kub shaklidagi bir jinsli qattiq jismning qirrasini l_o ga teng bo'lsin. Uning shu temperaturadagi hajmi $V_o = l_o^3$ ga teng bo'ladi. Endi jismni t temperaturagacha qizdiraylik. Natijada kubning har bir qirrasini chiziqli uzayadi, ya'ni $l = l_o(1 + \Delta t)$ qonunyatga ko'ra va hajmi esa quyidagicha ifodalanadi:

$$V = l^3 = [l_0(1 + \alpha t)]^3 = l_0^3(1 + 3\alpha t + 3\alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3) \quad (7).$$

α ning qiymati juda kichik bo'lgani uchun α^2 va α^3 lar ishtirok etayotgan hadlarni nazarga olmasa ham bo'ladi. U holda,

$$V = V_0(1 + 3\alpha t) \quad (8).$$

Ifodadagi 3α ni $\beta = 3\alpha$ deb belgilab, (8) ifodani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$V = V_0(1 + \beta t) \quad (9).$$

Demak, jismlarning hajmiy kengayish koeffitsienti chiziqli kengayish koeffitsientidan uch marta katta ekan. (9) ifodadan

$$\beta = \frac{V - V_0}{V_0 t} = \frac{\Delta V}{V_0 t} \quad (10)$$

ga ega bo'lamiz, bu yerda $\frac{\Delta V}{V}$ nisbat qattiq jism hajmining issiqlikdan nisbiy kengayishi deb ataladi, β qattiq jismning issiqlikdan hajmiy kengayish koeffitsienti bo'lib, jismning temperaturasni bir gradusiga (yoki bir kelvinga) orttirilganda jism hajmining nisbiy kengayishiga teng bo'ladi. β jismning turiga bog'liq, u K^{-1} o'lchamlikka ega.

Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsienti qattiq jismlarning hajmiy koeffitsientidan ancha katta. Quyida turmushda ko'p uchraydigan ba'zi suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsientini keltiramiz:

	Suyuq moddalar	β (K^{-1})
1	uv	$0,28 \cdot 10^{-3}$
2	kerosin	$0,9 \cdot 10^{-3}$
3	benzin	$1,1 \cdot 10^{-3}$
4	etil spirit (metil)	$1,1 \cdot 10^{-3}$ ($1,22 \cdot 10^{-3}$)
5	mazut	$0,6 \cdot 10^{-3}$

Izotrop jismlarning xossalari barcha yoʻnalishlar boʻyicha birday boʻladi, shuning uchun issiqlikdan kengayish ularning shaklini oʻzgartirmaydi. Anizotrop jismlarda bunday emas. Ularning xossalari turli yoʻnalishlarda turlicha, jumladan, chiziqli uzayish koeffitsienti ham har xil.

Qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishini amalda hisobga olish zarur, chunki jismning chiziqli oʻlchamlari uzaygan yoki qisqargan jismlarda juda katta mexanik kuchlanishlar yuzaga keladi. Tegishli choralar koʻrilmasa, bu noxush oqibatlariga olib keladi. Shuning uchun temir yoʻllarda relslarning tutashgan joylarida ozgina ochiq boʻshliq qoldiriladi.

Nazorat uchun savollar

1. *Erish va erish temperaturasi deb nimaga aytiladi?*
2. *Solishtirma erish issiqligi deb nimaga aytiladi? U nimaga bogʻliq?*
3. *Qattiq jismning erish jarayonini tavsiflovchi grafikni chizing va uni tushuntiring.*
4. *Chiziqli va hajmiy kengayish koeffitsientlarini taʼriflang.*
5. *Sublimatsiya nima? Bu hodisani tushuntiring.*

Mavzuga doir masalalar yechishnamunalari

1. 0°C dagi 4 kg muzni eritish uchun qancha energiya kerak boʻladi? Muzning solishtirma erish issiqligi 330 kJ/kg ga teng.

Berilgan: $t = 0^{\circ}\text{C}$; $m = 4$ kg; $r = 330$ kJ/kg; $W = ?$

Yechish: muzni eritish uchun kerak boʻladigan energiya miqdori uning erish issiqligi bilan aniqlanadi: $W = Q = r \cdot m$.

$$W = 330 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot 4 \text{ kg} = 132 \cdot 10^4 \text{ J}.$$

Javob: $W = 1,32 \cdot 10^6 \text{ J} = 1,32 \text{ MJ}$.

2. 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: $t_1 = 20^\circ\text{C}$; $m_1 = 4 \text{ kg}$; $t_2 = 0^\circ\text{C}$; $r = 336 \text{ kJ/kg}$; $m_2 = ?$

Yechish: suvga muz solinganda suv beradigan issiqlik miqdori hisobiga muz eriydi. Suv berishi mumkin bo'lgan issiqlik miqdori – $Q_1 = m_1 c (t_1 - t_2)$, muzning erish issiqligi – $Q_2 = r m_2$ ga teng bo'ladi: $m_1 c (t_1 - t_2) = r m_2$. Bu tenglikdan foydalanib muzning massasini topamiz:

$$m_2 = \frac{m_1 c (t_1 - t_2)}{r} = \frac{4 \text{ kg} \cdot 4200 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 20^\circ\text{C}}{336 \cdot 10^3 \text{ J} / \text{kg}} = 1 \text{ kg}$$

Javob: $m_2 = 1 \text{ kg}$.

Mustaqil yechish uchun masalalar

1. Temperaturasi 33°C bo'lgan 2 kg suvga 0°C temperaturali ko'pi bilan qancha muz solinsa, u to'liq eriydi? Muzning solishtirma erish issiqligi 330 kJ/kg , suvning solishtirma issiqlik sig'imi $4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ga teng. (**J:** 0,84 kg)

2. Temperaturasi 0°C bo'lgan 2 kg muzni 40°C gacha isitish uchun qancha issiqlik miqdori kerak bo'ladi? Muzning solishtirma erish issiqligi 330 kJ/kg , suvning solishtirma issiqlik sig'imi $4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ga teng. (**J:** 10^6 J)

3. Idishda temperaturasi 80°C temperaturali 5 kg suv bor. Idishga 100°C temperaturali 100 g suv bug‘i kiritildi. Idishdagi suv qanday temperaturagacha pasayadi. Idishning issiqlik sig‘imini hisobga olmang. Suvning solishtirma issiqlik sig‘imi $4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, suv bug‘ining solishtirma bug‘lanish issiqligi $2,3 \text{ MJ/kg}$ ga teng. (**J:** 91°C)

4. Idishda temperaturasi 20°C temperaturali 5 kg suv bor. Suvga 0°C temperaturali 500 g muz solindi. Muz erib ketgach suv qanday temperaturagacha ko‘tariladi. Idishning issiqlik sig‘imini hisobga olmang. Suvning solishtirma issiqlik sig‘imi $4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, muzning solishtirma erish issiqligi 330 kJ/kg ga teng. (**J:** 11°C)

5. Idishda 2m^3 benzin bor. Agar harorat ko‘tarilib benzin 30°C ga qizisa uning hajmi qanchaga ortadi? Benzin uchun hajmiy kengayish koeffitsienti $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ ga teng. (3,3% ga ortadi)

6. Erish temperaturasida olingan jismni eritish uchun 100 kJ issiqlik miqdori sarflandi. Agar o‘choqning FIK 40% bo‘lsa, uning solishtirma issiqlik sig‘imi nimaga teng? (**J:** 250 kJ/kg)

Mavzuga doir test topshiriqlari

1. Metalning erishi boshlanib to‘la eriguncha, uning harorati qanday o‘zgaradi?

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

2. Muz 0°C haroratda erimoqda. Bunda energiya yutiladimi yoki ajraladimi?

- A) yutiladi B) ajraladi
- C) yutilmaydi ham, ajralmaydi ham D) muzning massasiga bog‘liq

3. Kristall jism erishni boshlagandan to erib tugaguncha temperaturasi qanday o'zgaradi?

- A) uzluksiz ortadi B) uzluksiz pasayadi
C) avval ortadi, so'ngra pasayadi D) o'zgarmaydi.

4. 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.

5. Kristall qattiq jismlarning o'zgarmas temperaturada erish jarayonida ichki energiyasi qanday o'zgaradi?

- A) o'zgarmaydi B) ortadi
C) kamayadi D) ba'zan ortadi, ba'zan kamayadi

6. Ikkita bir xil polietilen idish 0°C haroratli suv bilan to'ldirildi. Idishlardan biri shunday (0°C) haroratli suvga, ikkinchisi esa 0°C haroratli maydalangan muzga joylashtirildi. Bu idishlarning birortasidagi suv muzlaydimi?

- A) muzlamaydi B) ikkala idishdagi suv muzlaydi
C) 1- idishdagi suv muzlaydi
D) 2- idishdagi suvning bir qismi muzlaydi

7. Solishtirma qotish issiqligining birligi qaysi javobda to'g'ri berilgan?

- A) J/kg B) $\text{J/kg} \cdot \text{K}$ C) J/K D) J

8. Solishtirma erish issiqligi r_e bilan solishtirma qotish issiqligi r_k orasidagi munosabatni ko'rsating.

- A) $r_e \gg r_k$ B) $r_e = r_k$ C) $r_e > r_k$ D) $r_e < r_k$

9. Toza ruxning normal atmosfera bosimidagi erish temperaturasi – 420°C , qaynash temperaturasi esa 909°C . Ruxning qotish temperaturasi qancha bo‘ladi?

- A) 1327°C B) 907°C C) 487°C D) 420°C

10. Toza qo‘rg‘oshinning normal atmosfera bosimida-gi erish temperaturasi – 327°C , qaynash temperaturasi esa 1750°C . Qo‘rg‘oshinning qotish temperaturasi toping ($^{\circ}\text{C}$).

- A) 1750 B) 1423 C) 2077 D) 327

11. Sovuqda chelak tubidagi suv muzlab qoldi. Chelakka vodoprovod suvidan biroz quyildi. Muz erigach, suv sathi qanday o‘zgaradi?

- A) ko‘tariladi B) pasayadi
C) o‘zgarmaydi D) Barcha javoblar noto‘g‘ri

12. Elektr plitkada 0°C temperaturadagi muzni eritish uchun 33 minut vaqt ketdi. Hosil bo‘lgan suvni qaynatish uchun qancha vaqt kerak bo‘ladi? Muzning solishtirma erish issiqligi 330 kJ/kg .

- A) 66min B) 21 min C) 42min D) 12min

13. Bir xil massali va 0°C temperaturali muz va 100°C temperaturali suv kalorimetriga solindi. Kalorimetrda qan-day harorat ($^{\circ}\text{C}$) qaror topadi? $r = 330 \text{ kJ/kg}$.

- A) 6 B) 50 C) 0 D) 11

14. Plitkada suvni 20°C dan 100°C gacha isitish uchun 28 minut ketdi. 0°C temperaturadagi shuncha muzni to‘liq eritib yuborish uchun necha minut kerak bo‘ladi? Suvning solishtirma issiqlik sig‘imi – $4200 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$; muzning solishtirma erish issiqligi – $330 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$.

- A) 56 B) 27,5 C) 28 D) 20,5

15. Idishda temperaturasi 40°C temperaturali 2kg suv bor. Idishga 100°C temperaturali 200g suv bug'i kiritildi. Idishdagi suv qanday temperaturagacha ko'tariladi($^{\circ}\text{C}$). Idishning issiqlik sig'imini hisobga olmang. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $4200\text{J/kg}\cdot\text{K}$, suv bug'ining solishtirma bug'lanish issiqligi $2,26\text{ MJ/kg}$ ga teng.

A) 80 B) 94 C) 78 D) 84

16. Erish temperaturasida turgan 300g chugunni kristall holatidan chiqarish uchun unga qanday issiqlik berish kerak bo'ladi(kJ)? Chugunning solishtirma erish issiqligi 130kJ/kg .

A) 39 B) 43 C) 10 D) 26

17. Erish temperaturasidagi massasi 2 kg suyuq metalning qotishi uchun 60 sek vaqt ketdi. Bu holda issiqlik miqdorining yo'qolish tezligi 3000 J/s bo'lsa, uning solishtirma erish issiqligi qanchaga teng?

A) 180 kJ/kg B) 100 kJ/kg C) 90 kJ/kg D) 20 kJ/kg

18. 0°C haroratli 1 l suvni qaynatish uchun sarflanadigan energiya yordamida shunday haroratli qancha muzni eritish mumkin (kg)? $c_{\text{suv}} = 4200\text{ J/kg}\cdot\text{K}$. $r_{\text{muz}} = 33\cdot 10^4\text{ J/kg}$.

A) 10 B) 1,3 C) 13 D) 3

19. Temperaturasi 0°C bo'lgan 2 kg muzning ichki energiyasi shunday temperaturali 2 kg suvning ichki energiyasidan qancha kam? Muzning solishtirma erish issiqligi – 330 kJ/kg .

A) 4200 J B) 2100 J C) 330 kJ D) 660 kJ

20. Sirtining yuzasi 1000 m^2 bo'lgan hovuz suvi 0°C temperaturada 2 mm qalinlikdagi muz bilan qoplandi. Bunda atrofga qancha issiqlik miqdori ajralgan (MJ)? Muzning zichligi – 900 kg/m^3 , solishtirma erish issiqligi – 330 kJ/kg .

A) 0,29,594 B) 59,4 C) 594 D) 29,7

21. Idishda temperaturasi 30°C temperaturali 4kg suv bor. Suvga 0°C temperaturali 200g muz solindi. Muz erib ketgach suv qanday temperaturagacha ko'tariladi. Idishning issiqlik sig'imini hisobga olmang. Suvning solishtirma issiqlik sig'imi $4200\text{ J/kg}\cdot\text{K}$, muzning solishtirma erish issiqligi 330kJ/kg ga teng.

- A) 25 B) 17 C) 20 D) 15

22. 50°C temperaturadagi suvga - 40°C temperaturadagi muz solingan. Suv bilan muzning massasi teng bo'lsa, aralashmaning so'nggi harorati qancha bo'ladi ($^{\circ}\text{C}$)? Muzning solishtirma issiqlik sig'imi $2,1 \cdot 10^3\text{ J/kg}$ va solishtirma erish issiqligi 330 kJ/kg ga teng.

- A) 0 B) 4 C) 1 D) 3

23. Sublimatsiya qanday hodisa?

- A) moddaning suyuq holatdan gaz holatiga o'tishi
B) moddaning gaz holatidan suyuq holatga o'tishi
C) moddaning qattiq holatidan gaz holatga o'tishi
D) moddaning qattiq holatidan suyuq holatga o'tishi

24. Kerosin 40°C ga isiganda uning hajmi qanchaga foizga ortadi (%)? Kerosin uchun hajmiy kengayish koeffitsienti $0,9 \cdot 10^{-3}\text{ K}^{-1}$ ga teng.

- A) 2 B) 4 C) 2,25 D) 3,6

25. Kondalang kesimi $0,4\text{sm}^2$ bo'lgan alyuminiy simi necha gradusga isitilganda ($^{\circ}\text{C}$) undagi uzayishi shu simga 2520N kuch qo'yilgandagi uzayish bilan bir xil bo'ladi? Alyuminiy uchun Yung moduli 70GPa va chiziqli kengayish koeffitsienti $2,25 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ ga teng.

- A) 25 B) 40 C) 50 D) 35

MOLEKULAR FIZIKADAN QIYINCHILIGI YUQORIROQ BO'LGAN TEST TOPSHIRIQLAR VA ULARNING YECHIMI

1. Hajmlari bir xil bo'lgan ikkita idishda bir xil temperaturali ikki xil bir atomli gaz bor. Birinchi idishda gazning bosimi 5 MPa, ikkinchi idishda 2 MPa. Birinchi idishdagi gazning 40%, ikkinchi idishdagi gazning esa 70% chiqarib yuborildi. So'ngra idishlar ingichka nay bilan tutashtirildi. Idishlardagi gazning temperaturasi 1,5 marta kamaygan bo'lsa, gazlar aralashmasining bosimini toping (MPa).

A) 1,8 B) 1,2 C) 1,6 D) 0,6

Yechilishi.

$$P_1 = \frac{N_1}{V_1} kT_1, \quad P_2 = \frac{N_2}{V_2} kT_2, \quad P_3 = \frac{N_3}{V_3} kT_3, \quad T_1 = T_2 = T,$$

$$T_3 = \frac{T}{1,5} = \frac{2}{3}T, \quad V_1 = V_2 = V, \quad V_3 = 2V$$

$$N_1 = \frac{P_1 V_1}{kT_1}, \quad N_2 = \frac{P_2 V_2}{kT_2}, \quad N_3 = \frac{P_3 V_3}{kT_3}, \quad N_3 = 0,6N_1 + 0,3N_2,$$

$$\frac{P_3 V_3}{kT_3} = 0,6 \cdot \frac{P_1 V_1}{kT_1} + 0,3 \cdot \frac{P_2 V_2}{kT_2},$$

$$P_3 = \frac{T_3}{V_3} \left(0,6 \cdot \frac{P_1 V_1}{T_1} + 0,3 \cdot \frac{P_2 V_2}{T_2} \right) = \frac{2}{3} \frac{T}{2V} \left(0,6 \cdot \frac{P_1 V}{T} + 0,3 \cdot \frac{P_2 V}{T} \right) =$$

$$= \frac{1}{3} (0,6 \cdot P_1 + 0,3 \cdot P_2) = \frac{1}{3} (0,6 \cdot 5 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 2 \cdot 10^6) = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

2 Ikki idish kranli nay yordamida o'zaro tutashtirilgan. Birinchi idishdagi gaz molekulalarining soni N_1 va gaz bosimi p_1 , ikkinchi idishdagi gaz molekulalarining soni N_2 va gaz

bosimi p_2 ga teng. Agar kran ochilsa qanday bosim qaror topadi? Temperatura o'zgarmas deb hisoblang.

A) $p = \frac{p_1 p_2 (N_1 + N_2)}{p_1 N_2 + p_2 N_1}$ B) $p = \frac{p_1 N_1 + p_2 N_2}{N_2 + N_1}$

C) $p = \frac{p_1 N_2 + p_2 N_1}{N_2 + N_1}$ D) $p = \frac{p_1 p_2 (N_1 + N_2)}{p_1 N_1 + p_2 N_2}$

Yechilishi

$$p_1 = \frac{N_1}{V_1} kT, \quad p_1 V_1 = N_1 kT, \quad p_2 = \frac{N_2}{V_2} kT, \quad p_2 V_2 = N_2 kT,$$

$$p(V_1 + V_2) = (N_1 + N_2)kT$$

$$p \left(\frac{N_1 kT}{p_1} + \frac{N_2 kT}{p_2} \right) = (N_1 + N_2)kT, \rightarrow p = \frac{p_1 p_2 (N_1 + N_2)}{p_1 N_2 + p_2 N_1}$$

3. Diametri 10 mm bo'lgan sovun pufagining ichidagi bosim tashqarisidagi bosimdan qanchaga farq qiladi (Pa)? Sovun eritmasining sirt taranglik koeffitsiyenti 40 mN/m ga teng.

A) 20 B) 30 C) 32 D) 16

Yechilishi: Sirtning egrilanishi hisobiga yuzaga keladigan qo'shimcha bosim (Laplas formulasi)

$$\Delta p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad R_1 = R_2 \quad \Delta p = \frac{2\alpha}{R} = 16 \text{ Pa}$$

4. Vaznsiz porshenli silindr ichida 5,46 g massali bir atomli gaz bor. Gazning temperaturasi o'zgarmas bosimda 80 K ga orttirilganda bajarilgan ishni toping (J). Normal sharoitda gazning zichligi 2 kg/m³.

A) 100 B) 120 C) 200 D) 60

Yechilishi:

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T, \quad p_0 V_0 = \nu RT_0, \quad V_0 = \frac{m}{\rho}, \quad A = \frac{p_0 m \Delta T}{\rho T_0} = 100 \text{ J}$$

5. Agar havoning qarshiligi bo'lmasa va hamma issiqlik ishga aylansa, 2 t massali suniy yo'ldoshni Yer sirti yaqinidagi doiraviy orbitaga chiqarish uchun qancha miqdor (kg) kerosin yoqish kerak bo'ladi? Yerning radiusi 6400 km, kerosinning issiqlik berish qobiliyati 46 MJ/kg.

A) 1440 B) 980 C) 1360 D) 1870

Yechilishi:

$$E_k = Q, \quad \frac{m_r v^2}{2} = q m_y, \quad \frac{m_r v^2}{R} = m_r g, \quad m_y = \frac{g R m_r}{2q} \approx 1360 \text{ kg}$$

6. Ikki idish kranli nay yordamida o'zaro tutashtirilgan. Birinchi idishdagi gaz miqdori 2 mol va gaz temperaturasi 300 K, ikkinchi idishdagi gaz miqdori 3 mol va gaz temperaturasi 350 K ga teng. Agar kran ochilsa qanday temperatura qaror topadi (K)? A) 330 B) 320 C) 325 D) 315

Yechilishi:

Birinchi idishdagi gazning ichki energiyasi: $U_1 = \frac{i}{2} R \nu_1 T_1$

Ikkinchi idishdagi gazning ichki energiyasi: $U_2 = \frac{i}{2} R \nu_2 T_2$

Energiyaning saqlanish qonunidan: $U = U_1 + U_2$

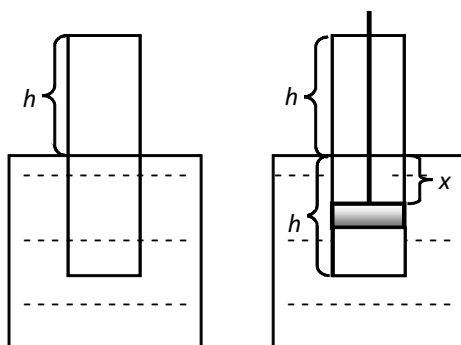
$$\frac{i}{2} R \nu_1 T_1 + \frac{i}{2} R \nu_2 T_2 = \frac{i}{2} R (\nu_1 + \nu_2) T, \quad ,$$

bundan $T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 330 \text{ K}$

7. Uzunligi 2 m bo'lgan ikkala uchi ochiq nay simobli idishga vertical holda yarmigacha botirilgan. Nayga porshen kiritiladi. Naydagi simob sathi 1 m pastga tushishi uchun porshen idishdagi simob sathidan qanday masofada turishi kerak? Simobning zichligi 13,6 g/sm³.

A) 57,6 sm B) 64,8 sm C) 39,5 sm D) 44,2 sm

Yechilishi: Boshlang'ich holatda porshenning yarmida simob, yarmida havo bo'ladi,



$h = \frac{L}{2} = \frac{2}{1} = 1 \text{ m}$. Porshen simob sathidan x masofaga tushirildi. Porshen ichidagi bosim $P = \rho gh + p_0$. Bunda ρgh - simob ustining bosimi, P_0 - atmosfera bosimi. Temperatura o'zgarmas: $P_0 \cdot Sh = P \cdot S(h - x)$ U holda

$$P = \frac{h}{h-x} P_0, \quad \rho gh + P_0 = \frac{h}{h-x} P_0, \quad x = \frac{\rho gh^2}{\rho gh + P_0}$$

$$x = 0,576 \text{ m} = 57,6 \text{ sm}$$

8. Porshen F kuch uzatilayotgan sterjen yordamida muvozanatda tutib turilibdi. Porshen ostidagi gazning bosimi 120 kPa, porshen yuzi $8,6 \text{ sm}^2$, sterjen porshen sirti bilan 60° burchakni tashkil qiladi. Ishqalanishni hisobga olmagan holda porshenga ta'sir etuvchi kuchni toping (N). Atmosfera bosimi 100 kPa.



- A) 15 B) 20 C) 24 D) 36

Yechilishi:

$$P = P_0 + \frac{F \cos \alpha}{S}, \quad F = \frac{(P - P_0)S}{\cos \alpha}, \quad \alpha = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ,$$

$$F = 20 \text{ N}$$

9. Silliqlik porshen ostidagi gazning bosimi 760 mm.sim.ust. ga teng. Porshenning yuzi 1000 sm² bo'lsa, uni 40 sm ga ko'tarish uchun gazga qancha miqdor issiqlik berish kerak bo'ladi (J)?

A) 10 B) 4 C) 6 D) 12

Yechilishi: $P = \text{const}$, $A = P \cdot \Delta V = P \cdot S \Delta h$, $A = 0,4Q$,

$$Q = \frac{A}{0,4} = 2,5PS\Delta h = 2,5 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot 0,4 = 10 \text{ kJ}$$

10. Radiusi R ga teng bo'lgan simob tomchisini n ta bir xil tomchiga ajratish uchun qanday ish bajarish kerak bo'ladi? Simobning sirt taranglik koeffitsiyenti α ga teng.

A) 0 B) $A = 4\pi\alpha R^2(n-1)$ C) $A = 4\pi\alpha R^2(\sqrt[3]{n}-1)$

D) $A = 4\pi\alpha R^2(\sqrt[3]{n^2}-1)$

Yechilishi. R radiusli simob tomchisining sirt energiyasi

$U_1 = 4\pi\alpha R^2$, n ta tomchining sirt energiyasi $U_2 = n \cdot 4\pi \alpha r^2$,

$A = U_2 - U_1$,

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = n \cdot \frac{4}{3}\pi r^3, \quad r = \frac{1}{\sqrt[3]{n}}R,$$

$$A = 4\pi\alpha(nr^2 - R^2) = 4\pi\alpha\left(\frac{n}{\sqrt[3]{n^2}}R^2 - R^2\right) = 4\pi\alpha R^2(\sqrt[3]{n}-1)$$

$$A = 4\pi\alpha R^2(\sqrt[3]{n}-1)$$

ILOVALAR

Moddaning issiqlik xossalari

Qattiq jismlar

Modda	Solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(kg·K)	Erish temperaturasi °C	Solishtirma erish issiqligi kJ/kg
Aluminiy	0,88	600	380
Muz	2,1	0	330
Mis	0,38	1083	180
Qalay	0,23	232	59
Qo'rg'oshin	0,13	327	25
Kumush	0,23	960	87
Po'lat	0,46	1400	82

Suyuqliklar

Modda	Solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(kg·K)	Qaynash temperaturasi °C	Bug' hosil bo'lish solishtirma issiqligi MJ/kg
Suv	4,2	100	2,3
Simob	0,12	357	0,29
Spirt	2,4	78	0,85

Gazlar

Modda	Solishtirma issiqlik sig'imi, kJ/(kg·K)	Kondensatsiya temperaturasi °C
Azot	1,0	-196
Vodorod	1,4	-253
Havo	1,0	—
Kislrorod	0,92	-183

Suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsienti, mN/m

Suv.....	73	Neft.....	30
Kerosin.....	24	Simob.....	510
Sovun eritmasi.....	40	Spirt.....	22

Yoqilg'ining solishtirma yonish issiqligi, MJ/kg

Benzin.....	46	Kerosin.....	46
Yog'och.....	10	Porox.....	3,8
Dizel yonilg'i.....	42	Spirt.....	29
Toshko'mir.....	29	Shartli yoqilg'i.....	29

**To‘yingan bug‘ bosim p va zichligi ρ ning
temperatura t ga bogliqligi**

$t, ^\circ\text{C}$	p, kPa	$\rho, \text{g/m}^3$	t, oC	p, kPa	$\rho, \text{g/m}^3$
-5	0,40	3,2	10	1,23	9,4
0	0,61	4,8	11	1,33	10,0
1	0,65	5,2	12	1,40	10,7
2	0,71	5,6	13	1,49	11,4
3	0,76	6,0	14	1,60	12,1
4	0,81	6,4	15	1,71	12,8
5	0,88	6,8	16	1,81	13,6
6	0,93	7,3	17	1,93	14,5
7	1,0	7,8	18	2,07	15,4
8	1,06	8,3	19	2,20	16,3
9	1,14	8,8	20	2,33	17,3

Psixrometrik jadval

Quruq termo- metrning ko‘rsatishi, $^\circ\text{C}$	Quruq va nam termometrlar ko‘rsatishlarining farqi, $^\circ\text{C}$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

MOLEKULAR-KINETIK NAZARIYA ASOSLARI
Molekula va atom o'lchami. Molekular soni.
Molekulaning massasi. Avogadro doimiysi.

1-D	2-D	3-A	4-B	5-B	6-D	7-D	8-D	9-B
10-C	11-D	12-A	13-B	14-D	15-B	16-A	17-B	18-C
19-C	20-B	21-B	22-A	23-D	24-D	25-A	26-B	27-A
28-D	29-C	30-C	31-D	32-B	33-D	34-B	35-D	36-A

Gazlar molekular kinetik nazariyasining
asosiy tenglamasi

1-D	2-C	3-C	4-D	5-B	6-B	7-C	8-B	9-C
10-B	11-B	12-A	13-A	14-B	15-B	16-A	17-D	18-A

Harorat va issiqlik muvozanati

1-C	2-A	3-B	4-B	5-D	6-D	7-A	8-C	9-D
10-D	11-B	12-D	13-B	14-B	15-A	16-A	17-B	18-A
19-A	20-D	21-C	22-B	23-A	24-B	25-A	26-D	27-A
28-B	29-A	30-D	31-A	32-B	33-A	34-D	35-C	36-C
37-B	38-B	39-D	40-C					

Ideal gazning holat tenglamasi

1-A	2-A	3-C	4-D	5-A	6-A	7-A	8-A	9-B
10-C	11-D	12-C	13-A	14-B	15-A	16-D	17-B	18-C
19-B	20-A	21-A	22-A	23-A	24-C	25-B	26-A	27-D
28-D	29-D	30-C	31-B	32-D	33-A	34-B	35-C	36-A
37-A	38-B	39-D	40-A	41-B	42-D	43-D	44-C	45-D
46-B	47-B	48-B	49-B	50-C	51-A	52-C	53-A	54-B
55-C	56-D	57-A	58-D					

IDEAL GAZ QONUNLARI

Izotermik jarayon

1-C	2-B	3-C	4-C	5-C	6-B	7-B	8-C	9-A
10-C	11-A	12-D	13-A	14-C	15-C	16-D	17-D	18-B

Izobarik jarayon

1-A	2-C	3-C	4-D	5-C	6-A	7-A	8-B	9-D	10-A
11-D	12-D	13-B	14-A	15-A	16-A	17-B	18-C	19-A	20-A
21-D	22-B								

Izoxorik jarayon

1-B	2-A	3-C	4-B	5-D	6-B	7-D	8-C	9-D
10-D	11-A	12-A	13-A	14-A	15-A	16-D	17-D	18-D
19-A	20-A	21-B	22-A	23-A	24-A	25-C		

TERMODINAMIKA

Ichki energiya

1-B	2-B	3-C	4-A	5-C	6-D	7-B	8-D	9-A
10-A	11-B	12-D	13-B	14-A	15-D	16-B	17-C	18-D
19-C	20-C	21-A	22-A	23-D	24-C	25-C	26-B	

Issiqlik miqdori. Issiqlik balansi tenglamasi.

1-B	2-B	3-D	4-C	5-A	6-A	7-C	8-D	9-A
10-D	11-A	12-A	13-A	14-D	15-D	16-A	17-B	18-C
19-D	20-B	21-C	22-A	23-B	24-C	25-B	26-B	27-D
28-D	29-C	30-B	31-D	32-B	33-D	34-B	35-D	36-D
37-B	38-D	39-C	40-D	41-C	42-D	43-A	44-A	45-C
46-A	47-C	48-C	49-B	50-A	51-A	52-B	53-A	

Termodinamikada ish tushinchasi

1-A	2-A	3-A	4-A	5-A	6-B	7-B	8-C	9-B
10-B	11-A	12-A	13-C	14-A	15-C	16-A	17-A	18-A
19-C	20-B	21-D	22-B	23-D	24-A			

Termodinamikaning birinchi qonuni

1-D	2-D	3-C	4-C	5-C	6-B	7-D	8-A	9-A	10-C
11-A	12-B	13-C	14-D	15-B	16-A	17-D	18-A	19-D	20-A
21-A	22-B	23-D	24-A	25-C	26-C	27-D	28-A	29-D	30-D
31-D	32-B	33-B	34-D	35-D	36-C	37-A	38-A	39-C	40-B
41-B	42-C	43-B	44-A	45-B	46-A				

*Issiqlik dvigatellari va ularning
foydali ish koeffitsienti*

1-D	2-C	3-B	4-C	5-D	6-A	7-D	8-C	9-B	10-A
11-C	12-C	13-D	14-D	15-D	16-D	17-A	18-B	19-D	20-C
21-C	22-A	23-D	24-C	25-D	26-D	27-C	28-D	29-C	30-D
31-A	32-D	33-C	34-C						

Bug'lanish jarayoni. Kondensatsiya.

1-B	2-B	3-B	4-A	5-B	6-C	7-D	8-C	9-D
10-A	11-A	12-C	13-A	14-A	15-C	16-A	17-A	18-C
19-D	20-A	21-A	22-D	23-B	24-C	25-A	26-B	27-B
28-D	29-D	30-A						

Suyuqliklarda sirt taranglik kuchi

1-D	2-D	3-D	4-B	5-A	6-A	7-A	8-A	9-B
10-D	11-A	12-D	13-B	14-D	15-B	16-D	17-C	18-A
19-A	20-D	21-C	22-A	23-B	24-D	25-C		

Qattiq jismning mexanik xossalari

1-C	2-D	3-D	4-C	5-B	6-D	7-B	8-B	9-C
10-B	11-D	12-D	13-A	14-D	15-C	16-D	17-A	18-D
19-A	20-B							

Qattiq jismlarning erishi va qotishi.

Qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishi

1-C	2-A	3-D	4-B	5-B	6-A	7-A	8-B	9-D
10-D	11-B	12-C	13-D	14-C	15-B	16-A	17-C	18-B
19-D	20-C	21-A	22-A	23-C	24-D	25-B		

MUNDARIJA

SO‘ZBOSHI.....	3
----------------	---

I BOB. MODDA TUZILISHINING MOLEKULAR-KINETIK NAZARIYA ASOSLARI

1- §. Molekular-kinetik nazariyaning asosiy qoidalari va ularning tajribaviy asoslari.....	4
2- §. Molekula va atom o‘lchami. Molekulalar soni.....	11
3- §. Molekulaning massasi. Avogadro doimiysi.....	14
4- §. Gazlar molekular-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi	28

II BOB. HARORAT. MOLEKULALAR ISSIQLIK HARAKATINING ENERGIYASI

5- §. Harorat va issiqlik muvozanati	42
--	----

III BOB. IDEAL GAZNING HOLAT TENGLAMASI. GAZ QONUNLARI

6- §. Ideal gazning holat tenglamasi	60
--	----

IV BOB. IDEAL GAZ QONUNLARI

7- §. Izotermik jarayon.....	77
8- §. Izobarik jarayon.....	87
9- §. Izoxorik jarayon.....	96

V BOB. TERMODINAMIKA

10- §. Ichki energiya	105
11- §. Issiqlik miqdori. Issiqlik balansi tenglamasi	114
Yoqilg‘ining yonish issiqligi.....	116
Issiqlik balansi tenglamasi.....	117
12- §. Termodinamikada ish tushinchasi.....	131
13- §. Termodinamikaning birinchi qonuni. Izojarayonlarga termodinamikaning birinchi qonunining qo‘llanilishi	141
14- §. Issiqlik dvigatellari va ularning foydali ish koeffitsienti	156

VI BOB. SUYUQLIK VA GAZLARNING BIR-BIRIGA AYLANISHI

15- §. Bug‘lanish jarayoni. Kondensatsiya.....	167
Solishtirma bug‘lanish issiqligi	168
To‘yingan va to‘yinmagan bug‘lar	170
Havoning namligi. Absolut va nisbiy namlik	171

Qaynash. Qaynash temperaturasi tashqi bosimga bog'liqligi	173
16- §. Suyuqliklarda sirt taranglik kuchi.....	185
Qattiq jism – suyuqlik chegarasidagi hodisalar	188
Kapillar hodisalar. Tabiatda va texnikada kapillarlik hodisasining o'rni	190

VII BOB. QATTIQ JISMLAR VA ULARNING XOSSALARI

17- §. Qattiq jismlarning tuzilishi. Amorf va kristall jismlar.....	200
Qattiq jismning mexanik xossalari	203
18- §. Qattiq jismlarning erishi va qotishi	214
Qattiq jismlarning issiqlikdan kengayishi	216

Molekular fizikadan qiyinchiligi yuqoriroq bo'lgan test topshiriqlar va ularning yechimi.....	227
---	-----

Lits. AI № 111. Bosishga ruxsat etildi 26.08.2016-y.
Bichimi 84x108_{1/32}. Kegli 12 shponli.
Shartli bosma tabag'i 15,0 b.t. Nashr tabag'i 22,0.
Adadi 1500 nusxa. Shartnoma № 31. Buyurtma № 43.

«YANGI NASHR» nashriyoti,
100115, Toshkent sh., Chilonzor tum.,
Chilonzor ko'chasi, 1-uy.

Original maket «Bilik-Print» MChJ
korxonasida tayyorlandi.
100115, Toshkent sh., Chilonzor tum.,
Chilonzor ko'chasi, 1-uy.

«ADAD PLYUS» MCHJ bosmaxonasida chop etildi
Toshkent sh., Chilonzor tum., Bunyodkor ko'chasi, 28-uy.

O'quv nashri

K. SUYAROV, SH. USMONOV, J. USAROV

MOLEKULAR FIZIKA

2- KITOB

*Maktab, akademik litsey o'quvchilari va
abituriyentlarga yordamchi qo'llanma*

Muharrir *X. Polatho'jayev*
Badiiy muharrir *D. Akromov*
Texnik muharrir *B. Irisboyev*
Musahhah *D. Ismoilova*
Sahifalovchi *D. Akromov*

ISBN-978-9943-22-049-2



9 789943 220492

