

FIZIKA

Umumy orta bilim berýän mekdepleriň
9-njy synpy üçin darslik

Gaytadan işlene we doldurylan üçünji neşir

*Özbekistan Respublikasynyň Halk bilimi ministrligi
tarapyndan heşire hödürlenen*

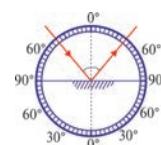
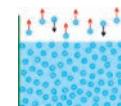
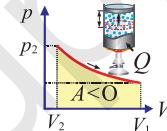
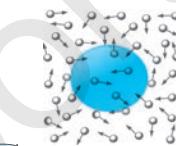
MADDANYŇ GURLUŞYNYŇ MOLEKULÝAR – KINETIK NAZARYÝETINIŇ ESASLARY

TERMODINAMIKANYŇ ELEMENTLERİ

ÝYLYLYK DWIGATELLERI

SUWUKLYKLARYŇ WE GATY JISIMLERIŇ HÄSIÝETLERİ

OPTIKA



Gafur Gulam adyndaky neşirýat-çaphana döredijilik öýi
Daşkent – 2019

UO·K 372.853(075)

KBK 22. 3 ya 72

F 58

Awtorlar: **P. HABIBULLAÝEW, A. BAÝDEDAYEW,
A. BAHROMOW, K. SUÝAROW, J. USAROW, M. ÝULDAŞEWA**

Ý ö r i t e r e d a k t o r :

K. Tursunmetow – fiz.-mat. ylymlarynyň doktry,
Özbegistan Milli uniwersitetiniň professory

S y n ý a z a n l a r :

- A.T. MAMADALIMOW** – fizika-matematika ylymlarynyň doktry, ÖzR YA akademigi.
- M. DJORAÝEW** – Nyzamy adyndaky DDPU professory, pedag.ylym.doktry.
- E. HUJANOW** – DDPU Fizikany we astronomiýany okatmagyň metodikasy kafedrasynyň mugallymy.
- Z. SANGIROWA** – RTM “Anyk we tebigy ylymlar” bölüminiň fizika premetiniň metodisti.
- V. SAIDHOJAÝEWA** – Daşkent welaýatyňyň Pskent tümenindäki 5-nji mekdebiň fizika mugallymy, Özbegistanda at gazanan halk bilimi işgäri.
- M. SAIDORIPOWA** – Ýunusabat tümenindäki 63-nji mekdebiň fizika mugallymy.
- E. JUMANIÝAZOW** – Sergeli tümenindäki 8-nji mekdebiň fizika mugallymy.

Şertli belgiler

 – üns beriň we ýatda saklaň



– soraglara jogap beriň



– ýatda saklaň



– meseleleri çözüň



– amaly ýumuşlary ýerine ýetiriň we depderiňize ýazyň

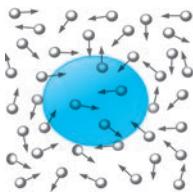
* – çözülişi beýlekilerden çylşyrymlı bolan mesele

Habibullaýew P.

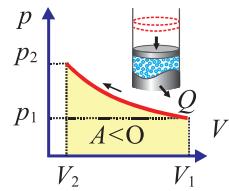
Fizika. Umumy orta bilim berýän mekdepleriň 9-njy synpy üçin derslik /P.Habibullaýew [we başg]. – Toshkent: Gafur Gulam adyndaky neşirýat-çaphana döredijilik öyi, 2019. –176 s.

ISBN 978-9943-5551-8-1

© Gafur Gulam adyndaky neşirýat-çaphana döredijilik öyi, 2019



MOLEKULÝAR FİZIKA WE TERMODINAMIKANYŇ ESASLARY



Molekulýar fizika we termodinamika – fizikanyň bölmelerinden biri bolup, onda jisimiň fiziki häsiýetleri ony düzýän san-sajaksyz bölejikleriň arasynda bolup geçýän proseslere baglap öwrenilýär.

Molekulýar fizika we termodinamika öwrenýän meseleler möçberi gaty giň bolup, ol:

- maddalaryň gurluşyny;
- maddanyň dürli halyndaky fiziki häsiýetlerini;
- maddanyň bir halyndan başga halyna geçiş kanunalaýyklyklaryny;
- maddanyň üst hadysalary, iki maddanyň araçagine bolup geçýän hadysalary;
- maddany düzýän bölejikleriň hereketi we olaryň arasyndaky özara täsir güýçleriniň emele geliş sebäplerini öwrenýär we düşündirýär.

Molekulýar fizikany we termodinamikany öwrenmekde statistik we termodinamiki metodlardan peýdalanylýär.

1. Statistik metod. «Statistika» sözi «hasaplamak», «umumylaşdyrmak» diýen manylary aňladýär. Statistik metoddada maddadaky her bir bölejigiň hereketini däl, eýsem olaryň jemleýji ortaça hereketi öwrenilýär. Meselem, molekulalaryň ortaça tizligi, kinetik enerjýasy we başgalar. Bölejikleriň jemleýji ortaça hereketi aýry-aýry bölejikleriň hereket kanunalaýyklyklary esasynda anyklanýar. Bu metod maddanyň gurluşyny molekulýar-kinetik nazaryétine esas edip alnan.

2. Termodinamik metod. «Termodinamika» sözi «termo» — «ýylylyk» we «dinamika» — «güýç», «hereket» sözlerinden alnan. Termodinamik metoddada öwrenilýän maddanyň haly temperatura, basyş, göwrüm ýaly termodinamik parametrler bilen anyklanýar.

Molekulýar fizikany öwrenende statistik we termodinamik metodlaryň ikisi-de bir-birini doldurýar. Bu metodlardan gaz, suwuk we gaty halyndaky maddalaryň gurluşy we olarda geçýän prosesleri öwrenende peýdalanylýär.



I BAP

MADDANYŇ GURLUŞNYŇ MOLEKULÝAR – KINETIK NAZARYÝETINIŇ ESASLARY

1-§. MADDANYŇ GURLUŞNYŇ MOLEKULÝAR – KINETIK NAZARYÝETI

Maddanyň gurluşy baradaky taglymat ilki miladydan öňki V – IV asyrлarda ýaşan grek filosofy Demokrit tarapyndan esaslandyrylan. Demokrit tebigatyň hadysalaryny öwrenmek üçin jisimleriň içki gurlusyny öwrenmelidigini özuniň eserlerinde ýazypdyr. Onuň pikiriçe ähli maddalar örän kiçi bölejiklerden düzülen. Ol maddanyň iň kiçi bölümmeýän bölejigini atom diýip atlandyrandygy baradaky maglumat bilen siz 6-njy synpda tanşypdyňyz.



Maddanyň gurlusyny we häsiyetlerini ony düzýän molekulalaryň hereketine hem-de molekulalaryň arasyndaky özara täsir güýjuniň bardygyna baglap öwrenýän nazaryýet molekulýar - kinetik nazaryýet (MKN) diýlip atlandyrylyar.

Maddanyň gurlusynyň molekulýar-kinetik nazaryýeti XVIII asyrdan üznuksiz nazaryýet hökmünde ösüp başlady. Molekulýar – kinetik nazaryýetiň ösmeginde rus alymlary M.W.Lomonosow, D.I.Mendeleýew, iňlis alymlary D.Dalton, J.Makswell, nemes alymy O.Štern, awstriýa fizigi L.Bolsman, italýan alymy A.Awogadro we başgalar özleriniň goşantlaryny goşupdyrlar.

Molekulýar-kinetik nazaryýet tejribelerde subut edilen üç düzgüne esaslanýar:

- 1. Maddalar bölejiklerden — atomlardan we molekulalardan ybarat.**
- 2. Atomlar we molekulalar dyngysyz we tertipsiz hereket edýär.**
- 3. Atomlar bilen molekulalaryň arasynda özara dartyş we itekleme güýçleri bar.**

Bu düzgünler aşakdaky amaly mysallarda aýdyň görünýär.

1. Otagyň bir çetine atyr sepilse, onuň ysy otagyň başga çetine-de ýetip gelýär. Bu ys, atyryň molekulalaryndan ybarat. Atyryň molekulalary otag boýunça dyngysyz we tertipsiz hereket etmegi netijesinde ýaýraýar. Atyryň ysy bize ýetip gelýänče mälim wagt geçýär. Munuň sabäbi – atyryň molekulalary öz ýolunda san-sajaksyz howa molekulalary bilen çaknyşýar we öz hereket ugrunu köp gezek üýtgedýär.

2. Stakandaky suwuň üstüne bir çay çemçe süýt guýsak, suw bilen süýt tiz aralaşyp gitmeýär (1-nji a surat). Olaryň aralaşmagy üçin mälim wagt geçýär (1-nji b surat).

Suwuň we süýdün özara aralaşmagy olaryň bölejiklerden düzülenligi we bu bölejikleriň dyngysyz we tertipsiz hereketdedigiň görkezýär. Aralaşmagyna wagt gitmegi bolsa bölejikleriň **özara täsirleşip hereketlenýändigini** görkezýär.

3. Altyn we gurşun metallarynyň üstleri ýylmalanyp, üstme-üst ýerleşdirilip olaryň üstüne agyr yük goýlan (2-nji a surat). Bäs ýyldan soň metallaryň üstündäki yük alnanda, olaryň bir-birine ýapyşyp galandygy anyklanan. Altynyň atomlary gurşun maddasynyň içine, gurşunyň atomlary bolsa altyn maddasynyň içine takmynan 1 mm giripdir (2-nji b surat). Bu bolsa altyn bilen gurşun maddalarynyň gatyşmagy gaty jisimleriň hem bölejiklerden düzülendigini görkezýär. Gaty jisimiň bölejikleriniň haýal gatyşmagy bolsa, metal bölejikleriniň özara täsir güýjuniň suwuklyklara ýa-da gazlara görä güýçlüräkdigini görkezýär.

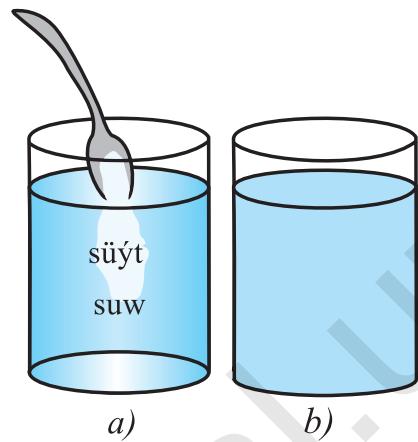
Broun hereketi

Maddadaky molekulalaryň tertipsiz hereketini tassyklaýan tejribe iňlis botanigi Robert Broun tarapyndan 1827-nji ýylda anyklanypdyr. Broun suwuň üstüne ösümlük gülünüň tozanyny (spora-tohum) sepip ony mikroskopda gözegçilik edýär. Broun gülüň tozanyny suwuň üstünde dyngysyz we tertipsiz hereketini görüp, ony käbir mayda jandar diýip oýlapdyr. Hereketlenýän zadyň nämedigini we şeýle hereketiň sebäplerini anyklamak üçin Broun ençeme tejribeleri geçiripdir. Ol tejribeler esasynda tebigatda bölejikleriň üzňüsiz we tertipsiz (haotik) hereket edýändigini anyklapdyr. Şeýle hereket ylymda **Broun hereketi** diýen ady aldy.

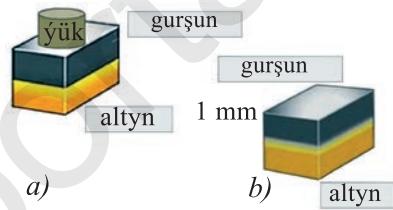


Suwuklyklarda ýa-da gazlarda bölejigiň dyngysyz we tertipsiz hereketine haotik hereket diýilýär.

“Haotik” sözi latynça “*xaos*” sözünden alınan bolup, “tertipsiz” diýen manyny aňladýar. Broun hereketiniň emele geliş sebäpleri maddanyň gurluşynyň molekulýar – kinetik nazaryýeti esasynda aşakdaky ýaly düşündirilýär. Broun hereketiniň molekulýar – kinetik nazaryýeti 1905-nji ýylda Albert Eýnsteýn

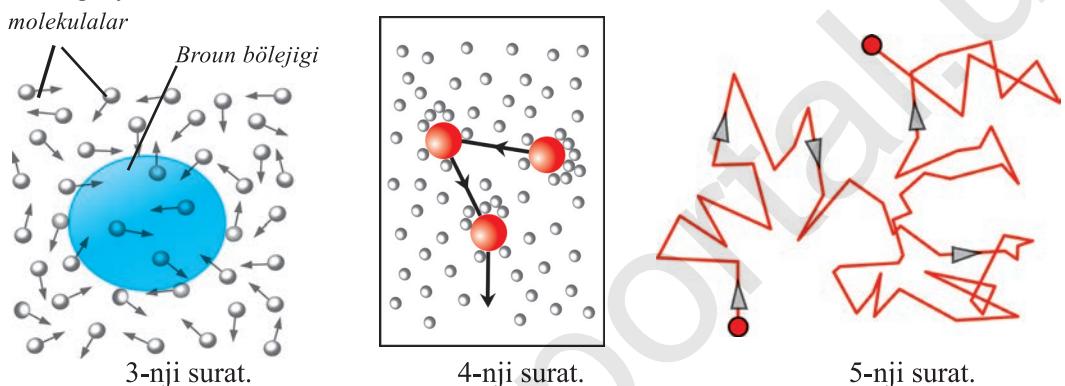


1-nji surat.



2-nji surat.

tarapyndan döredilipdir. Suwuklykda asylgy duran gülüň tozanyna (Broun bölejigi) maddanyň molekulalary üzňüsiz we tertipsiz urlup durýar. Eger Broun bölejiginiň ölçegi 1 mikrometrden uly bolsa, oňa dürli taraplardan urulýan molekulalaryň zarba güýçleri bölejigi herekete getirip bilmeyär (3-nji surat). Broun bölejiginiň ölçegi 1 nanometr tóweredinde bolsa, oňa bir tarapdan urulýan molekulalar sany, başga tarapdan urulýan molekulalaryň sanyndan tapawutlanýar. Broun bölejigine täsir edýän jemleýji güýç bölejigi hereketlendirýär (4-nji surat). Diýmek, Broun hereketi käbir gurşawda asylgy duran bölejige şol gurşawyň molekulalarynyň dyngysyz urulmalary netijesinde emele gelýär.



Maddanyň gurlusyny öwrenmäge degişli ylmy barlaglarda Broun hereketiniň açyş edilmegi uly ähmiýete eýe boldy. Broun hereketi molekulalaryň tertipsiz hereket etmeginden daşary, maddanyň molekulalardan düzülenligini hem tassyklaýar.

Broun hereketini fransuz fizigi **Jan Perren** tejribede öwrenip, haotik hereket edýän bölejigin deň wagtlar aralygyndaky ýagdaýlaryny surata alypdyr. Munda Broun bölejiginiň traýektoriýasy 5-nji suratda görkezilişi ýaly dürli uzynlyklardaky döwük çyzyklardan ybarat eken. 1926-njy ýylda J.Perrene maddanyň molekulalardan düzülenliginiň tejribedäki subudy üçin Nobel baýragy berlipdir.



Broun hereketi dyngysyz we tertipsiz hereketden ybarat.

Broun hereketiniň traýektoriýasy çylşyrymlı döwük çyzyklardan ybarat.

Broun hereketi bölejigin ölçegine baglı.



1. Nähili tejribeler maddanyň gurlusynyň molekulýar - kinetik nazaryyetiniň esasy düzgünlerini tassyklaýar?
2. Broun hereketiniň emele geliş sebäbinidirip beriň.
3. Nämé üçin ikä bölünen plastilini bir-birine birikdirmek mümkün, emma ikä bölünen galamyň böleklerini bir-birine gaýtadan birikdirip bolmaýar?
4. Gaty jisimleriň hem bölejikleri dyngysyz we tertipsiz hereket edýär. Nämé üçin gaty jisimler pytrap gitmeýär?



Broun hereketine gözegçilik etmek. Gije ýatakhanaňzdaky çyrany öçürip, fonaryň kömeginde şöhle emele getiriň. Haýsy-da bolsa bir mata bölegini Şöhläniň ýolunda silkiň. Ýagtylyk şöhlesinde howadaky tozan bölejikleriň dyngysyz we tertipsiz hereket edýändigi görünýär. Netijäňizi ýazyň.



Mehaniki model esasynda molekulalaryň tertipsiz hereketini görkezmek.

Gerekli enjamlar: ak we gara reňkdäki şarjagazlar, tarelka, flomaster.

Maksady: molekulalar tertipsiz hereketlenýardiýen ipotezany mehaniki model esasynda öwrenmek.

1. Molekulanyň modeli hökmünde ak we gara reňkdäki şarjagazlary alýarys. Meselem, takmynan 20 sanydan alyň.
 2. Aşaky esasy tekiz bolan çuňrak gap alyň (meselem, tarelka).
 3. Gabyň içki esasyny flomasterde çyzyp deň ikä bölün.
 4. Gabyň esasynyň birinji ýarysyna ak reňkdäki şarjagazyň dänelerini, ikinji ýarysyna, gara reňkdäki şarjagazyň dänelerini salyň (6-njy a surat).
 5. Gaby silkip onuň içindäki şarjagazyň dänelerini herekete getiriň we gabyň içindäki şarjagaz däneleriniň ýerleşishini synlaň (6-njy b surat) hem-de öz netijäňizi ýazyň.



a)



b)

2-Ş. MOLEKULANYŇ MASSASY WE ÖLÇEGİ



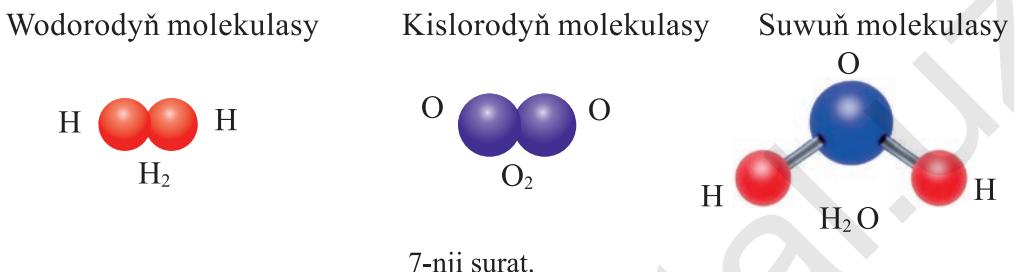
Maddalaryň maýda bölejiklerden – molekulalardan we atomlardan düzülenligini bildiňiz.



Maddanyň himiki häsiýetini özünde saklap galýan iňkiçi bölejigine molekula diýilýär.

Molekula birmeňzes ýa-da dürli himiki elementleriň birnäçe atomyndan ybarat bolýar. Metallar we inert gazlar tebigatda atom halyn-da duşýar. Metallardan we inert gazlardan başga maddalaryň molekulasы iň bolmando iki atomdan düzülen bolýar. Messelem, wodorod gazy

wodorodyň (H_2) molekulalaryndan, her bir wodorodyň molekulasy bolsa 2 sany wodorod (H) atomyndan ybarat. Howadaky kislorod maddasy kislorodyň (O_2) molekulalaryndan, her bir kislorodyň molekulasy 2 kislorod (O) atomyndan düzülen. Suw maddasy suwuň (H_2O) molekulalaryndan düzülen. Her bir suwuň molekulasy 2 wodorodyň (H) we 1 kislorodyň (O) atomyndan ybarat (7-nji surat).



7-nji surat.

Molekulalaryň ölçegi

Molekulalar örän kiçi bolanlygyndan olary göz bilen görüp bolmaýar. Emma ynha şu göze görünmeyän, iňňän maýda bölejikler birigip, biz görüp bilyän jisimleri we maddalary emele getirýär. Molekulalaryň ölçegi nähili? Olaryň ölçegini kesgitlemek mümkünmi?

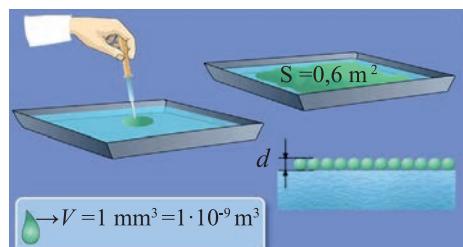
Molekulanyň ölçegini kesgitlemäge mümkünçilik berýän ençeme usullar bar. Şeýle usullardan biri, zeýtun ýagynyň damjasynyň suw üstünde ýaýraýşyna garap geçeliň. Eger gap uly bolsa, ýag gatlagy suwuň üstünü doly örtmeýär (8-nji surat). Göwrümi 1 mm^3 bolan zeýtun ýagynyň damjasы suwuň üstünde takmynan $0,6 \text{ m}^2$ meýdany eýeleýän eken. Ýag damjasы suwuň üstünde iň uly meýdana ýaýranda ýag gatlagyň galyňlygyny bir molekula diametrine ýakyn diýip göz öňüne getirmek mümkün. Diýmek, ýag gatlagyň galyňlygyny anyklap, molekulanyň ölçegini takmynan hasaplamaň mümkün.

Ýag gatlagyň galyňlygyny aşakdaky ýaly anyklaýarys. Ýag gatlagyň göwrümi V , onuň ýaýylan meýdany S bilen d galyňlygynyň köpeltmek hasylyna deň:

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

Bu deňlikden ýag gatlagyň galyňlygы, ýagnы zeýtun ýagynyň molekulalarynyň diametri aşakdaka deň bolýar:

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



8-nji surat.

Şeýle ölçegdäki molekulany iň güýcli optiki mikroskopda hem görüp bolmaýar. Ölçände alınan netijeler esasynda biz atomy radiusy 10^{-10} m -e ýakyn

bulan şar görünüşinde göz önüne getirip bileris. Molekulalar birnäçe atomlardan düzülenligi üçin olaryň diametri atomyň diametrinden ulurak bolýar. Meselem, wodorod molekulasynyň diametri $d \approx 2,3 \cdot 10^{-10} m$, suwuň molekulasynyň diametri $d \approx 3 \cdot 10^{-10} m$ -e deň.

Bu ölçegler gatykiçibolup, olary göz önüne getirmek örän kyn. Şeýle ýagdaýlarda göz önüne getirmäge özara deňeşdirme kömек edýär. Meselem, eger molekulany alma ýaly bolýança ulaldysa, şonça gezek ulaldylan alma ýer planetasy ýaly bolýar. Ýene şeýle bir deňeşdirmen: eger tebigatdaky hemme zat 10^8 esse ulalsa, boý 1 m bulan çaganyň boýy 100 000 km-e ýetýär.

Häzirkigünde mahsusabzallaryň kömeginde aýry-aýry atomlaryň we molekulalaryň ýerleşiş ýagdaýyny hem-de olaryň ölçegini takyk ölçemek mümkünçiligi bar. Şeýle döwrebap esbaplardan biri **tunnelli mikroskop** (9-njy surat) bolup, ol 1980-nji ýyllarda meşhur IBM¹ firmasynyň işgärleri tarapyndan döredilen (bu açыşyň awtorlary bulan Gerd Biniň we Genrik Rorere 1986-njy ýilda Nobel bayragy berlen). Tunnelli mikroskop ölçegi 100 million esse ulaltmak mümkünçilige eýe. Bu bolsa atomyň ölçegini örän uly takyklykda ölçemäge mümkünçilik berýär. Tunnelli mikroskopyň kömeginde uglerod atomynyň diametri $1,4 \cdot 10^{-10} m$ -e deňligi we başga atomlaryň ölçegleri hem anyklanan. Tunnelli mikroskopyň kömeginde maddany düzýän bölejigiň teswiriniň alynyşy, maddanyň atomlardan we molekulalardan düzülenligine göz yetirildi.

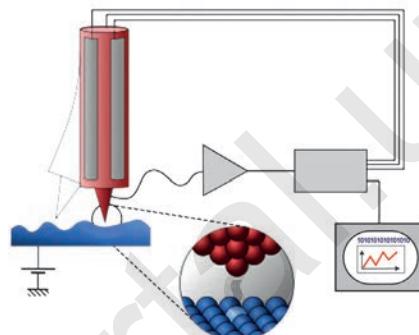
Molekulanyň massasy

Molekulanyň ölçegi baradaky maglumatlardan peýdalanylп, olaryň massasyny hasaplaýarys. Aýdaly, suwuň molekulasynyň diametri takmynan $d \sim 3 \cdot 10^{-10} m$ bolsa, onda onuň görrümi hem takmynan $V \sim d^3 = (3 \cdot 10^{-10} m)^3$ -a deň bolýar. Suwuň molekulalary bir-birine dykyz degip durýar diýip, $1 m^3$ suwdaky molekulalar sanyň hasaplaýarys:

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

$1 m^3$ suwuň massasy 1000 kg-a deňliginden suwuň molekulasynyň massasyny hasaplaýarys:

¹ IBM (Internasional Business Machines) programmırleme üpjünçiligi boýunça Amerikadaky iri kompaniyá.



9-njy surat.

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

Hasaplama netijesine görä, suwuň molekulasyň massasy iňňän kiçidigi görnüp dur. Atomlaryň (ýa-da molekulalaryň) ölçegleri näçe kiçi bolsa-da, olaryň massalary anyklanan. Meselem, suwuň molekulasyň massasy $m_{H_2O} \approx 2,7 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, kislorod molekulasyna $m_{O_2} \approx 5,32 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, uglerod atomyna $m_C \approx 1,992 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$, simap atomyna $m_{Hg} \approx 3,337 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$ deň eken.

Otnositel atom (molekulýar) massa

Ýokarda maddany düzýän molekulanyň massasy örän kiçidigi nygtalyp geçildi. Emma, şeýle kiçi massany terezide ölçüp bolmaýar. Şu sebäpli atomyň massasyny aňlatmak üçin ýörite **massa atom birligi (u)²** düşünjesi girizilen. Halkara ylalaşyga görä ähli maddanyň atomlarynyň massasyny $^{12}_6C$ uglerodyň atomynyň massasyny $1/12$ bölegi bilen deňeşdirmek kabul edilen. Onda massa atom birligi:

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

Diýmek,

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



Berlen maddanyň atomynyň massasynyň (m_0) uglerodyň atom massasynyň (m_{0C}) $1/12$ böleginiň gatnaşygyna, şu maddanyň otnositel atom massasy diýilýär.

Kesgitlemä görä otnositel atom massa aşakdaky ýaly hasaplanýar:

Otnositel atom massasy = $\frac{\text{Elementiň bir atomynyň massasy}}{\text{Uglerod atomeneň massasynyň } 1/12 \text{ böledi}}$ ýa-da

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

(2) aňlatma görä kislorod atomynyň otnositel atom massasy:

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

² “unit” – iňlisçe – “unified mass unit” – massa atom birligi.

Otnositel atom massa ölçegsiz ululykdyr. Ähli himiki elementleriň otnositel atom massasy D.I.Mendeleýewiň himiki elementleriň periodik sistemynda berlen. Çylşyrymly maddanyň molekulasynyň otnositel molekulýar massasyny tapmak üçin onuň düzümine girýän elementleriň otnositel atom massalaryny goşmaly. Meselem, suwuň (H_2O) molekulasynyň otnositel molekulýar massasyny tapmak üçin iki wodorod atomynyň otnositel massasyna bir kislorod atomynyň otnositel massasyny goşýarys, ýagny: $M_{H_2O} = 1 \cdot 2 + 16 = 18$ u.

Mesele çözmegeň nusgasy

Bir sany suwuň molekulasynyň massasy $3 \cdot 10^{-26}$ kg-a deň bolsa, 12 cm^3 suwda näçe molekula bar?

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$m_0 = 3 \cdot 10^{-26}$ kg	$m = \rho \cdot V; N = \frac{m}{m_0};$	
$V = 12 \text{ cm}^3 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$	$N = \frac{\rho \cdot V}{m_0}$	$N = \frac{10^3 \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 10^{-26}} = 4 \cdot 10^{23}$ sany.
$\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$.	$[N] = \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = \text{ölçeg.}$	
<i>Tapmaly:</i>		Jogaby: $N = 4 \cdot 10^{23}$ sany.
$N = ?$		



1. Molekula kesgitleme beriň we mysallar getiriň.
2. Molekulanyň ölçegini nähili kesgitlemek mümkün?
3. Atomyň we molekulanyň ölçügi nähili tertipde bolýar?
4. Massanyň atom birligi edip nähili ululyk alnan?
5. Maddanyň otnositel molekulýar massasy nähili anykylanýar?



1. Massasy 2,4 kg bolan kömürde näçe uglerod atomy bardygyny hasaplaň. Uglerod atomynyň massasyny $2 \cdot 10^{-26}$ kg-a deň diýip alyň.
2. Göwrümi 0,2 mm^3 bolan ýag suwuň üstünde ýaýylyp takmynan $0,8 \text{ m}^2$ meýdanly ýuka perde emele getirdi. Ýagyň molekulalary suwuň üstünde bir gat bolup tekiz ýaýylan diýip hasaplap, ýagyň molekulasyňny çyzykly ölçegini anyklaň.
3. Bir suwuň molekulasyň massasy $3 \cdot 10^{-26}$ kg. Göwrümi 5 cm^3 bolan suwda näçe suwuň molekulasy bar?
- 4*. Gapdaky suwda 10^{24} sany suwuň molekulasy bolsa, suwuň göwrümi nähili? Suwuň molekulasyň diametrini $3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ -e deň diýip alyň.
- 5*. Ýagyň molekulasyň diametri takmynan $2,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ bolsa, 35 cm^3 ýagda näçe ýag molekulasyň bardygyny anyklaň.

6. Jedweli dolduryň.

Nº	Madda	Himiki formulasy	Otnositel molekulýar massasy (u)
1	Azot		
2	Ozon		
3	Nahar duzy		
4	Metan gazy		
5	Kömürturşy gazy		

3-§. MADDANYŇ MUKDARY

Maddanyň mukdary

Makroskopik («makro» – sözi grekçe «uly» diýen manyny aňladýar) jisimiň düzümünde atomlar (ýa-da molekulalar) iňnän köp bolanlygyndan olaryň sanyny massasy 12 g bolan uglerodyň maddasyndaky atomlar sany bilen deňeşdirmek kabul edilen.



1 mol–maddanyň şeýle mukdary bolup, ondaky atomlar(molekulalar) sany 12 g ugleroddaky atomlar sanyna deň.

Bu kesgitlemeden ähli maddalaryň 1 mol mukdaryndaky molekulalar (atomlar) sany özara deň diýen netije gelip çykýar. HBS-da maddanyň mukdaryny «mol»-da aňlatmak kabul edilen. Maddanyň mukdary ν (nýu) harpy bilen belgilenýär.

Awogadro hemişeligi

Mukdary 1 mol bolan maddadaky molekulalar sany italýan alymy Amedeo Awogadronyň hormatyna **Awogadro hemişeligi** diýlip atlandyrylýar we ony N_A diýip belgilemek kabul edilen.



Awogadro hemişeligi fundamental fiziki ululyk bolup, onuň san bahasy $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ -e deň.

Eger maddanyň mukdary ν -ge deň bolsa, ondaky molekulalar sany aşakdaky ýaly anyklanýar:

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

Maddanyň mukdaryny tapmak üçin maddanyň düzümindäki molekulalar sanyny Awogadro sanyna bölmeli, ýagny

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

Molýar massa



Mukdary bir mol bolan maddanyň massasyna molýar massa diýilýär we M harpy bilen belgilenýär.

Bu kesgitlemä görä, maddanyň molýar massasy onuň bir molekulasyň massasy bilen Awogadro hemişeliginin köpeltmek hasylyna deň, ýagny:

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

Molýar massanyň birligi edip kg/mol kabul edilen. (3) aňlatma görä madda molekulasyň massasyny hasaplamak mümkün:

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

Diýmek, islendik maddanyň molekulasyň massasyny kesgitlemek üçin onuň molýar massasyny Awogadro hemişeligine bölmeli.

Otnositel molekulýar massa $M_n = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_{0C}}$ aňlatmasyndan m_0 ni tapyp, ony

(3) aňlatma goýsak, $M = \frac{1}{12}m_{0C} \cdot M_n \cdot N_A$ aňlatma emele gelýär. Indi bu

aňlatma uglerodyň atom massasyny we Awogadro hemişeliginin san bahasyny goýup ýönekeýleşdirilse aşakdaky gatnaşy whole emele gelýär:

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

Şu gatnaşyga görä maddanyň molýar massasyny tapmak iň amatly hasaplanýar. Mendeleyewiň periodik sistemasy esasynda islendik maddanyň molekulasyň otnositel molekulýar massasyny kesgitlemek mümkün. Meselem: kömürturşy gazynyň molekulasy (CO_2) üçin otnositel molekulýar massa $M_{\text{CO}_2} = 44\text{u}$ -a deň, onda kömürturşy (CO_2) gazy üçin molýar massasy $M = 44 \text{ g/mol-a}$ deň bolýar.

Molekulalar sany

Islendik maddanyň massasyny tapmak üçin ony düzýän molekulalar sanyны bir molekulanyň massasyna köpeltmeli, ýagny:

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

(4) deňligi (5)- aňlatma goýsak, aşakdaky aňlatma emele gelýär:

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

(1) aňlatmany hasaba alsak (6) aňlatmadan aşakdaky aňlatma gelip çykyar:

$$V = \frac{m}{M}. \quad (7)$$

Onda (1) deňligi (7) aňlatma görä ýazýarys:

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

Bu aňlatma görä massasy anyk bolan islendik görnüşdäki maddadaky molekulalar (ýa-da atomlar) sanyny kesgitlemek mümkün.

Molekulalaryň konsentrasiýasy



Göwrüm birligindäki molekulalar sanyna maddanyň molekulalarynyň konsentrasiýasy diýilýär we n harpy bilen belgilenýär.

Kesgitlemä görä, maddanyň molekulalarynyň konsentrasiýasy aşakdaky ýaly anyklanýar:

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

bu ýerde N – gapdaky molekulalaryň sany, V – gabyň göwrümi.

Maddanyň molekulalarynyň konsentrasiýasy Halkara birlikler sistemasynda $[n] = \text{m}^{-3}$ birliginde ölçenýär.

(9) aňlatmadaky N -iň ýerine (8) aňlatmany goýup maddanyň molekulalarynyň konsentrasiýasyny kesgitlemegiň ýene bir aňlatmasы alynýar:

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

Bu aňlatmadan maddanyň dykyzlygyny kesgitlemegiň ýene bir aňlatmasы gelip çykýar, ýagny $\rho = n \cdot m_0$.

Mesele çözmegiň nusgasy

1-nji mesele. Göwrümi 54 cm^3 bolan suwdaky molekulalar sanyny anyklaň.

Berlen:

$$V = 54 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 1 \text{ g/cm}^3$$

$$M = 18 \text{ g/mol}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Tapmaly:

$$N = ?$$

Formulasy:

$$m = \rho \cdot V; \quad N = \frac{m}{M} N_A.$$

$$[m] = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \text{cm}^3 = \text{g}.$$

$$[N] = \frac{\text{g}}{\text{g/mol}} \cdot \frac{1}{\text{mol}} = 1$$

Hasaplamak:

$$m = 54 \cdot 1 \text{ g} = 54 \text{ g.}$$

$$N = \frac{54}{18} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} =$$

$$= 1,806 \cdot 10^{24} \text{ sany.}$$

Jogaby: $N = 1,806 \cdot 10^{24}$ sany.

2-nji mesele. 136 mol simap näçe görrümi eýeleýär? Simabyň dykyzlygy 13,6 g/cm³, molýar massasy 200 g/mol.

Berlen:

$$\begin{aligned} v &= 136 \text{ mol} \\ \rho &= 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \\ M &= 200 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol.} \end{aligned}$$

Tapmaly:

$$V = ?$$

Formulasy:

$$v = \frac{m}{M}; \quad m = v \cdot M.$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{v \cdot M}{\rho}.$$

$$[V] = \frac{\text{mol} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \text{m}^3.$$

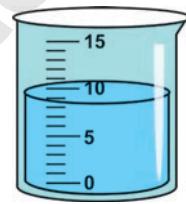
Hasaplamak:

$$V = \frac{136 \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{13,6 \cdot 10^3} \text{ m}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Jogaby: $V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 2 \text{ l.}$



1. Madda mukdary diýip nämä aýdylýar? Onuň ölçeg birligi näme?
2. Awogadro hemişeligininiň san bahasyny aýdyň we ony düşündiriň.
3. Molýar massa diýip nähili ululyga aýdylýar? Ozon, kömürturşy we metan gazy üçin molýar massa nämä deň?
4. Maddadaky molekulalar sany nähili hasaplanýar?
5. Gapdaky suwuň molekulalarynyň konsentrasiýasyny nähili anyklaýarsyňyz (10-nji surat)? Gabyň ölçeg derejesi ml-da berlen.



10-nji surat.



1. Massasy 270 g bolan suwdaky maddanyň mukdaryny anyklaň.
2. Mukdary 8 mol bolan kömürturşy (CO_2) gazynyň massasy nämä deň?
3. Massasy 7 g bolan azot (N_2) düzümindäki molekulalar sanyны anyklaň.
4. Maddanyň molýar massasy 36 g/mol-a deň bolsa, şu maddanyň bir molekulasynyň massasyny anyklaň.
5. Jedweli dolduryň.

Nº	Maddanyň görnüşi	Himiki formulasy	Molýar massasy (g/mol)	Molekulanyň massasy (g)
1	Nahar duzy	NaCl		
2	Ozon	O_3		
3	Azot	N_2		
4	Metan gazy	CH_4		

6. Bir sany gaz molekulasyň massasy $7,33 \cdot 10^{-26}$ kg-a deň. Şu gazyň molýar massasyny anyklaň.

4-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Uzynlygy 15 cm we kese kesiginiň meýdany 4 mm² bolan grafit galamjygynä näçe uglerod atomynyň bardygyny anyklaň? Grafitiň dykyzlygy 1,6 g/cm³. Bir sany uglerod atomynyň massasy $2 \cdot 10^{-26}$ kg-a deň.

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$l = 15 \text{ cm} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $S = 4 \text{ mm}^2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ $\rho = 1,6 \text{ g/cm}^3 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ $m_0 = 2 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ Tapmaly: $N = ?$	$V = S \cdot l, \quad m = \rho \cdot V$ bu ýerden: $m = \rho \cdot S \cdot l.$ $N = \frac{m}{m_0} = \frac{\rho \cdot S \cdot l}{m_0}.$ $[N] = \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = 1$	$N = \frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-26}} = 4,8 \cdot 10^{22} \text{ sany.}$

2-nji mesele. Göwrümi 5 l bolan gaba 140 g massaly azot gazy salnan. Gapdaky gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasyny anyklaň.

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$V = 5 \text{ l} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $m = 140 \text{ g} = 0,14 \text{ kg}$ $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ Tapmaly: $n = ?$	$N = \frac{m}{M} \cdot N_A;$ $n = \frac{N}{V}, \quad [n] = \frac{1}{m^3}.$	$N = \frac{0,14}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 3 \cdot 10^{24} \text{ sany.}$ $n = \frac{3 \cdot 10^{24}}{5 \cdot 10^{-3}} = 6 \cdot 10^{26} \frac{1}{\text{m}^3}.$

3-nji mesele. Üstüň meýdany 20 cm² bolan önume 1,5 µm galyňlykda kümüş gatlagy örtüldi. Örtükde näçe kümüş atomynyň bardygyny anyklaň. Kümüşiň dykyzlygy $10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, molýar massasy 108 g/mol-a deň.

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$S = 20 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ $h = 1,5 \mu\text{m} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ $\rho = 10,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ $M = 108 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ Tapmaly: $N = ?$	$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h,$ $v = \frac{m}{M}, \quad N = v \cdot N_A$ $N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{\rho S h}{M} \cdot N_A.$ $[N] = \frac{\text{kg}}{\text{kg/mol}} \cdot \frac{1}{\text{mol}} = 1$	$N = \frac{10,5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-6}}{108 \cdot 10^{-3}} \cdot 6 \cdot 10^{23} = 1,75 \cdot 10^{20} \text{ ta.}$

1. Massasy 81g bolan predmet alýuminiýden ýasalan. Predmetde näçe alýuminiý atomy bar?
2. $4 \cdot 10^{24}$ sany semir atomy bolan jisimiň massasy nähili?
3. Gaba salnan gazyň massasy 5,5 kg-a deň. Gapda $7,5 \cdot 10^{25}$ sany gaz molekulasy bar bolsa, bu gazyň görnüşini anyklaň.
4. Gaba massasy 72 g bolan suw salnan. Gapdaky suwuň molekulalarynyň konsentrasiýasyny anyklaň.
5. Göwrümi 6 cm^3 bolan almazdaky atomlaryň sanyny anyklaň. Almazyň dykyzlygy 3500 kg/m^3 we molýar massasy 12 g/mol.
6. Maddanyň mukdary 200 mol bolan misden galyňlygy 2 mm bolan tekiz mis plastinkasy ýasalan. Plastinkanyň meýdany nämä deň? Misiň dykyzlygy 8900 kg/m^3 we molýar massasy 64 g/mol.
7. Maddanyň dykyzlygy 5 g/cm^3 bolsa, doly üstüniň meýdany 24 cm^2 bolan kubuň massasy nähili bolar?
8. Maddanyň mukdary 34 mol simap näçe göwrümi eýelär? Simabyň dykyzlygy 13,6 g/cm^3 , molýar massasy 200 g/mol-a deň diýip alyň.
9. 10 l göwrümlü gaba 1,6 kg massaly kislorod salnan. Gapdaky gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasyny anyklaň.
- 10*. Suwuň molekulasyň diametrini $3 \cdot 10^{-10}$ m diýip, 3 g suwdaky ähli molekulalar bir-birine dykyz edip bir hatara ýerleşdirilse, nähili uzynlyk emele gelýändigini hasaplaň. Bu uzynlygy Ýerden Aýa çenli bolan aralyk ($3,84 \cdot 10^5$ km) bilen deňeşdiriň.
- 11*. Gapdaky suwda $3 \cdot 10^{24}$ sany suw molekulasy bolsa, suwuň göwrümi nähili? Suwuň molekulasyň diametri $3 \cdot 10^{-10}$ m-e deň.
- 12*. Ýagyň molekulasyň diametri takmynan $2 \cdot 10^{-10}$ m-e deň bolsa, 24 cm^3 ýagda näçe ýag molekulasyň bardygyny anyklaň.
13. Käbir maddanyň molekulasyň diametri fotosuratda 0,5 mm-e deň. Eger fotosurat elektron mikroskopyň kömeginde 200 000 esse ulaldyp alnan bolsa, ýol bir maddanyň molekulasyň hakyky diametri näçe?
14. Nämé üçin otdan çykýan tüsse ýokary göterildigi saýyn hatda şemal bolmanda-da göze görünmän gidýär?
15. Nämé sebäpden, döwlen keramika ýa-da toýun gaby ýelim bilen ýapyşdyrmasa olary bitin halyna getirip bolmaýar? Jisimiň molekulalarynyň arasynda dartyş güýji bar, ahyryny.

5-§. IDEAL GAZ

Ideal gaz

Seyreklendirilen gazda molekulalaryň arasyndaky aralyk olaryň ölçeglerinden örän uly bolýar. Şeýle ýagdaýda molekulalaryň arasyndaky özara täsir güýçlerini hasaba alynaýan derejede kiçi diýip hasaplama mümkin. Gazy düzýän molekulalaryň arasyndaky aralyk uly bolanlygy sebäpli gazyň molekulasyň hususy göwrümi hasaba alynmasa hem bolýar. Şu sebäpli gazyň molekulasyna maddy nokat diýip garalýar. Şonuň üçin seýrek gazy şertli ýagdaýda ideal gaz diýip garamak bolýar.



Ideal gaz – molekulalary maddy nokatlar diýip garalýan hem-de olaryň arasyndaky özara täsir güýçleri hasaba alynaýan derejede kiçi bolan gazdyr.

Tebigatda absolýut ideal gaz duşmayárdı. Bar bolan gazlar real gazlardır. Çünkü olary düzýän molekulalaryň arasynda kiçi bolsa-da özara täsir güýçleri bar.



Häsiýetleri molekulalarynyň özara täsirine bagly bolan gaz real gaz diýip atlandyrylýar.

Seýrek gazyň häsiýetleri biz göz öňüne getiren ideal gazyň häsiýetlerine ýakynrak bolan gaz. Molekulalarynyň kinetik energiýasy olaryň özara täsir potensial energiýasından esli uly bolanlygy sebäpli şeýle gazy ideal gaz diýip hasaplama mümkin.

Ideal gazyň basyşy

Ýapyk gapda gaz bolsun. Gabyň içindäki her bir gazyň molekulasy haotik hereket edip, gabyň diwarlaryna urulýar. Ol her bir urlanda gabyň diwarlaryna mälim güýç bilen täsir edýär. Bir molekulanyň täsir edýän güýji örän kiçi. Köp sandaky molekulalaryň diwara üzňüsiz diýen ýaly urulmagyndan diwaryň üstünde basyş güýji emele gelýär (11-nji surat).

Gabyň içindäki gazyň molekulalary haotik hereket dowamynda bir-birleri bilen çaknyşanda olaryň tizliginiň ugry we san bahasy üýtgeýär. Şeýle ýagdaýda molekulanyň hereket tizligi ortaça kwadratik tizligi arkaly häsiýetlenýär. Molekulanyň ortaça kwadratik tizligi aşakdaky aňlatma arkaly anyklanýar, ýagny:

$$\overline{v^2} = \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

11-nji surat.

Gazyň basyşy gazyň molekulalarynyň gabyň diwarlaryna urulmagy netijesinde oňa ($m_0 \bar{v}$) impuls bermegi sebäpli emele gelýär. Gazyň basyşy gabyň diwarlaryna urulýan molekulalar sanyna, molekulanyň massasyna we molekulanyň hereketiniň ortaça kwadratik tizligine bagly bolýar. Birlik wagtyň içinde gabyň diwaryna urulýan molekulalar sany bolsa gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasyna göni proporsional. Gazyň molekulalarynyň berýän basyşyny hasaplamaç üçin aşakdaky formula getirip çykarylan:

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

Bu ýerde n – gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasy, m_0 – bir molekulanyň massasy, \bar{v}^2 – molekulalaryň ortaça kwadratik tizligi.

(1) aňlatmanyň sag tarapynyň sanawjysyny we maýdalawjysyny 2-ä köpeldiň, kinetik energiyá $\bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$ bolýandygyny hasaba alsak, (1) aňlatma aşakdaky görnüşe gelýär: $p = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$ ýa-da $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k. \quad (2)$



Gazyň basyşy görwüm birligindäki molekulalaryň kinetik energiyasynyň ortaça bahasyna göni proporsional.

(1) aňlatmadaky $n \cdot m_0$ köpeltmek hasyly gazyň dykylzlygyny berenligi üçin (1) aňlatmany aşakdaky görnüşde hem ýazmak mümkün:

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

(1), (2) we (3) aňlatmalar **gazlaryň molekulýar – kinetik nazaryyetiniň esasy deňlemeleridir.**

Mesele çözmegeň nusgalary

1-nji mesele. Ideal gazyň dykylzlygy $1,5 \text{ kg/m}^3$ we basyşy 180 kPa bolsa, gazyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligi nähili bolar?

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$\rho = 1,5 \text{ kg/m}^3$ $p = 180 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$	$p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2; \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}.$ $[\bar{v}] = \sqrt{\frac{\text{Pa}}{\text{kg/m}^3}} = \sqrt{\frac{\text{N/m}^2}{\text{kg/m}^3}} =$ $= \sqrt{\frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{\text{kg/m}}} = \text{m/s.}$	$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 180 \cdot 10^3}{1,5}} \text{ m/s} = 600 \text{ m/s.}$
<i>Tapmaly:</i> $\bar{v} = ?$		Jogaby: $\bar{v} = 600 \text{ m/s.}$

2-nji mesele. Eger gazyň basyşy 120 kPa, molekulalarynyň konsentrasiýasy $5 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$ bolsa, gazyň molekulalary öňe gitme hereketiň kinetik energiýasynyň ortaça bahasy nähili bolar?

Berlen:

$$p = 120 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$n = 5 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$$

Tapmaly: $\bar{E}_k = ?$

Formulasy:

$$p = \frac{2}{3} n \cdot \bar{E}_k \text{ bu ýerden}$$

$$\bar{E}_k = \frac{3p}{2n}$$

$$\left[\bar{E}_k \right] = \frac{3p}{2n} = \frac{Pa}{m^{-3}} = \\ = \frac{\text{N/m}^2}{\text{m}^{-3}} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J.}$$

Hasaplamak:

$$\bar{E}_k = \frac{3 \cdot 120 \cdot 10^3}{2 \cdot 5 \cdot 10^{26}} = 3,6 \cdot 10^{-22} \text{ J.}$$

Jogaby: $\bar{E}_k = 3,6 \cdot 10^{-22} \text{ J.}$



1. Nähili şertleri kanagatlandyran gaz ideal gaz diýlip atlandyrylýar?
2. Real gazyň ideal gazdan tapawudy nähili?
3. Molekulanyň ortaça kwadratik tizligi diýende nähili tizligi düşünýärsiňiz?
4. Molekulalaryň ortaça arifmetik we ortaça kwadratik tizlikleri nähili anyklanýar?
5. Molekulýar-kinetik nazaryýet esasynda ideal gazyň edýän basyşyny düşündirip beriň.
6. Gazyň gabyň diwaryna edýän basyşy molekulalarynyň nähili parametrlерine bagly bolýar?



1. Gap wodorod gazy bilen doldurylan. Gapdaky gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasy $4,5 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$ -a deň. Gazyň basyşyny hasaplaň. Gazyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligini 400 m/s -a deň diýip alyň.
2. Ideal gazyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligi 600 m/s we dykyzlygy $0,9 \text{ kg/m}^3$ bolsa, gapdaky gaz basyşyny anyklaň.
3. Gapdaky gazyň dykyzlygy $1,5 \text{ kg/m}^3$ we basyşy 7,2 kPa bolan gazyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligi nämä deň?
4. Gapdaky göwrüm birligindäki molekulalar sany $3 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ we basyşy 80 kPa bolan gaz molekulalarynyň ortaça kinetik energiýasyny hasaplaň.
5. Gaba salnan kislorod gazy, gabyň diwaryna 90 kPa basyş edýär. Eger kislordyň molekulalary 600 m/s ortaça kwadratik tizlik bilen hereketlenýän bolsa, gapdaky gazyň dykyzlygy nähili bolupdyr?
6. Massasy $0,3 \text{ kg}$ bolan gaz 400 kPa basyşda 1 m^3 göwrümi eýelese, onuň molekulalarynyň hereketiniň ortaça kwadratik tizlikleri nähili bolar?
7. 30kPa basyşda bir atomly gazyň molekulasyň ortaça kinetik energiýasyny tapyň. Berlen basyşda bu gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasy $4 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$ -a deň.

6-§. TEMPERATURA

Ýylylyk deňagramlylygy

Ýylylyk hadysalaryny öwrenende temperatura düşünjesi möhüm orny eýeleýär. Temperatura molekulýar fizikanyň we termodynamikaný esasy ululyklaryndan biridir.

Dürli gapdaky suwlara barmagymyzy sokup, olardan haýsynyň yssyrak, haýsysy sowugrakdygyny aýdyp bileris. Yssy suwuň temperaturasyny ýokary, sowuk suwuňkyny bolsa pes diýýäris. Şonuň ýaly-da, howanyň günlük temperaturasyny bilmäge-de hiç kim biperwaý garamaýar.

 **Temperatura – maddanyň ýylylyk halatyny mukdar taýdan kesgitleýän fiziki ululykdyr.**

«Temperatura» latynçada «halat» diýen manyny aňladýar. Adamyň bedeniniň temperaturasyny ölçenende beden bilen termometriň içindäki simabyň arasynda ýylylyk deňagramlylygy emele gelýänçe mälim wagt geçýär. Ýylylyk deňagramlylygy emele gelenden soň termometriň görkezişi üýtgemeýär.

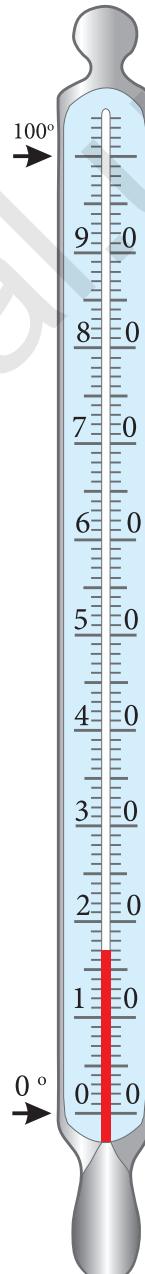
 **Maddalarda ýylylyk çalşygy netijesinde olaryň temperaturalarynyň deňleşmegine ýylylyk deňagramlylygy diýilýär.**

Ýylylyk deňagramlylygynda duran sistemanyň ähli böleklerinde temperatura şol bir baha eýe bolýar. Iki jisimiň temperaturasы birmeňzeş bolanda olaryň arasynda ýylylyk çalşygy prosesi bolmaýar. Eger jisimleriň temperaturalary dürli bolsa, olar bir-birine degirlende jisimleriň arasynda ýylylyk çalşygy bolup geçýär. Bu ýerde temperaturasы ýokary bolan jisim pes temperaturaly jisime ýylylyk geçirýär. Ýylylyk çalşygy olaryň temperaturalary deňleşyänçe dowam edýär. Meselem, çäýnekden käsä gyzgyn çay guýup, stoluň üstüne goýuň. Mälim wagt geçenden soň onuň temperatasы ottag temperatasы bilen deňleşyär, ýagny deňagramlylyk halyna gelýär.

Temperaturanyň Selsiy şkalasy

Temperatura termometriň kömeginde ölçenýär. Adatda, köp peýdalanylýan termometr – simaply termometrdir (12-nji surat). Şeýle termometriň rezerwuarynda simap bolýar. Temperatura artanda rezerwuardaky simabyň göwrümi giňelýär we simap turabajyk arkaly ýokary göterilýär.

Termometriň şkalasy derejelenen bolup, simabyň näçe göterilendigine garap temperaturany bilmek mümkün. Temperaturanyň



12-nji surat.

ölçeg birligi edip *gradus* alnan. Normal atmosfera basyşynda buzuň ereme temperatursasy nol gradus diýip, suwuň gaýnama temperatursasy 100 gradus diýip alnan. Bu aralyk 100 sany deň böleklerde bölünen we her bir bölek **1 gradus** diýip kabul edilen. «*Gradus*» latynçada «ädim» diýen manyny aňladýar.

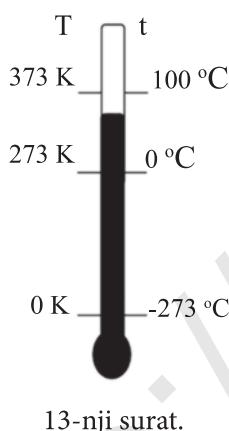
Şeýle şkala 1742-nji ýylda şwed alymy **Anders Selsiy** tarapyndan hödürleňipdir we ol temperaturanyň **Selsiy şkalasy** diýlip atlandyrylyar.

Selsiy şkalasynda ölçenen temperatura ${}^{\circ}\text{C}$ şeklinde belgilenýär we «gradus selsiy» diýlip okalýar.

Termometrler ulanylyş maksatlaryna görä olar dürlüce derejelenen bolýar. Meselem, suwuň temperatursyny ölçeyän termometrler 0 ${}^{\circ}\text{C}$ -dan 100 ${}^{\circ}\text{C}$ çenli, adamyň temperatursyny ölçeyän lukmançylyk termometri 35 ${}^{\circ}\text{C}$ dan 42 ${}^{\circ}\text{C}$ çenli, howanyň temperatursyny ölçeyän termometr bolsa, adatda, -20 ${}^{\circ}\text{C}$ -dan 50 ${}^{\circ}\text{C}$ çenli derejelenen bolýar. Selsiy şkalasynda temperatura t harpy bilen belgilenýär.

Absolýut temperatura

Durmusda esasan Selsiy şkalasynda aňladylan t temperatura ulanylýar. Yöne maddalardaky ýylylyk hadalaryny öwrenende **absolýut temperatura** diýlip atlandyrylyan temperaturadan peýdalanylýar. Absolýut temperatura T harpy bilen belgilenýär.



Iňlis alymy Uilýam Tomson (**Kelwin**) 1848-nji ýylda temperaturanyň absolýut şkalasyny teklip etdi. Absolýut temperaturanyň bu şkalasy **Kelwin şkalasy** diýlip atlandyrylyar. Absolýut temperaturanyň birligi HBS-da **Kelwin** diýlip atlandyrylyar we K harpy bilen belgilenýär.

Kelwin şkalasynda alınan temperatura birliginiň ädimleriniň bahasy Selsiy şkalasynthaky baha deň edip alnan. Selsiy şkalasynda ölçenende absolýut nol temperatura $-273,15^{\circ}\text{C}$ -a deňdi anyklanan. Bu diýmek, $t = 0 {}^{\circ}\text{C}$ -da $T = 273,15 \text{ K}$ bolýar. Eger 273,15 K-ni tegelekläp 273 K diýip alsak, Selsiy şkalasından Kelwin şkalasyna geçiş formulasyny aşakdaky ýaly aňlatmak mümkün:

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

Temperaturanyň Selsiy we Kelwin şkalalarynyň arasyndaky baglanyşyk diagrammasы 13-nji suratda görkezilen. Yöne absolýut temperaturanyň özgerişi ΔT temperaturanyň Selsiy şkalasy boýunça özgerişi Δt -e deň, ýagny $\Delta T = \Delta t$. Absolýut şkaladaky nol temperatura absolýut nola gabat gelýär.



Absolýut nol temperatura mümkün bolan iň pes temperatura. Şeýle temperaturada maddanyň molekulalarynyň ýylylyk hereketi togtaýar.

Temperaturanyň molekulýar-kinetik düşündirilişi

Islendik madda atomlardan we molekulalardan düzülen. Maddany düzýän atomlar we molekulalar dyngysyz we tertipsiz hereket edýär. Madda gyzanda bu tertipsiz hereket ýene-de çaltlanýar. **Molekulalaryň tertipsiz hereketi ýylylyk hereketi diýlip atlandyrylyar.**



Temperatura – gazyň molekulalarynyň öne gitme hereketi ortaça kinetik energiýasynyň ölçegidir.

Makroskopik nukdaý nazardan **temperatura** maddanyň ýylylyk halatyňň mukdar ölçegidir. Molekulýar-kinetik nazaryýete görä temperaturanyň we molekulalaryň ortaça kinetik energiýasynyň arasyndaky baglanyşyk aşakdaky ýaly aňladylýar:

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

Bu ýerde k koeffisiýent gazlaryň molekulýar-kinetik nazaryýeti esas-landyryjylaryndan biri bolan awstriýaly fizik Lýudwig Boltzmanyň hormatyna **Boltzmanyň hemişeligi** diýlip atlandyrylyar. Onuň san bahasy $k=1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$ -a deň.



Boltzmanyň hemişeligi gazyň molekulalarynyň ortaça kinetik energiýasy bilen gazyň temperaturasynyň arasyndaky baglanyşyk koeffisiýentini aňladýar.

Ýylylyk deňagramlylygy halatynda ähli gazyň molekulalarynyň öne gitme hereketiniň ortaça kinetik energiýasy birmeňzeş bolýar. Absolýut nol temperaturada molekulalaryň öne gitme hereketi togtaytar.

Gazlar molekulýar – kinetik nazaryýetiniň esasy deňlemesi bolan $p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k$ aňlatmadaky \bar{E}_k ýerine (2) aňlatma goýulsa, ideal gazyň basyşynyň temperatura baglylyk aňlatmasy gelip çykýar:

$$p = \frac{2}{3} n \cdot \frac{3}{2} kT = n k T \quad \text{ýa-da} \quad p = n k T. \quad (3)$$



Ideal gazyň basyşy gazyň molekulalarynyň konsestra-siyasyna we onuň temperaturasyna gönü proporsionaldyr.

Mesele çözmegeň nusgasy

Göwrümi 4 l bolan gabyň içindäki gazyň basyşy 120 kPa . Gabyň içindäki gazyň molekulalarynyň öne gitme hereketiniň doly kinetik energiyasyny hasaplaň.

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$V = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ $p = 12 \cdot 10^4 \text{ Pa}$	$p = \frac{2}{3} \cdot n \bar{E}_k = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \bar{E}_k.$ $E_{\text{doly}} = N \cdot \bar{E}_k; E_{\text{doly}} = \frac{3}{2} pV.$ $[E] = \text{Pa} \cdot \text{m}^3 = \frac{N}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^3 = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J}.$	$E_{\text{doly}} = \frac{3}{2} \cdot 12 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 10^{-3} =$ $= 720 \text{ J}.$
Tapmaly: $E_{\text{doly}} = ?$		Jogaby: $E_{\text{doly}} = 720 \text{ J}$.

-  1. Temperaturanyň nähili ölçeg birliklerini bilýärsiňiz?
 2. Selsiý temperaturasy bilen Kelwin temperatursyny baglaýan formulany ýazyň we olaryň arasyndaky baglanyşygy düşündiriň.
 3. Gazyň temperaturasy bilen onuň molekulalarynyň ortaça kinetik energiyasynyň arasyndaky baglanyşygy aňladýan aňlatmany ýazyň we ony düşündiriň.
 4. Gazyň basyşynyň absolýut temperatura we gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasyna baglylyk aňlatmasyny ýazyň we ony düşündiriň.
 5. Normal şertde howanyň molekulalarynyň konsentrasiýasy nähili bolar?

-  1. Aşakdaky Selsiý şkalasynda aňladylan temperaturalary Kelwin şkalasynda aňladyň: 0°C , 27°C , 100°C , 127°C , -73°C , -223°C , -200°C .
 2. Aşakdaky Kelwin şkalalarynda aňladylan temperaturalary Selsiý şkalalarynda aňladyň: 0 K , 73 K , 273 K , 300 K , 773 K , 1000 K , 2000 K .
 3. Ýapyk gapdaky gaz 27°C -dan 627°C çenli gyzdyryldy. Bu ýerde gazyň molekulalarynyň gabyň diwaryna edýän basyşy nähili üýtgeýär?
 4. Gapdaky gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasy $3 \cdot 10^{27} \text{ m}^{-3}$ -a deň. Gabyň içindäki temperatura 60°C bolanda gazyň molekulalarynyň gabyň diwaryna edýän basyşy nähili bolar?
 5. Gabyň içindäki gazyň temperaturasy 400 K bolanda, manometr gapdaky gazyň basyşy 276 kPa -a deň bolanlygyny görkezdi. Gapdaky gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasy nämä deň?
 6. Normal şertde 1 m^3 göwrümdäki howanyň molekulalarynyň sanyny bahalaň. Normal şert üçin basyşy 100 kPa , temperaturany 273 K -a deň diýip alyň.
 7. Mahsus sorujy nasosyň kömeginde gapdan howa sorulyp, onuň içinde 1 pPa basyşdaky wakuum alyndy. Wakuumyň 1 cm^3 göwrümünde näçe gaz molekulasy bar? Gabyň içindäki temperatura 300 K .

7-§. GAZYŇ MOLEKULALARYNYŇ HEREKET TIZLIGI

Hereketlenýän m_0 massaly gazyň molekulalarynyň ortaça kinetik energiýasy

$$\bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$
 aňlatma arkaly kesgitlenýändigini bilýarıs. Şonuň ýaly-da, gazyň

absolýut temperaturasy T -ge deň bolsa, onuň ortaça kinetik energiýasy aşakdaky

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot kT$$
 görnüşde hem aňladylyandygyny gördük.

Bu iki aňlatmany özara deňleşdirip ýazsak:

$$\frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2} kT \quad \text{dan} \quad \bar{v}^2 = \frac{3kT}{m_0}. \quad (1)$$

(1) aňlatmadan molekulalaryň tizlikleriniň kwadratlarynyň ortaça bahasyny tapmagyň aňlatmasyny getirip çykarýarys, ýagny:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}. \quad (2)$$

Molýar massanyň kesgitlemesine görä $M = m_0 \cdot N_A$ bolýandygyny hasaba alsak
(2) aňlatma aşakdaky görnüşe geler:

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



Bolsmanyň hemişeligi k bilen N_A Awogadro hemişeliginiň köpełtmek hasylyna uniwersal (molýar) gaz hemişeligi diýmek kabul edilen.

Uniwersal gaz hemişeligi R harpy bilen belgilenýär, ýagny:

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

(4) aňlatma görä, uniwersal (molýar) gaz hemişeligiň san bahasyny getirip çykarýarys: $R = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}} = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.

Diýmek, gazlaryň uniwersal gaz hemişeligiň bahasy aşakdaka deň:

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

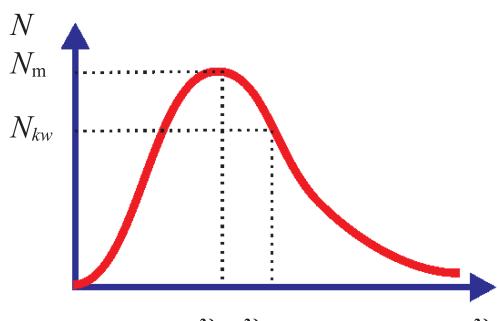
(4)-nji deňlige görä, gazyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligini hasaplamagyň aňlatmasyny aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}. \quad (5)$$

(5) formula esasynda dürli gazyň molekulalarynyň dürli temperaturadaky ortaça kwadratik tizligini hasaplamak mümkün.

Iňlis fizigi **J. Maxwell** 1859-njy ýylda nazary ýol bilen gazyň molekulalary dürli tizlikler bilen hereketlenýändigini, ýagny molekulalaryň tizlikler boýunça paýlanyşyny anyklady. Şeýle paýlanyşyk 14-nji suratda grafiki ýagdaýda aňladylan. Grafikde iň köp molekulalaryň alan tizligi v_m diýip belgilenen. Molekulalaryň v_{kw} ortaça kwadratik tizligi bu v_m tizlikden birneme uly bolýar.

Gazyň molekulalarynyň hereket tizligini tejribede 1920-nji ýylda nemes



14-nji surat.

fizigi **Otto Stern** (1888–1969) anyklapdyr. Sterniň tejribe gurluşy birbirine mäkäm birikdirilen umumy oka eýe bolan iki silindrden ybarat bolup onuň shematik görnüşi 15-nji a suratda getirilen. Bu ýerde içki silindriň radiusy r we daşky silindriň radiusy r we R -e deň bolupdyr. İçki silindriň oky boýunça üstüne kümüş ýoredilen platinadan edilen

K sim çekilen we silindrden ince **a**

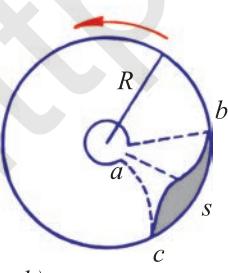
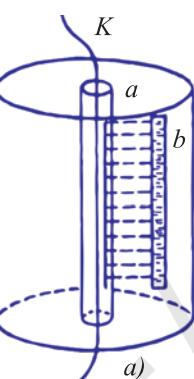
yş açylan. Tejribe başlanmazdan öň silindrleriň arasyndaky howa sorulyp gaplar wakuum halatyna getirilýär. Eger platina simden tok geçirilse, onuň üstündäki kümüş gatlagy bugaryp başlaýar. İçki silindriň diwaryndaky ýشدan kümüş atomlary çykyp daşky silindriň içki diwaryna oturýar. Netijede yşyň garşysynda insizje **b** kümüş gatlagy emele gelýär.

Kümüş atomlarynyň tizligini ölçemek maksadynda silindrleri örän uly tizlik bilen herekete getirilýär. Netijede kümüşin atomlary içki silindriň yşynyň garşysynda däl, eýsem bu ýerden aýlanma ýonelişine görä yzraga oturýar we daşky silindriň içki üstünde insizje **b** yzyň ýerine galyňlygy birmeňzeş bolmadık giňräk **bc** kümüş gatlagy emele gelipdir (15-nji b surat).

Daşky silindriň içinde emele gelen **bc** kümüş gatlagynyň uzynlygyny silindriň burç tizligi arkaly aňladýarys:

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

Sterniň tejribesiniň netijelerine görä uly tizlik bilen hereketlenýän kümüş atomlary **b** nokada ýakynrak,



15-nji surat.

tizligi kiçi bolan atomlar ýoluň c ahyryna ýerlere gelip düşyär (15-nji b surat) diýen netijä gelipdir. Diýmek, kümüş atomlary hut birmenzeş tizlik bilen hereketlenmändir. Onda kümüş atomlarynyň tizligi ortaça tizlige laýyk gelýär diýip, ol aşakdaky aňlatma arkaly hasaplanýar:

$$v_{o^{*}rt} = \frac{R - r}{t}. \quad (7)$$

(6) aňlatmadan t -niň bahasyny tapyp (7) aňlatma goýup, ortaça tizligi hasaplamagyň aňlatmasyny getirip çykarýarys: $v_{o^{*}rt} = \frac{\omega R(R - r)}{s}$. (8)

15-nji b suratdan görnüşi ýaly, kümüş gatlagynyň şekli molekulalarynyň tizlikler boýunça Makswell paýlanyşy grafiginiň şekline meňzeşdigi anyklanan. Diýmek, Şterniň tejribesi Makswelliň paýlanyşyny tejribede barlamaga mümkinçilik berdi.

 **Şterniň tejribesi ideal gazyň molekulýar-kinetik nazaryýetiň hem-de Makswelliň gazyň molekulalarynyň tizlikleri boýunça paýlanyşy baradaky taglymatynyň doğrudygyny tassyklady.**

Mesele çözmegiň nusgasy

Massasy $2 \cdot 10^{-26}$ kg bolan uglerod atomynyň kinetik energiyasy $2,5 \cdot 10^{-21}$ J bolsa, onuň hereket tizligi nähili bolar?

Berlen:

$$\begin{aligned} m_o &= 2 \cdot 10^{-26} \text{ kg} \\ E_k &= 2,5 \cdot 10^{-21} \text{ J.} \end{aligned}$$

Tapmaly:

$$v = ?$$

Formulasy:

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{m_o v^2}{2}; \quad v = \sqrt{\frac{2E_k}{m_o}}. \\ [v] &= \sqrt{\frac{\text{J}}{\text{kg}}} = \sqrt{\frac{\text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{kg}}} = \text{m/s.} \end{aligned}$$

Hasaplamak:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-21}}{2 \cdot 10^{-26}}} \text{ m/s} = 500 \text{ m/s.}$$

Jogaby: $v = 500 \text{ m/s.}$

- 
- Howada kislorod we wodorod molekulalarynyň ortaça kwadratik tizlikleri nähili tapawutlanýar?
 - Makswelliň molekulalarynyň tizligi boýunça paýlanyşyny derňän we onuň manysyny düşündirip beriň.
 - Gazyň absolýut temperaturasy iki esse artanda ondaky molekulalaryň ortaça kinetik energiyasy nähili üýtgär?
 - Gazyň absolýut temperaturasy dört esse artanda ondaky molekulalaryň ortaça kwadratik tizligi nähili üýtgär?

8-§ Meseleler çözmek

1-nji mesele. O.Şterniň tejribesiniň netijelerine görä kümüş atomlarynyň hereket tizligini anyklaň. Platina süymünden tok geçende we ol 1500 K temperatura čenli gyzzanda ondan kümüş atomlary bugaryp başladы. Ştern silindrleri 280 rad/s burç tizlik bilen hereketlendirilende daşky silindrde 1,12 cm uzynlykda-ky kümüş gatlagy emele gelipdir. Tejribe gurluşynyň içki we daşky silindrleriň radiuslary degişlilikde 1,2 cm we 16 cm-e deň bolupdyr. Tizligiň tejribede alınan bahasyny nazary ýol bilen hasaplanan bahasy bilen deňeşdiriň.

Berlen:	Formulasy:	Hasaplama:
$T = 1500 \text{ K}$ $\omega = 280 \text{ rad/s}$ $s = 1,12 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $r = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $R_t = 16 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ $M = 108 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol.}$ <hr/> <i>Tapmaly:</i> $\bar{v} = ?$	$s = \omega \cdot R_t \cdot \Delta t;$ $\Delta t = \frac{R_t - r}{\bar{v}};$ $\bar{v} = \frac{\omega \cdot R_t \cdot (R_t - r)}{s}.$ $[\bar{v}] = \frac{\frac{1}{s} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{m}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}.$	$\bar{v} = \frac{280 \cdot 16 \cdot 10^{-2} \cdot 14,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{1,12 \cdot 10^{-2} \text{ s}} = 592 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$ $\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 1500 \text{ m}}{108 \cdot 10^{-3} \text{ s}}} = 588 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$ Netije: tizligi nazary ýol bilen hasaplanan bahasy, tejribe netijelerine görä hasaplanylan tizligiň bahasyna örän ýakyn.

2-nji mesele. Nähili temperaturadaky wodorodyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligi, 580 K temperaturadaky geliý gazynyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligine deň bolýar?

Berlen:	Formulasy:	Hasaplama:
$M_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ $M_2 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$ $T_2 = 580 \text{ K}$ $\bar{v}_1 = \bar{v}_2.$ <hr/> <i>Tapmaly:</i> $T_1 = ?$	$\bar{v}_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{M_1}}, \quad \bar{v}_2 = \sqrt{\frac{3RT_2}{M_2}}$ Bu ýerden $T_1 = \frac{M_1 T_2}{M_2}.$ $[T_1] = \frac{M_1 \cdot T_2}{M_2} = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot \text{K}}{\frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = \text{K.}$	$T_1 = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 580}{4 \cdot 10^{-3}} \text{ K} = 290 \text{ K.}$ Jogaby: $T_1 = 290 \text{ K.}$

3-nji mesele. Gazyň temperaturasy 150 K -a artdyrylanda, molekulalaryň ortaça kwadratik tizligi 250-den 500 m/s çenli artdy. Gazyň başdaky temperaturasy nähili bolupdyr?

Berlen:

$$T_2 = T_1 + \Delta T \\ \Delta T = 150 \text{ K}$$

$$v_1 = 250 \text{ m/s} \\ v_2 = 500 \text{ m/s.}$$

Tapmaly:

$$T_1 = ?$$

Formulasý:

$$v_1 = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T_1}{M}} ;$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot T_2}{M}} = \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot (T_1 + \Delta T)}{M}} ;$$

Hasaplamak:

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

Jogaby: $T_1 = 50 \text{ K.}$

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{T_1 + \Delta T}{T_1}} ; \quad \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1} ;$$

$$T_1 = \frac{\Delta T}{\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 - 1}. \quad [T_1] = \frac{\text{K}}{\left(\frac{\text{m/s}}{\text{m/s}}\right)^2} = \text{K.}$$

**M
6**

- Wodorodyň molekulasynyň -23°C temperaturadaky ortaça kwadratik tizligini anyklaň.
- Nähili temperaturada kislорodyň molekulasynyň ortaça kwadratik tizligi 500 m/s-a deň bolar?
- Gazyň molekulalarynyň öne gitme hereketiniň ortaça kinetik energiyasy $9,52 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ bolan gazyň temperatusyny anyklaň.
- Molekulalar konsentrasiýasy $4 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$ we basyşy $1,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bolan bir atomly gazyň molekulalarynyň ortaça kinetik energiyasy nämä deň?
- Bir atomly gazyň molekulalarynyň öne gitme hereketiniň ortaça kinetik energiyasy $1,2 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ we basyşy 2,4 MPa bolsa, şu gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasy nähili bolar?
- Mukdary iki mol bolan gazyň gabyň diwarlaryna edýän basyşy 10 kPa -a deň. Gaz eyeläp duran göwrümi anyklaň. Gazyň temperaturasy 300 K.
- Nähili temperaturadaky gelý molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligi, 350 K temperaturadaky wodorodyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligine deň bolýar?
- Gazyň temperaturasy 150°C artdyrylanda, molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligi 300-den 600 m/s çenli artdy. Gazyň başdaky temperaturasy nähili bolupdyr?

9-§ IDEAL GAZ HALYNYŇ DEŇLEMELERİ

Ideal gaz halynyň deňlemesi

Mälim massaly ideal gazyň **termodinamiki** halaty onuň üç makroskopik parametrleri, ýagny p basyşy, V göwrümi we T temperatursasy arkaly häsiýetlenýär. Gaz bir halyndan başga bir halyna geçende onuň halyny häsiýetlendirýän (p, V, T) parametrleriň üçüsi-de bir wagtda özgermegi mümkün. Meselem, ilki m massaly gazyň birinji halyndaky parametrleri p_1, V_1, T_1 bolup, ikinji halyna geçende p_2, V_2, T_2 bilen aňladylsyn. Indi şu iki termodinamiki halyň parametrleriniň özara nähili baglananlygyny aňladýan deňlemäni getirip çykarýarys.

Ideal gaz halynyň deňlemesini getirip çykarmak üçin gazlaryň molekulýar - kinetik nazaryýetiň esasy deňlemesinden peýdalanýarys, ýagny:

$$p = nkT. \quad (1)$$

Göwrüm birligindäki molekulalar sany $n = \frac{N}{V}$ we $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ şu aňlatmalardan peýdalanyp (1) deňlemäni aşakdaky görnüşde ýazýarys, ýagny:

$$pV = \frac{m}{M} N_A kT. \quad (2)$$

Bu aňlatmadaky köpeltmek hasyly, $k \cdot N_A = R$, ýagny gazlaryň uniwersal hemişeligidigini hasaba alsak, (2) deňleme aşakdaky görnüşe gelýär.

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

(3) deňlemäni rus alymy Dmitriý Mendeleýew we fransuz alymy Benua Klapéron getirip çykarypdyr. Şu sebäpli bu deňlemä **Mendeleýewiň-Klapéronyň deňlemesi** diýilýär. Bu deňleme ideal gaz halyny anyklanlygy üçin, ony ideal gaz halynyň deňlemesi diýip hem atlandyrylýar.



Ideal gaz halynyň deňlemesi gazyň massasynyň, molýar massasynyň, basyşynyň, göwrüminiň we temperatursasynyň arasyndaky baglanyşygy aňladýar.

Mendeleýewiň-Klapeýronyň deňlemesini maddanyň mukdary 1 mol bolan gaz üçin ýazsak, ýagny:

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

görnüşde bolýar.

Klapeýronyň deňlemesi

Ideal gaz halynyň deňlemesini (massa hemişelik $m = const$) proses bolup geçen gazyň iki haly üçin ulanalyň:

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

Bu deňlemeleri bir-birine agzama-agza bölsek, ol aşakdaky görnüşe gelýär:

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

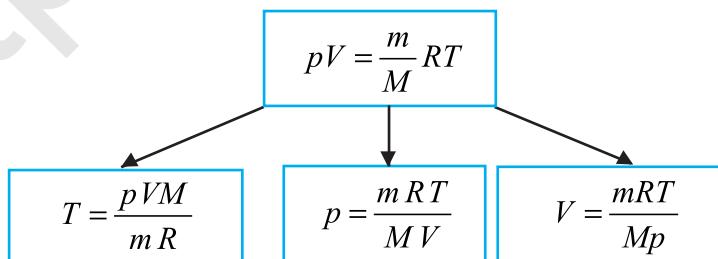
Bu deňlemeden aşakdaky aňlatma gelip çykýar:

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

Diýmek, gazda islendik proses bolup geçende, onuň basyşynyň we göwrüminiň köpeltmek hasylynyň, onuň absolýut temperatursyna gatnaşygy berlen gazyň massasy üçin üýtgewsiz galýar. Ideal gazyň (4) we (7) görnüşdäki halat deňlemesine **Klapeýronyň deňlemesi** diýilýär. Klapeýronyň deňlemesi hemişelik masaly ideal gaz halynyň deňlemesiniň bir görnüşidir.

Ýylylyk hadalaryny öwrenende hal deňlemesini bilmek möhümdir. Gaz halynyň üç (p, V, T) parametrinden biri nämälim bolup, galan ikisi mälim bolanda, hal deňlemesi nämälim parametri kesgitlemäge mümkünçilik berýär.

Meselem:



Mesele çözmegiň nusgasy

Göwrümi 20 l bolan gaba kislorod salnan. Gapdaky gazyň temperaturasy 127°C we basyşy 160 kPa -a deň bolsa, gapdaky gazyň massasyny anyklaň.

Berlen:

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

Tapmaly:

$$m = ?$$

Formulasy :

$$\begin{aligned}pV &= \frac{m}{M} \cdot RT; \\m &= \frac{pVM}{RT}.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}[m] &= \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}}{\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = \\&= \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg} \\&= \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{N} \cdot \text{m}} = \text{kg.}\end{aligned}$$

Hasaplamak:

$$\begin{aligned}m &= \frac{16 \cdot 10^4 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 400} \text{ kg} = \\&= 30,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg.}\end{aligned}$$

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



1. Nähili deňlemä ideal gaz halynyň deňlemesi diýilýär?
2. Ideal gaz halynyň deňlemesini getirip çykaryň.
3. Gaz halynyň deňlemesini bilmegiň ähmiýeti nämede?
4. Normal şertde mukdary 1 mol bolan ideal gaz, nähili göwrümi eýeleýär?



1. Basyşy $0,45 \text{ MPa}$ we temperaturasy 52°C bolanda 500 mol gaz nähili göwrümi eýeleýär?
2. Göwrümi $0,05 \text{ m}^3$ we temperaturasy 500 K bolan gazyň basyşy 250 kPa . Maddanyň mukdaryny anyklaň.
3. Massasy 8 g bolan gaz 27°C temperaturada we 150 kPa basyşda $4,15 \text{ l}$ göwrümi eýeleýär. Bu nähili gaz?
4. Temperaturasy 367°C we basyşy 415 kPa bolan kislorod gazynyň dykyzlygy nähili?
5. 24 l göwrümlü ballonda $1,2 \text{ kg}$ kömürturşy gazy bar. Ballon $3 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ basyşa çenli çydaýar. Nähili temperaturada partlamak howpy dörär?
6. Göwrümi 40 l bolan gaba gaz salnan bolup onuň temperaturasy 400 K we basyşy 200 kPa -a deň. Gapdaky gazyň mukdaryny anyklaň.
7. Temperaturasy 17°C bolan $4 \times 5 \times 3 \text{ m}^3$ ölçegli ottagdaky howanyň mukdaryny anyklaň. Atmosfera basyşy 10^5 Pa -a deň diýip alyň.
8. Göwrüm $16,6 \text{ l}$ bolan gapda 280 g azot gazy $3,5 \text{ MPa}$ basyş astynda bolsa, onuň temperaturasy nämä deň?

IZOPROSESLER

Hemişelik massaly gaz bir halyndan başga halyna geçende üç parametrden biri hemişelik bolup, galan ikisi üýtgemegi mümkün.



Berlen gazyň haýsy-da bolsa bir makroskopik parametri hemişelik bolanda galanlarynyň arasyndaky baglanышыгы häsiyetlendirýän proses izoproses diýlip atlandyrylyar.

Izoprosesler üç hili bolýar: **izotermik, izobarik we izohorik.**

10-§. IZOTERMIK PROSES



Ideal gazyň massasy ($m=\text{const}$) we temperaturasy ($T=\text{const}$) hemişelik bolanda gaz halynyň üýtgeýiš prosesine izotermik proses diýilýär.

Grekce «*izos*» – deň, «*termos*» – yssy diýen manyny aňladýar.

Izotermik prosesdäki kanunalaýklygy 1662-nji ýylda iňlis fizigi **R.Boýl** we 1676-ýylda fransuz fizigi **E.Mariott** tejribeler esasynda bir-birinden bihabar ýagdaýda açыş edilipdir. Şonuň üçin bu kanunalaýklyga **Boýlyn-Mariottyň kanunu** diýilýär.

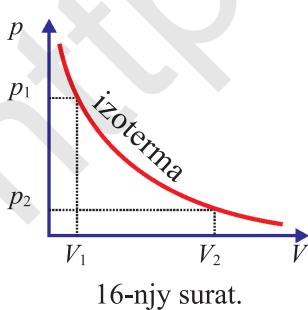
Gaz temperaturasyny üýtgewsiz saklap durmagy üçin gaz salnan gap **termostat** diýlip atlandyrylyan mahsus gabyň içine ýerleşdirilýär. Ýogsam gaz gysylanda ýa-da giňelende onuň temperaturasy üýtgeýär. $T = \text{const}$ bolanda gazyň iki haly üçin ideal gaz halynyň deňlemelerini ýazýarys:

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

Iki aňlatmanyň hem sag tarapynyň deňliginden aşakdaky

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

aňlatma eýe bolýarys we bu ýerden aşakdaky netije gelip çykýar. **Izotermik prosesde berlen massaly gaz üçin gazyň basyşynyň göwrüme köpeltmek hasyly hemişelik bolýar.** Temperatura hemişelik bolanda gazyň basyşynyň göwrüme baglylygyny grafiki usulda şekillendirmek üçin absissa okuna göwrümiň, ordinata okuna basyşyň bahalaryny goýup, bu bahalara gabat gelen nokatlar özara utgaşdyrylyar. Temperatura hemişelik bolanda gazyň basyşynyň göwrüme baglylygyny 16-nji suratda grafiki görnüşde şekillendirilen. Bu baglanışık grafikde egri çyzyk (giperbol) görnüşinde şöhlelenýär, oňa **izotarma çyzygy** diýilýär. Gazyň izotermasy basyş bilen göwrümiň özara ters proporsionaldygyny görkezýär, ýagny: $p \sim 1/V$.





Hemişelik temperaturada berlen gazyň basyşy göwrümine ters proporsional ýagdaýda üýtgeýär.

Boýlyň-Mariottynын газының дикьзлигү билen басысының арасындaky baglanyşyk görnüşinde-de aňlatmak mümkün. Газын birinji we ikinji haly üçin дикьзликлary aşakdaky ýaly bolýar, ýagny

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

Bu aňlatmalaryň bir-birine gatnaşygyny alsak, Boýlyň-Mariottynын кануну üçin aşakdaky aňlatma emele gelýär:

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

Diýmek, izotermik prosesde газының дикьзлигү göwrüme ters, басыша goni proporsional ýagdaýda üýtgeýär.

Mesele çözmegiň nusgasy

Normal atmosfera басыşy şertinde ideal gaz 6 l göwrümi eýeleýär. Eger газының басыşy 20 kPa -a artsa, газ nähili göwrümi eýelär? Temperaturany hemişelik, diýip alyň.

Berlen:

$$T = \text{const}$$

$$p_1 = 100 \text{ kPa} = 10^5 \text{ Pa}$$

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

$$p_2 = p_1 + 20 \text{ kPa} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

Tapmaly:

$$V_2 = ?$$

Formulasyl:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 ;$$

$$V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2}.$$

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

Hasaplamak:

$$V_2 = \frac{10^5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 10^5} \text{ m}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Jogaby: $V_2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 5 \text{ l}$.



1. Izoprosesler diýip nähili proseslere aýdylýar?
2. Nähili proses izotermik proses diýilýär?
3. Izotermik proses üçin Boýlyň-Mariottynын formulasyny ýazyň we düşündiriň.
4. Izoterma çyzygy näme we ol nähili çyzykdan ybarat?
5. Gazyň dürli temperaturalary üçin izoterma çyzyň we düşündiriň.
6. Izotermik prosesde газының дикьзлигүнүн göwrüme baglylyk aňlatmasyny ýazyň.



1. Газын başdакы göwrümi $0,2 \text{ l}$, басышy bolsa 300 kPa bolupdyr. Gaz izotermik giňelip, басышy 120 kPa -a yetdi. Газын soňky göwrümini tapyň.
2. Porşenli silindriň içine gabalan газын başdакы göwrümi 24 cm^3 , басышy

0,8 MPa bolan. Gaz izotermik gysylyp, gazyň göwrümi 16 cm^3 -a getirilende onuň basyşy nähili bahany alar?

3. Normal atmosfera basyşy şertinde ideal gaz 50 l göwrümi eýeleýär. Eger basyş 4 esse artsa, gaz näçe göwrümi eýelär (l)? Temperatura hemişelik.

4. Ideal gaz $1,2 \text{ l}$ göwrümenden $0,8 \text{ l}$ göwrüme çenli izotermik gysyldy. Bu ýerde gazyň basyşy 40 kPa -a artdy. Gazyň başdaky basyşy nähili bolup-dyr?

11-Ş. IZOBARIK PROSES



Ideal gazyň massasy m ($m = \text{const}$) we basyşy ($p=\text{const}$) hemişelik bolanda gaz halynyň üýtgeýiš prosesine izobarik proses diýilýär.

Grekce «baros» – agyrlyk diýen manyny aňladýar.

Izobarik prosesde berlen gazyň massasynyň (V) göwrümi onuň (T) temperatursyna bagly ýagdaýda üýtgeýär. Bu prosesde gazyň göwrümi bilen temperatursynyň arasyndaky baglanyşygy gaz halynyň deňlemesinden (Mendeleýew-Klapeýron) peýdalanylý getirip çykaryarys. Gaz halynyň deňlemesini basyş hemişelik bolan ($p_1 = p_2$) gazyň iki haly üçin ýazýarys:

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

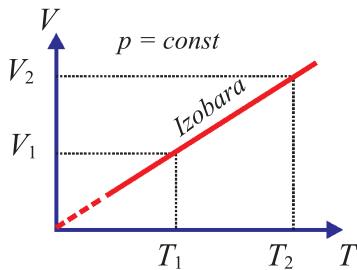
bu deňlemeleri agzama-agza bölüp, aşakdaky deňligi alarys:

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

(2) deňlemäni aşakdaky görnüşde hem ýazmak mümkün.

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

Diýmek, izobarik prosesde berlen massaly gazyň göwrüminiň absolýut temperatURA gatnaşygy hemişelik ululyk eken. Bu kanun 1802-nji ýylда fransuz fizigi Geý-Lýussak tarapyndan tejribede tapylanlygy üçin **Geý-Lýus-sagyň** kanuny diýlip atlandyrylyar. (3) deňligi umumy maýdalawja getirip, $V = \text{const} \cdot T$ görnüşde ýazýarys. Aňlatma görä izobarik prosesde berlen massaly gazyň göwrümi onuň absolýut temperatursyna göni proporsional eken. Izobarik prosesde berlen gazyň göwrümi bilen temperatursynyň arasyndaky gatnaşygy aňladýan çyzyga izobara çyzygy diýilýär. Izobara çyzygy koordinata başlangyjyndan çykýan göni çyzykdan ybarat (17-nji surat).



Hemişelik basyşda berlen massaly gazyň göwrümi temperatura goni proporsional ýagdaýda üýtgeýär.

17-nji surat

Mesele çözmeğiň nusgasy

Ideal gazyň temperaturasy 67°C we göwrümi 25 l . Basyş hemişelik bolanda, göwrüm 10 l -e deň bolmagy üçin gazy näçe sowatmaly?

Berlen:

$$\begin{aligned} T_1 &= 67^{\circ}\text{C} + 273 = 340 \text{ K} \\ V_1 &= 25 \text{ l} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ V_2 &= 10 \text{ l} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ p &= \text{const.} \end{aligned}$$

Tapmaly:
 $\Delta T = ?$

Formulasy:

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{V_2} &= \frac{T_1}{T_2}; \quad T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1}; \\ \Delta T &= T_1 - T_2. \end{aligned}$$

$$[\Delta T] = \text{K.}$$

Hasaplamak:

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

$$\Delta T = 340 \text{ K} - 136 \text{ K} = 204 \text{ K.}$$

Jogaby: $\Delta T = 204 \text{ K.}$

1. Nähili prosese izobarik proses diýilýär?
?
2. Izobarik proses üçin Geý-Lýussagyň formulasyny ýazyň we ony düşündiriň.
 3. Izobara çyzygy näme we ol nähili çyzykdan ybarat?
 4. Gazyň basyşynyň dürli bahalary üçin izobaralary çyzyň we olary düşündiriň.

**M
9**

1. Temperaturasy 27°C bolan ideal gazyň göwrümi 10 l -di. Gaz izobarik ýagdaýda 327°C čenli gyzdyrylandaky göwrümi nähili üýtgär?
 2. Ideal gazyň temperaturasy 51°C we göwrümi $0,9\text{ l}$. Basyş hemişelik bolanda, göwrüm $0,3\text{ l}$ -e deň bolar ýaly gazy näçe sowatmaly?
 3. Gaz 27°C temperaturada 3 l göwrüme eýé. Bu gaz izobarik 100°C -da gyzdyrylsa, ol nähili göwrümi eýelär?
 4* Ideal gaz 47°C -da 3 l göwrümi eýeläpdir. Basyş üýtgetmezden, göwrümi $1,2\text{ l}$ -e artdyrmak üçin gazyň temperatusyny näçä galdyrmaly?

12-§. IZOHORIK PROSES



Ideal gazyň massasy m ($m = \text{const}$) we göwrümi ($V = \text{const}$) hemişelik bolanda gaz halynyň üýtgeýiš prosesine izohorik proses diýilýär.

Grekçe «horos» – göwrüm diýen manyny aňladýar.

Izohorik prosesde berlen massaly gazyň (p) basyşy onuň (T) temperatursyna bagly ýagdaýda üýtgeýär. Bu prosesde gazyň basyşy bilen temperatursynyň arasyndaky baglanyşygy gaz halynyň deňlemesinden peýdalanylý getirip çykarýarys. Gaz halynyň deňlemesini göwrüm hemişelik bolan ($V_1 = V_2$) iki ýagdaýda ulanýarys:

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

bu deňlemeleri agzama-agza bölüp, aşakdaky deňligi alarys:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{ýa-da} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}. \quad (2)$$

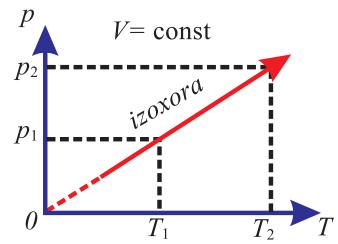
(2) deňlemäni aşakdaky görnüşde hem ýazmak mümkün.

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

Diýmek, **izohorik prosesde berlen massaly gazyň basyşynyň absolýut tem- peratura gatnaşygy hemişelik ululyk eken**. Bu kanun 1787-nji ýylda fransuz fizigi *Jak Sarl* tarapyndan tejribede tapylanlygy üçin *Sarlyň kanunu* diýlip atlandyrylyár. (3) deňligi umumy maýdalawja getirip, ony aşakdaky görnüşde ýazýarys, ýagny:

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

(4) aňlatma görä izohorik prosesde berlen massaly gazyň basyşy onuň absolýut temperatursyna gönü proporsionaldyr. Izohorik prosesde berlen gazyň basyşy bilen temperatursynyň arasyndaky gatnaşygy aňladýan çyzyga **izohora** çyzygy diýilýär. Izohora çyzygy koordinata başlangyjyndan çykýan gönü çyzyk- dan ybarat bolýar (18-nji surat).



18-nji surat.



Hemişelik göwrümde berlen massaly gazyň basyşy tem- peratura gönü proporsional ýagdaýda üýtgeýär.

Islendik germetik ýapyk gapda ýa-da elektrik lampoçkasynda gyzdyrylan gazyň basyşynyň artmagy izohorik proses hasaplanýar.

Mesele çözmegeň nusgalary

Gaz 280 K dan 540 K çenli izohorik gyzdyrylanda onuň basyşy 39 kPa artdy. Gaz ilki nähili basyşda bolupdyr?

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$T_1 = 280 \text{ K}$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ýa-da	$p = \frac{39 \cdot 10^3 \cdot 280}{540 - 280} \text{ Pa} = 42 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$
$T_2 = 540 \text{ K}$		
$V = \text{const}$		
$p_1 = p$	$\frac{p}{T_1} = \frac{p + \Delta p}{T_2};$	
$p_2 = p + \Delta p$		
$\Delta p = 39 \cdot 10^3 \text{ Pa.}$		
<hr/>	$p = \frac{\Delta p \cdot T_1}{T_2 - T_1}.$	
<i>Tapmaly</i>		
$p = ?$	$[p] = \frac{\text{Pa} \cdot \text{K}}{\text{K}} = \text{Pa.}$	



1. Nähili prosese izohorik proses diýilýär?
2. Izohorik proses üçin Şarlyň kanunynyň formulasyny ýazyň we ony düşündiriň.
3. Izohora çyzygy nähili çyzykdan ybarat?
4. Gazyň dürli göwrümleri üçin izohoralar çyzyň we olary düşündiriň.



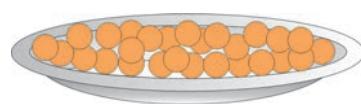
1. Ballondaky gaz 17°C temperaturada $1,45 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ basyşa eýe bolsa, nähili temperaturada onuň basyşy $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ bolýar?
2. Eger nakal lampoçka ýananda, temperaturasy 17°C -dan 360°C çenli ýokarlansa, onuň içindäki gazyň basyşy nähili üýtgär?
3. Gaz 300 K -dan 420 K çenli izohorik gyzdyrylanda onuň basyşy 50 kPa -a artdy. Gaz ilki nähili basyşda bolupdyr?

13-§. AMALY SAPAK. MOLEKULALARYŇ ÖLÇEGINI BAHALAMAK

Mehaniki model esasynda molekulanyň ölçegini bahalamak.

Maksat: iň uly meýdana ýaýylanda ýag gatlagynyň galyňlygy, bir molekulanyň diametrine ýakyn diýip kabul edilen (gipotezany) düşünjäni mehaniki model esasynda barlamak.

Gerekli enjamlar: çyzgyç, ak kagyz, nohut däneleri, menzurka.



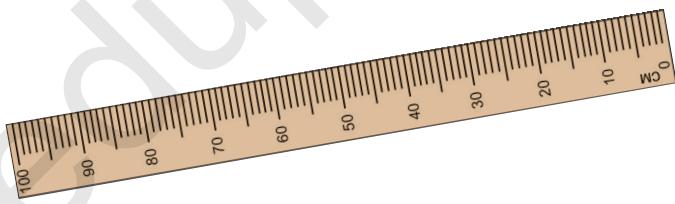
1. Ak kagyza gönüburçluk çyzyň. Onuň ölçeglerini çyzgyjyň kömeginde ölçäň (uzynlygy we ini). Çyzylan meýdany anyklap alyň (S).
2. Çyzylan gönüburçlugyň üstüni bir tekiz edip (dykz) nohudýň däneleri bilen dolduryň. Nohudyň däneleri çyzylan dörtburçlukdan daşary çykyp gitmesin.
3. Dörtburçlugyň içindäki nohudýň dänelerini menzurka salyň. Menzurka salnan nohutlaryň göwrümmini ölçäň (V).
4. $d = \frac{V}{S}$ aňlatma görä, nohudýň çyzykly ölçegini tapyň.
5. Nohudyň däneleriniň içinden 10 sany nohut dänesini alyp, olary dykz edip bir goni çyzygyň üstüne goyuň. Çyzgyjyň kömeginde onuň uzynlygyny ölçäň. Ölçenen uzynlygy 10-a bölsek, bir nohudýň çyzykly ölçegi gelip çykýar.
6. Alnan netijeler esasynda öz netijäñizi ýazyň.

AMALY SAPAK. Symp otagyndaky howanyň dykyzlygyny, otagdaky gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasyny we sanyny hasaplasmak.

Gerekli enjamlar. Aneroid barometri we ölçeg çyzgyjy (1 m).



Aneroid barometri



ölçeg çyzgyjy

1. Barometrdäki termometriň kömeginde otagyň içindäki howanyň temperaturasy anyklanýar.
2. Aneroid barometriniň kömeginde otagyň içindäki howanyň basyşy ölçenýär.
3. Ölçeg çyzgyjynyň kömeginde otagyň ölçegleri ölçenýär: uzynlygy, ini we beýikligi.
4. Temperaturanyň bahasy kelwinde (K), basyşyň bahasy paskalda (Pa) aňladylýar.
5. Otagyň göwrümmini anyklaň ($V = a \cdot b \cdot c$).
6. Mendeleýewiň – Klapeýronyň deňlemesine esasan otagdaky howanyň dykyzlygyny $\rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$ aňlatma görä hasaplaň.

Ýatlatma, hasaplama wagtynda howanyň molýar massasyny 29 g/mol diýip alyň.

6. Gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasyny $n = \frac{P}{k \cdot T}$ aňlatma görä hasaplaň.

7. Otagdaky gazyň molekulalarynyň sanyны $N = n \cdot V$ aňlatma görä hasaplaň.

8. Alnan we hasaplanan ululyklaryň bahasy esasynda aşakdaky jedwel doldurylýar we netije ýazylýar.

1	Otagyň ölçegleri	Uzynlygy $a = \dots \text{m}$, ini $b = \dots \text{m}$, beýikligi $c = \dots \text{m}$
2	Otagdaky howanyň temperaturasy	..... °C K
3	Otagdaky howanyň basyşy	..... mm simap sütünü Pa
4.	Otagyň göwrümi	..... m³
5.	Otagdaky howanyň dykyzlygy	..... kg/m³
6.	Otagdaky gazyň molekulalarynyň konsentrasiyasy	..... m⁻³
7.	Otagdaky gazyň molekulalarynyň sany	..... ta
8.	Otagdaky howanyň massasy	..... kg
Netije:		

14-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Ideal gaz 6 l göwrümden 4 l göwrüme çenli izotermik gysyldy. Bu ýerde gazyň basyşy 0,6 normal atmosfera basyşyna artdy. Gazyň başdaky basyşy nähili bolupdyr? Atmosfera basyşyny 100 kPa diýip alyň.

Berlen:

$$T = \text{const}$$

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

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

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

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

Tapmaly:

$$p_1 = ?$$

Formulasy:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2;$$

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

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

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

Hasaplamak:

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

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

Jogaby: $p_1 = 120 \text{ kPa.}$

2-nji mesele. Massasy 2,6 kg bolan ideal gaz 27 °C temperaturada porşeniň astynda 1,3 m³ göwrümi eýeläp dur. Gaz izobarik giňelip onuň dykyzlygy 1,2 kg/m³-a deň bolanda, porşeniň içinde nähili temperatura bolar?

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$p = \text{const}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$	$\rho_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{2,6 \text{ kg}}{1,3 \text{ m}^3} = 2 \text{ kg/m}^3$.
$T_1 = 300 \text{ K}$		$T_2 = \frac{2}{1,2} 300 \text{ K} = 500 \text{ K}$.
$m = 2,6 \text{ kg}$		
$V_1 = 1,3 \text{ m}^3$	$m = \rho \cdot V \text{ we } \rho_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot V_2;$	
$\rho_2 = 1,2 \text{ kg/m}^3$	$T_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} T_1. \quad [T_2] = \frac{\text{kg/m}^3}{\text{kg/m}^3} \text{ K} = \text{K}$.	
<i>Tapmaly:</i>		Jogaby: $T_2 = 500 \text{ K}$.
$T_2 = ?$		

3-nji mesele. Gazyň temperatursyny izohorik ýagdaýda 12 °C-a gyzdyrylanda gazyň basyşy başdaky bahanyň 1/75 bölegine artdy. Gazyň başdaky temperatursasy nähili bolupdyr?

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$V = \text{const}$		
$\Delta T = 12 \text{ K}$		$T_1 = 75 \cdot 12 \text{ K} = 900 \text{ K}$.
$T_2 = T_1 + \Delta T$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}; \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_1 + \frac{1}{75} \cdot p_1}{T_1 + \Delta T};$	
$p_2 = p_1 + \frac{1}{75} p_1.$	$T_1 + \Delta T = T_1 \cdot (1 + \frac{1}{75})$ bu ýerden	Jogaby: $T_1 = 900 \text{ K}$.
<i>Tapmaly:</i>	$T_1 = 75 \cdot \Delta T$ eýe bolarys.	
$T_1 = ?$		

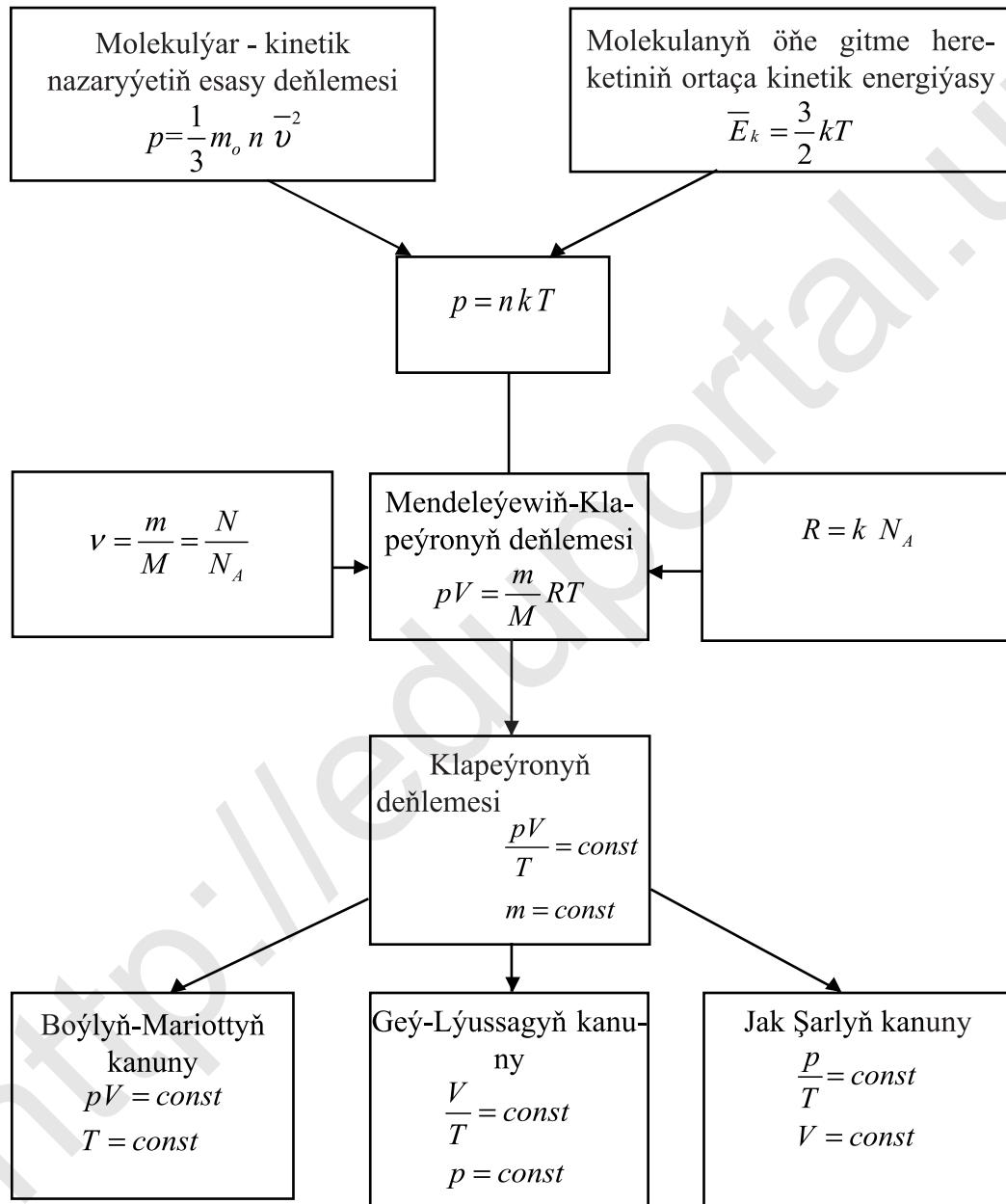
4-nji mesele. Çuňlugy 30 m bolan kölüň düýbünden howa köpürjigi suwuň üstüne gösterilende, onuň göwrümi näçe esse artar? Suwuň üstki we peski böleklerindäki temperaturany birmeňzeş diýip hasaplaň.

Berlen: $h = 30 \text{ m}$ $p_0 = 10^5 \text{ Pa.}$	Çözülişi: $T = \text{const}$ – izotermik prosesiň deňlemesinden $p_1 V_1 = p_2 V_2$ peýdalanyarys, bu ýerde p_1 – suw düýbünde duran howa köpürjiginiň içindäki basyş, ol atmosfera basyşy bilen suwuklyk sütüniniň basyşy nyň jemine deň: $p_1 = p_0 + \rho gh$, p_2 – suwy ýaryp çykýan wagtynda howa köpürjiginiň içindäki basyş, ol atmosfera basyşyna deň, ýagny $p_2 = p_0$. Bu ýerden $(p_0 + \rho gh) \cdot V_1 = p_0 \cdot V_2$. Bu aňlatmadan aşakdaka eýe bolarys: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_0 + \rho \cdot g \cdot h}{p_0} = \frac{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 30}{10^5} = 4$
<i>Tapmaly:</i> $\frac{V_2}{V_1} = ?$	Jogaby: köpürjik 4 esse ulalypdyr.

**M
11**

1. 27 °C temperaturada ýapyk gapdaky gazyň basyşy 900 kPa deň bolan. Gaz gyzdyrylyp, temperaturasy 227 °C-a ýetirilende gabyň içindäki gazyň basyşy nähili baha alar?
2. Ballonda 17 °C temperatura gaz bar. Eger gazyň 0,4 bölegi çykyp gitse we bu ýerde temperatura 10 °C -a peselse, ballondaky gazyň basyşy nähili üýtgär?
3. Başdaky temperaturasy 27 °C bolan ideal gaz izobarik giňelip, onuň göwrümi 24 % -e artdy. Onuň soňky temperaturasy nähili bolup-dyr?
4. Ideal gaz hemişelik basyşda 27 °C-dan 117 °C çenli gyzdyrylanda, gazyň göwrümi näçe göterime artar?
5. Howa köpürjigi suw basseýniniň düýbünden suwuň üstüne çykýança 3,5 esse ulaldy. Suw basseýniniň čuňlugu nähili? Suwuň üstki we aşaky böleklерindäki temperaturalary birmeňzeş diýip hasaplaň.
- 6*. Ýapyk gapdaky gazy 120 K -a gyzdyrylanda onuň basyşy iki esse artan bolsa, gazyň başdaky temperaturasy nähili bolupdyr?
- 7*. Gaz izobarik ýagdaýda temperaturasyny 10 K -a artdyrylanda, gazyň göwrümi başdaky bahasynyň 1/20 bölegine çenli artdy. Gazyň başdaky temperaturasy nähili bolupdyr?
- 8*. Massasy 3 kg bolan ideal gaz 127 °C temperaturada erkin süýşyän porşeniň astynda $2,5 \text{ m}^3$ göwrümi eýeläp dur. Nähili temperaturada porşeniň astyndaky gazyň dykyzlygy 2 kg/m^3 bolar?

Ideal gazlaryň molekulýar-kinetik nazaryýetiniň esasy deňlemelerinden gelip çykýan gatnaşyklar



I BABY GAÝTALAMAK ÜÇİN TEST YUMUŞLARY

- 1. Awogadro sany diýip nähili fiziki ululyga aýdylýar?**
A) 12 g ugleroddaky atomlar sanyna; B) 1 mol maddadaky bölejikler sanyna;
C) 18 g suwdaky molekulalar sanyna; D) Jogaplaryň hemmesi dogry.
- 2. Maddanyň mukdary 25 mol bolan kislorodyň massasyny anyklaň (g).**
A) 144; B) 800; C) 270; D) 600.
- 3. 27 g suwda näçe mol madda bar?**
A) 2; B) 1,8; C) 0,9; D) 1,5.
- 4. Molekulalar sany $2,4 \cdot 10^{24}$ sany bolan azot gazy maddasynyň mukdary nähili (mol) ?**
A) 2; B) 4; C) 1,5; D) 3.
- 5. 5 mol suw näçe görrümi eýeleýär (cm^3)?**
A) 2; B) 90; C) 64; D) 18.
- 6. Gazyň görrümi 2 esse artyp, molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligi 2 esse kemelse, onuň basyşy nähili üýtgär?**
A) 4 esse artýar; B) 8 esse kemelyär;
C) 4 esse kemelyär; D) 8 esse artýar.
- 7. Ýapyk gabyň içindäki ideal gazyň molekulalarynyň ortaça kwadrattizligi 30 % -e artsa, gazyň basyşy nähili üýtgeýşini tapyň.**
A) 25 %-e artýar; B) 69 %-e artýar ;
C) 10 %-e artýar; D) 20 %-e artýar.
- 8. Basyşy $4 \cdot 10^5$ Pa we görrümi 2 m^3 bolan bir atomly ideal gazyň molekulalarynyň kinetik energiyasyny hasaplaň (J).**
A) $1,8 \cdot 10^5$; B) $1,2 \cdot 10^6$; C) $2,4 \cdot 10^5$; D) $4 \cdot 10^5$.
- 9. Ballondaky gelý gazynyň temperaturasy 27°C -dan 227°C çenli ýokarlansa, gazyň dykyzlygy nähili üýtgär?**
A) 4 esse artýar; B) 2 esse artýar; C) 3 esse artýar; D) üýtgemeýär.
- 10. Ballondaky kislorodyň temperaturasy 227°C -dan 127°C çenli pelsese, ondaky gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasy nähili üýtgär?**
A) 4 esse artýar; B) 2 esse artýar; C) 4 esse kemelyär; D) üýtgemeýär.
- 11. Gazyň absolvüt temperaturasy 4 esse artanda, molekulalaryň ortaça kwadratik tizligi näçe esse artar?**
A) 2; B) $\sqrt{3}$; C) 4; D) 3.

12. Gazyň absolút temperaturasyny näçe esse esse ýokarlandyrylanda, molekulalaryň ortaça kwadratik tizligi iki esse artýar?

- A) 2 esse; B) 16 esse; C) 8 esse; D) 4 esse.

13. 400 K temperatura 138 kPa basyşda gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasy nämä deň (m^{-3})?

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

14. 50 mol gaz 75 kPa basyş astynda we 27 °C temperaturada nähili göwrümi eýeleýär (m^3)?

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

15. Temperaturasy 27 °C bolan 2 mol gazyň basyşyny tapyň (Pa). Gazyň göwrümini 4 l -e deň diýip alyň.

- A) $6,12 \cdot 10^5$; B) $5,45 \cdot 10^5$; C) $12,46 \cdot 10^5$; D) $24,9 \cdot 10^5$.

16. Gazyň basyşy 12 esse artsa, göwrümi bolsa 3 esse kemelse, onuň absolút temperaturasy nähili üýtgeýşini anyklaň.

- A) 3 esse kemelýär; B) 3 esse artýar;
C) 10 esse artýar; D) 4 esse artýar.

17. Boýl-Mariott ideal gazyň parametrleri üçin nähili baglanyşygy öwrenipdir?

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

18. Izotermik prosesde gazyň basyşy 2 esse artdy. Bu ýerde gazyň molekulalarynyň ortaça kwadratik tizligi nähili üýtgär?

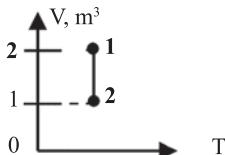
- A) 2 esse artýar; B) 2 esse kemelýär;
C) üýtgemeýär; D) 4 esse kemelýär.

19. Izotermik prosesde gazyň basyşy 4 esse artdy. Bu ýerde gazyň konsentrasiýasy nähili üýtgär?

- A) 2 esse artýar; B) 4 esse artýar;
C) 4 esse kemelýär; D) 2 esse kemelýär.

20. Suratda şekillendirilişi ýaly gaz 1-nji halyndan 2-nji halyna geçende, onuň basyşy nähili üýtgär?

- A) 4 esse artýar; B) 4 esse kemelýär;
C) üýtgemeýär; D) 2 esse artýar.



21. Hemişelik basyşdaky ideal gazyň göwrüminiň temperatura baglylygyny kim tejribede öwrenipdir?

- A) Geý-Lýussak; B) Şarl; C) Boýl-Mariott; D) Stern.

22. Ideal gaz üçin izobarik prosesiň aňlatmasyny görkeziň.

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

23. Şu jümläniň mazmunyna laýklykda sözlemi dowam etdiriň: Izohorik prosesde...

- A) p we T üýtgeýär, V üýtgemeýär; B) p we V üýtgeýär, T üýtgemeýär;
C) V we T üýtgeýär, p üýtgemeýär; D) Hemme parametrlər üýtgeýär.

24. Yapyk gapdaky temperaturasy -96°C bolan ideal gazy 81°C çenligyzdrynda onuň basyşy näçe esse artar?

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

25. Ballondaky gaz 57°C temperaturada 10^5 Pa basyşa eýe bolsa, nähili temperaturada onuň basyşy $3 \cdot 10^5\text{ Pa}$ bolýar ($^{\circ}\text{C}$)?

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

26. Ballondaky gazyň temperaturasy 400 K -a ýokarlananda, onuň basyşy 3 esse artan bolsa, gazyň ahyryky temperaturasyny anyklaň (K).

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

27. Eger nakal lampočka ýananda, temperaturasy 7°C -dan 287°C çenli ýokarlansa, onuň içindäki gazyň basyşy näçe esse artar?

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

28. 2 mol ideal gaz 400 K temperaturada 400 kPa basyşa eýe bolsa, onuň göwrümi nämä deň?

- A) 831 l ; B) $8,31\text{ l}$; C) $16,62\text{ l}$; D) $41,5\text{ l}$.

29. Normal şertde agzy ýapyk gap birmeňzeş massaly wodorod, azot we kislород gazlary bilen doldurylan. Haýsy gazyň porsial basyşy iň uly bolýar?

- A) wodorod; B) kislород; C) azot; D) basyşlar deň.

30. Gazyň basyşy $16,6\text{ kPa}$, dykýzlygy $0,02\text{ kg/m}^3$, molýar massasy 2 g/mol . Gazyň temperaturasyny tapyň (K).

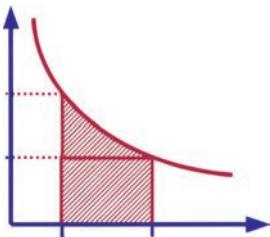
- A) 2; B) 200; C) 275; D) 473.

I BAP BOÝUNÇA MÖHÜM NETİJELER

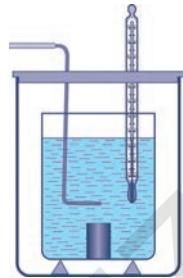
Molekulýar - kinetik nazaryýet tejribelerde subut edilen üç düzgüne esaslanýar:	1. Maddalar bölejiklerden—atomlardan we molekulalardan düzülen. 2. Atomlar we molekulalar dyngysyz we tertipsiz hereket edýär. 3. Atomlaryň we molekulalaryň arasynda özara dartyş we itekleşme güýçleri bar.
Broun hereketi aşakdaky aýratynlyklara eýe:	Broun hereketi dyngysyz we tertipsiz hereketten ybarat. Broun hereketiniň traýektoriýasy çylşyrymlı döwük çyzyklardan ybarat. Broun hereketi bölejigiň ölçegine bagly.
Maddanyň mukdary	1 mol – maddanyň şeýle mukdary bolup, ondaky atomlar (molekulalar) sany massasy 12 g ugleroddaky atomlar sanya deň.
Awogadro hemişeligi	Mukdary 1 mol bolan maddadaky molekulalar sany italyan alymy Amedeo Awogadronyň hormatyna Awogadro hemişeligi diýlip atlandyrylyar. Awogadro hemişeligi fundamental fiziki ululyk bolup, onuň san bahasy $N_A=6,022\cdot10^{-23}$ mol^{-1} -e deň.
Molýar massa	Mukdary bir mol bolan islendik maddanyň massasyna molýar massa diýilýär.
Massa atom birligi	Massa atom birligi (u) edip uglerod atomynyň massasynyň $1/12$ bölegi bilen deňeshdirmek kabul edilen, ýagny; $1 u \approx 1,66\cdot10^{-27} \text{ kg}$.
Otnositel atom massa	Berlen maddanyň atomynyň massasynyň (m_0) uglerod atom massasy (m_{0C}) $^{1/12}$ böleginiň gatnaşygyna, şu maddanyň otnositel atom massasy diýilýär.
Molekulalar konsentrasiýasy	Göwrüm birligindäki molekulalar sanyna maddanyň molekulalarynyň konsentrasiýasy diýilýär.
	$n = \frac{N}{V}; \quad [n] = \frac{1}{\text{m}^3}.$

Ideal gaz	– molekulalary maddy nokatlar diýip garalýan hemde olaryň arasyndaky özara täsir güýçleri hasaba alynaýan derejede kiçi bolan gazdyr.
Real gaz	Häsiyetleri molekulalarynyň özara täsirine bagly bolan gaz.
Temperaturanyň molekulýar - kinetik düşündirilişi	Temperatura – gazyň molekulalarynyň öne gitme hereketiniň ortaça kinetik energiýasynyň ölçegidigini aňladýar, ýagny; $\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot k T.$
Bolsmanyň hemişeligi	Bolsmanyň hemişeligi molekulalaryň ortaça kinetik energiýasy bilen temperaturasynyň arasyndaky baglansyky koeffisiýentini aňladýar. Onuň san bahasy $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K-a deň.
Uniwersal hemişeligi gaz	Bolsmanyň hemişeligi k bilen N_A Awogadro hemişeliginin köpelmek hasylyna uniwersal (molýar) gaz hemişeligi diýip atlandyrmak kabul edilen. Uniwersal gaz hemişeliginin san bahasy $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ -a deň.
Ideal gazyň basyşy	Ideal gazyň basyşy gazyň molekulalarynyň konsentrasiýasyna we onuň temperaturasyna gönü proporsionaldyr, ýagny: $p = nkT.$
Absolýut nol temperaturla	Absolýut nol temperaturla mümkün bolan iň pes temperaturla bolup, şeýle temperaturlada maddanyň molekulalarynyň hereketi togtaýar.
Temperaturanyň Selsiy we Kelwin şkalasynyň arasyndaky gatnaşyklary	Temperaturanyň Selsiy şkalasından Kelwin şkalasyna geçiş formulasy aşakdaky ýaly aňladylýar: $T = t + 273.$
Molekulalar ýylylyk hereketiniň ortaça kwadratik tizligi	$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$

Molekulalaryň tizlikler boýunça paýlanyşy	Iňlis fizigi J. Makswell 1859-njy ýylда nazary ýol bilen gazyň molekulalary käbir temperaturada dürli tizlikler bilen hereketlenýändigini, ýagny molekulalaryň tizlikler boýunça paýlanyşyny anyklady.
Şterniň tejribesi	Şterniň tejribesi ideal gazyň molekulýar-kinetik nazaryyetini hem-de Makswelliň gazyň molekulalarynyň tizlikleri boýunça paýlanyşy baradaky taglymatynyň doğrudygyny tassyklady.
Mendeleýewiň-Klapéyronyň deňlemesi	Mendeleýewiň-Klapéyronyň deňlemesi ideal gaz halynyň deňlemesi bolup, ol gazyň massasynyň, molýar massasynyň, basyşynyň, göwrüminiň we temperatursasynyň arasyndaky baglanyşygy aňladýar, ýagny: $pV = \frac{m}{M} RT$.
Boýlyň-Mariottiň kanunu. Izotermik proses	Ideal gazyň massasy ($m = \text{const}$) we temperatursasy ($T = \text{const}$) hemişelik bolanda gaz halynyň üýtgeýiş prosesine izotermik proses diýilýär. Hemişelik temperaturada berlen massaly gazyň basyşy göwrümine ters proporsional ýagdaýda üýtgeýär, ýagny: $p \sim 1/V$ ýa-da $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$.
Geý-Lýussagyň kanunu. Izobarik proses	Ideal gazyň massasy m ($m = \text{const}$) we basyşy ($p = \text{const}$) hemişelik bolanda gaz halynyň üýtgeýiş prosesine izobarik proses diýilýär. Hemişelik basyş şertinde berlen massaly gazyň göwrümi temperatura gönü proporsional ýagdaýda üýtgeýär, ýagny: $V \sim T$. $\frac{V}{T} = \text{const} \quad \text{ýa-da} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
Jak Şarlyň kanunu. Izohorik proses	Ideal gazyň massasy m ($m = \text{const}$) we göwrümi ($V = \text{const}$) hemişelik bolanda gaz halynyň üýtgeýiş prosesine izohorik proses diýilýär. Hemişelik göwrüm şertinde berlen massaly gazyň basyşy temperaturla proporsional ýagdaýda üýtgeýär, ýagny: $p \sim T$ $\frac{p}{T} = \text{const} \quad \text{ýa-da} \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$



II BAP İÇKI ENERGIÝÁ WE TERMODINAMIKANYŇ ELEMENTLERİ



Makroskopik sistemada bolup geçýän dürli hili proseslerde energiýá bir görnüşden ikinji görnüşe geçýär. Fiziki prosesiň içindäki gatnaşyklary öwrenýän molekulýar fizikanyň bölümine **termodinamika** diýilýär. Termodinamikada jisimleriň häsiýetleri diňe energiýá çalyşma nukday nazaryndan öwrenilip, olaryň molekulýar gurluşyna aýratyn üns berilmeyär.

15-§. İÇKİ ENERGIÝÁ

Molekulýar - kinetik nazaryýete esasan makroskopik jisimi düzýän ähli molekulalar tertipsiz hereketlenýär. Jisimi düzýän ähli bölejikleriň kinetik we potensial energiýalarynyň jemi şu jisimiň (maddanyň) içki energiýasyna deňdir, ýagny:

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

bu ýerde E_k we E_p jisimi düzýän ähli molekulalarynyň degişlilikde kinetik we potensial energiýalary.

Ideal gazyň içki energiýasyny hasaplamak gaty we suwuk jisimleriň içki energiýasyny hasaplamak ýaly çylşyrymlı däl. Ideal gazyň molekulalary bir-biri bilen özara täsirleşmeýänligi sebäpli, olaryň özara täsir potensial energiýasyny nola deň diýip almak mümkün. Onda ideal gazyň içki energiýasy ony düzýän ähli molekulalarynyň tertipsiz hereketi kinetik energiýalarynyň jeminden ybarat bolýar, ýagny:

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

Ideal gazyň molekulasyň ortaça kinetik energiýasy $\bar{E}_k = \frac{3}{2} k T$ bolýandygyyny hasaba alyp, (2) aňlatmany aşakdaky ýaly ýazýarys:

$$U = N \cdot \bar{E}_k = \frac{3}{2} N k T. \quad (3)$$

Şonuň ýaly-da, $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ we $k \cdot N_A = R$ bolýandygyny hasaba alsak
 (3) aňlatma aşakdaky görnüşe gelýär:

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

(4) deňlik ideal gazyň içki energiyasyny hasaplamaga mümkünçilik berýär. Diýmek, ideal gazyň içki energiyasy onuň massasy bilen absolvüt temperaturasyň köpeltemek hasylyna göni, molýar massasyna ters proporsional eken.

Termodynamikada sistema bir halyndan ikinji halyna geçende onuň içki energiyasynyň özgerişi möhüm hasaplanýar. İçki energiyanyň özgerişi diýende sistemanyň başdaky we ahyrky halatynyň arasyndaky içki energiyalaryň tapawudy düşünilýär, ýagny:

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

Eger gazyň temperaturasy T_1 -den T_2 čenli özgerse, (4) aňlatma görä onuň içki energiyasynyň özgerişini aşakdaky ýaly yazmak mümkün:

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

Ideal gaz halynyň deňlemesine görä $pV = \frac{m}{M} RT$ bolany üçin (4)

deňligi aşakdaky görnüşde yazmak mümkün:

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

(7) deňlikden gazyň içki energiyasy gazyň basyşyna we göwrümine hem baglydygy görünýär. (4) we (7) deňlemeleri bir atomly gazlar üçin ýazsak:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} p V. \quad (8)$$

Islendik jisimiň içki energiyasy onuň ýylylyk halatyna bagly. Jisimde ýylylyk halatynyň üýtgemegi bilen onuň içki energiyasy hem üýtgeýär. Madda bir agregat halyndan başga agregat halyna geçende, meselem: madda suwuk halayndan gaz halyna geçende we gaty halyndan suwuk halyna geçende jisimiň içki energiyasy üýtgeýär. Gaty halyndan suwuk halyna geçende jisimiň içki energiyasy artsa, tersine, suwuk halayndan gaty halyna geçende jisimiň içki energiyasy kemelyär. Şonuň ýaly-da, madda suwuk halayndan gaz halyna geçende onuň içki energiyasy artýar.

Mesele çözmeğiň nusgasy

Mukdary 12 mol bolan argon gazy 12°C -dan -88°C çenli sowadylanda, onuň içki energiyasy nähili üýtgeýär?

Berlen:	Formulasy:	Hasaplamak:
$v=12 \text{ mol}$ $T_1=12^{\circ}\text{C}+273=285 \text{ K}$ $T_2=-88^{\circ}\text{C}+273=185 \text{ K}$	$\Delta U = \frac{3}{2}vR(T_2 - T_1)$ $[U] = \text{mol} \cdot \frac{\text{J} \cdot \text{K}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = \text{J}$	$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 12 \cdot 8,31 \cdot (185 - 285) =$ $= -14958 \text{ J} \approx -15 \text{ kJ}$
Tapmaly: $\Delta U = ?$		Jogaby: gazyň içki energiyasy $\Delta U = 15 \text{ kJ}$ -a kemelýär.



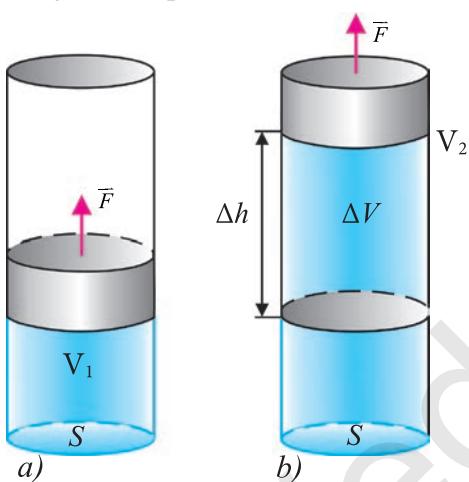
1. Termodinamika nämäni öwrenýär?
2. Ideal gazyň içki energiyasy diýende nämäni düşünýärsiňiz?
3. Ideal gazyň içki energiyasyny hasaplamagyň aňlatmasyny ýazyň we ony düşündiriň.
4. Gaz izobarik giňelende onuň içki energiyasy nähili üýtgeýär?



1. Temperaturasy 47°C we içki energiyasy 80 kJ bolan argon gazynyň massasyny anyklaň.
2. Bir atomly ideal gazyň göwrümi $0,4 \text{ m}^3$ we içki energiyasy 45 kJ bolsa, onuň basyşy nämä deň?
3. Mukdary 3 mol neon gazy 40°C -dan -80°C çenli sowadylanda, onuň içki energiyasy nähili üýtgeýär?
4. Massasy 80 g bolan gelý gazy 20°C -dan 70°C çenli gyzdyrylanda, onuň içki energiyasy nähili üýtgeýär?
5. Gapdaky $4 \cdot 10^{25}$ sany molekula eýe bolan bir atomly ideal gazyň temperaturasy 72 K -a artanda, onuň içki energiyasy nähili üýtgeýär?
6. 10^5 Pa basyş astynda duran bir atomly ideal gazyň göwrümi izobarik ýagdaýda 300 cm^3 -dan 500 cm^3 çenli artdy. Bu ýerde gazyň içki energiyasy näçä üýtgapdir?
7. Nakal lampočka ýananda, içindäki gazyň temperaturasy 17°C -dan 307°C çenli ýokarlansa, onuň içindäki gazyň içki energiyasy näçe esse artar?

16-§. TERMODINAMIKADA İŞ

Käbir sistemanyň içki energiyasynyň üýtgemegine iş ýerine ýetirmek we ýylylyk çalyşma prosesleri sebäp bolýar. Gazda bolup geçyän köp proseslerde onuň göwrümi üýtgeýär. Gaz käbir göwrümi eýeläp durmagy üçin ol gaba gabalan bolup, käbir daşky güýç astynda durmalydyr. Çak edeliň, m massaly gaz erkin süýşyän porşenli silindrik gaba gabalan bolsun (19-njy a surat). Gazyň bu halyndaky temperaturasy T_1 , göwrümi V_1 we basyşy p_1 bolsun. Eger gazy T_2 temperatura çenli gyzdysak (porşen erkin süýşüp bilýänligi üçin, gazyň basyşyny hemişelik diýip garalýar, ýagny: $p_1 = p_2$), gaz izobarik giňelip V_2 göwrümi eýeleýär (19-njy b surat). Gazyň göwrümi üýtgände, ol daşky basyş güýjüne garşy iş edýär. Bu iş **termodinamik iş** diýilip atlandyrylyar. Gaz gyzdryylanda, gazyň molekulalary porşuna baryp urulmagy netijesinde porşeni käbir Δh aralyga süýsürýär we iş edilýär. Mehaniki işin formulasyna görä gazyň daşky güýje garşy eden işi aşakdaka deň:



19 -njy surat.

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

Basyşyň kesgitlemesinden $F = p \cdot S$ bolýadygyny hasaba alsak, (1) aňlatma aşakdaky görnüše gelýär:

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

bu ýerde $\Delta V = V_2 - V_1$ gazyň göwrüminiň özgerişidir. Diýmek, gazyň izobarik giňelmesinde eden işi onuň basyşy bilen göwrüminiň üýtgeýşiniň köpeltmek hasylyna deň eken. Bu prosesde gaz giňelip daşky güýclere garşy položitel

iş edýär, çünki güýjüň ugry bilen porşeniň orun üýtgetme ýonelişi birmeňzeş. Şonuň ýaly-da, gaz gysylanda gazyň üstünden daşky güýçler iş edýär.

19-njy suratda görkezilen iki halyna-da, ýagny izobarik giňeliş prosesi üçin Mendeleyewiň – Klapeýronyň deňlemesini ýazyp,

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

olary bir-birinden aýyrýarys:

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

Eger $T_2 - T_1 = \Delta T$ we $V_2 - V_1 = \Delta V$ diýip alsak, (4) aňlatma aşakdaky

görnüşe gelýär.

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

(5) aňlatma görä gaz izobarik ΔT temperaturada gyzdyrylanda daşky güýçleriň üstünden edilen iş aşakdaky ýaly anyklanýar:

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

bu aňlatmany 1 mol mukdardaky gaz üçin ýazsak, ol aşakdaky görnüşe gelýär:

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

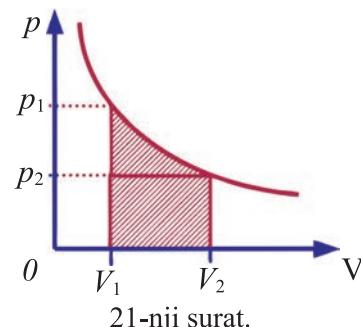
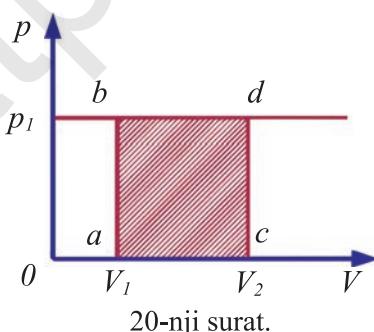
Bu aňlatmadan uniwersal gaz hemişeligi üçin aşakdaky gatnaşyk gelip çykýar, ýagny: $R = \frac{A}{\Delta T}$.

Uniwersal gaz hemişeligi san taýdan bir mol gazy bir kelwine izobarik gyzdyrylanda şu gaz tarapyndan edilen işe deň.

Gazyň eden işiniň geometrik düşündirilişi. İşin geometrik düşündirilişi bu prosesde edilen işi geometrik ýol bilen düşündirmekdir. Bu ýerde gazyň basyşynyň göwrüméne baglanyşyk grafigi çyzylýar, meselem, gaz izobarik giňelsin (20-nji surat). Hemişelik p basyşa eýe bolan gazyň V_1 göwrüminden V_2 -ä giňelende edilen iş $abcd$ gönüburçlugyň meýdanyna san taýdan deň, ýagny:

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

Izotermik prosesde basyş göwrüme ters proporsional ýagdaýda üýtgeýär (21-nji surat). Munda gazyň eden işi san taýdan izoterma grafigi astyndaky ştrihlenen meýdana deň bolýar.



Mesele çözmeň nusgasy

Porşen astyndaky kislorod gazy 64 K -a izobarik gyzdyrylanda, gaz daşky güýçleriň üstünden 16,6 kJ iş edilýär. Kislorodyň massasy nähili bolupdyr?

Berlen:

$$M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$\Delta T = 64 \text{ K}$$

$$p = \text{const}$$

$$A = 16,6 \text{ kJ} = 16,6 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

Tapmaly:

$$m = ?$$

Formulasy:

$$A = \frac{m}{M} R \cdot \Delta T;$$

$$m = \frac{A \cdot M}{R \cdot \Delta T}.$$

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

Hasaplamak:

$$m = \frac{16,6 \cdot 10^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 64} \text{ kg} = 1 \text{ kg.}$$

Jogaby: $m = 1 \text{ kg.}$



1. Gazyň izobarik giňelmeginde eden işiniň formulasyny getirip çykaryň we ony düşündiriň.
2. Gazyň izobarik giňelmeginde eden işini temperaturanyň üýtgeýsi arkaly aňladyň.
3. Mehaniki iş bilen termodinamiki işiň arasyndaky tapawut nämede?



1. Silindrik gapdaky 160 kPa basyş astynda duran gaz izobarik ýagdaýda giňelip, 48 kJ iş etdi. Bu ýerde gazyň göwrümi näçä artypdyr?
2. Porşeniň astyndaky 400 g massaly howa izobarik gyzdyryldy. Howa daşky güýçleriň üstünden 8 kJ iş eden bolsa, ol näçe gradusa gyzypdyr?
3. 100 kPa basyş astynda duran ideal gaz izobarik giňelip, göwrümi 100 cm³-dan 300 cm³ čenli artdy. Bu ýerde gaz nähili iş edipdir?
4. Içki diametri 5 cm bolan silindre gaz gabalan. Silindriň porşenine 50 N daşky güýç täsir edip, gazyň göwrümini 10 cm³ -a kemeltdi. Daşky güýç alnandan soň gaz giňelip, başlangyç ýagdaýyna geldi. Daşky güýç alnandan soň gysylan gaz näçe iş edipdir?

17-§. ÝYLYLYK MUKDARY

Jisimlerde ýylylyk çalşys

Bir jisimden ikinji jisime iş etmezden energiýa geçirilmek prosesine ýylylyk çalşyş ýa-da ýylylyk geçirish diýilýär.



Ýylylyk çalşyş prosesinde jisim alan ýa-da ýitiren içki energiýa mukdaryny kesitleyän f iziki ululyga ýylylyk mukdary diýilýär.

Ýylylyk mukdarynyň ölçeg birligi işiň birligi bilen birmeňzeş, ýagny **Joul (1 J)**. Ýylylyk mukdaryny hasaplamak üçin **kaloriýa (1 kal)** diýlip atlandyrylylan birlik hem girizilen. Ýylylyk mukdaryny Q harpy bilen belgilemek kabul edilen.



1 gram distillirlenen suwy 1°C -a gyzdyrmak üçin gerek bolan ýylylyk mukdary 1 kaloriýa diýlip kabul edilen.

Kaloriýa bilen birlikde kilokaloriýa hem ulanylýar ($1 \text{ kkal} = 1000 \text{ kal}$). Ýylylyk mukdarynyň Joul bilen kaloriýa birlikleriniň arasyndaky gatnaşyk aşakdaky ýaly aňladylýar: $1 \text{ J} = 0,24 \text{ kal}$ ýa-da $1 \text{ kal} = 4,19 \text{ J}$.

Ýylylyk geçirish prosesinde jisimiň temperaturasy t_1 bahasyndan t_2 bahasyna üýtgän bolsa, jisimiň alan ýa-da ýitiren ýylylyk mukdary aşakdaky ýaly hasaplanýar:

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

bu ýerde m – jisimiň massasy, c – proporsionallyk koeffisiýenti bolup, oňa maddanyň udel ýylylyk sygymy diýilýär, t_1 – jisimiň başlangyç temperaturasy, t_2 – jisimiň ahyrky temperaturasy. Ýylylyk çalşyş prosesinden soň jisimiň temperaturasy $t_2 > t_1$ gatnaşykda bolsa $Q > 0$ bolup, jisimiň ýylylyk mukdaryny alanlygyny we tersine $t_2 < t_1$ gatnaşykda bolsa $Q < 0$ bolup, jisimiň ýylylyk mukdaryny berenligini aňladýar.

(1) aňlatma görä maddanyň udel ýylylyk sygymy aşakdaky ýaly hasaplanýar:

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

(2) deňlige görä udel ýylylyk sygymynyň Halkara birlikler sistemasyndaky birligi $[c] = \frac{J}{kg \cdot K}$ bolýandygy gelip çykýar.



Massasy 1 kg bolan maddanyň temperaturasyny 1°C -a üýtgetmek üçin gerek bolan ýylylyk mukdaryny häsiyetlenendirýän fiziki ululyga maddanyň udel ýylylyk sygymy diýilýär.

Maddalaryň udel ýylylyk sygymalarynyň san bahalary aşakdaky jedwelde getirilen.

	Maddanyň görnüşi	Udel ýylylyk sygymy , J/ (kg · K)		Maddanyň görnüşi	Udel ýylylyk sygymy, J/ (kg · K)
1	Gurşun	130	6	Çüýşe	830
2	Kümüş	230	7	Alýuminiý	890
3	Galaýy	230	8	Buz	2100
4	Mis	390	9	Kerosin	2140
5	Polat	460	10	Suw	4200

Ýylylyk balansynyň deňlemesi

Öwrenilýän jisimler ulgamy (ýagny sistema) daş-töwerekäki jisimlerden ýeterli derejede izolirlenen bolsa, biz ony ýapyk sistema diýip atlandyryarys. Wagtyň geçmegi bilen ýapyk sistemanyň içinde duran jisimleriň içki energiyasy üýtgemeyär. Mysal hökmünde kalorimet, suw we gyzdyrylan metal jisimden ybarat bolan ýapyk sistema garap geçeliň. Bu ýerde sistemanyň içindäki jisimleriň arasynda ýylylyk çalyşygy emele gelýär, gyzgyn metal jisim ýylylyk berse suw we gap ýylylygy alýär.

Ýylylyk çalşyş prosesinde gatnaşýan ähli jisimleriň içki energiyalary olaryň temperaturalary birmeňzeş bolýança üýtgeýär. Emele gelen temperatura jisimler sistemasyň termodinamiki deňagramlylyk temperaturasy diýilýär. Ýylylyk çalşyş prosesi hiç hili iş edilmezden bolup geçende içki energiyanyň özgerisi käbir jisimleriň gyzmagy, başga jisimleriň sowamagy hasabyna amala aşýar. İş edilmezden diňe ýylylyk çalşyş netijesinde bolup geçýän prosesleri häsiýetlendirmek üçin ýylylyk balansynyň deňlemesi (fransuzça «balans» – deňagramlylyk sözünden alınan) düzülýär. Bu deňleme aşakdaky ýaly düşündirilýär:



Ýylylyk çalşygy netijesinde içki energiyalary kemelen jisimleriň geçirgen ýylylyk mukdaralarynyň jemi, içki energiyalary artan jisimleriň kabul eden ýylylyk mukdaralarynyň jemine deň.

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q'_1 + Q'_2 + \dots + Q'_n \quad (3)$$

bu ýerde Q_1, Q_2, \dots, Q_n – gyzgynrak jisimleriň beren ýylylyk mukdaralary.

Q'_1, Q'_2, \dots, Q'_n bolsa sowugrak jisimleriň alan ýylylyk mukdaralary.

(3) deňleme ýylylyk balansynyň deňlemesi diýlip atlandyryylýär. Ol ýylylyk çalşyş prosesi üçin energiyanyň saklanma kanunyndan ybarat bolup, aşakdaky ýaly kesgitlenýär:



Ýylylyk çalşygy prosesinde ýylylyk mukdary ýokdan bar bolmaýar, bardan ýok bolmaýar, diňe bir jisimden başga bir jisime geçýär.

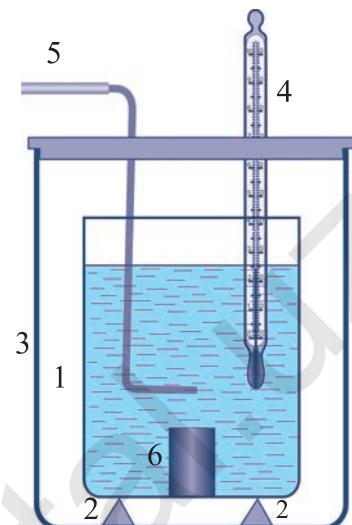
Jisimiň (maddanyň) beren ýa-da alan ýylylyk mukdaryny kalorimetriň kömeginde kesitlemek mümkün (22-nji surat). Kalorimet rözi ýylylygy ölçemeň diýen manyny aňladýar (latynça calor – ýylylyk, grekçe metreo – ölçemek).

Kalorimetriň içki gaby ýuka diwarly 1 metal gapdan ybarat bolup, ýylylyk kem geçirýän 2 esasa oturdylan 3 plastmassa gaba salnan. Kalorimetre 4 termometr we 5 garyjy salnan bolýar.

Kalorimetriň gabynyň garyjy bilen bilelikdäki massasy m_1 we udel ýylylyk sygymy c_1 bolsun. Kalorimetre m_2 massaly suw salalyň. Suwuň udel ýylylyk sygymy c_2 , ýylylyk deňagramlylyga gelenden soň kalorimetr we suwuň temperaturasy t_1 bolsun. Kalorimetre temperaturasy t_2 , massasy m , udel ýylylyk sygymy c bolan 6 gyzdyrylan demri sokałyň. Ýylylyk deňagramlylygy emele gelendäki suwly kalorimetriň we demriň temperaturasy t bolsun. Bu ýerde gyzdyrylan demir t_2 -den t çenli sowap, kalorimetr bilen suwa $Q = cm(t_2 - t)$ ýylylyk mukdaryny berýär. Netijede kalorimetr bilen suwuň temperaturasy t_1 -dan t çenli ýokarlanýar. Bu ýerde kalorimetr $Q_1 = c_1m_1(t - t_1)$, suw $Q_2 = c_2m_2(t - t_1)$ ýylylyk mukdaryny alýar.

Energiýanyň saklanma kanunyna görä, jisimiň beren ýylylyk mukdary kalorimetr we suw alan ýylylyk mukdarlarynyň jemine deň:

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



22-nji surat.

Kalorimetr, suw we demriň udel ýylylyk sygymyny we massalaryny bilmek bilen t_1 , t_2 we t temperaturalary ölçüp, demriň beren Q ýylylyk mukdaryny, kalorimetr we suwuň alan Q_1 we Q_2 ýylylyk mukdarlaryny hasaplamaň mumkin.

(4) aňlatma Q , Q_1 we Q_2 -niň aňlatmalaryny goýup, ýylylyk balansynyň deňlemesiniň aşakdaky aňlatmasynы alarys:

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

Eger kalorimetre salnan jisimiň udel ýylylyk sygymy c nämälim bolsa, ony (5) aňlatmadan getirip çykarmak mumkin:

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

Bu kalorimetre salnan islendik jisimiň udel ýylylyk sygymyny tapmagyň formlasyny aňladýar.

Díymek, kalorimetriň kömeginde islendik jisimiň udel ýylylyk sygymyny hem kesgitlemek mumkin eken.

Mesele çözmegeň nusgasy

Suw 210 m beýiklikden akyp düşyär. Agyrlyk güýjuniň eden işi suwuň temperaturasyny näçä üýtgeder? Suwuň düşmegini erkin gaçma diýip hasaplaň.

Berlen:

$$h = 210 \text{ m}$$

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

$$c = 4200 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$$

Tapmaly:

$$\Delta t = ?$$

Çözülişi: massasy m bolan jisim h beýiklikden erkin gaçanda agyrlyk güýji $A=mgh$ -a deň iş edýär. Agyrlyk güýji edilen işiniň mälim bir bölegi jisimiň içki energiyasyny üýtgedyär we bu ýerde jisim gyzýar. Çak edeliň, suw h beýiklikden gaçandaky agyrlyk güýjuniň işi doly içki energiya (ýylylyga) öwrülsin, ýagny: $m \cdot g \cdot h = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$

Aňlatmany ýonekeýleşdirip, $\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{g \cdot h}{c}$ eýe bolarys. Absoýut temperaturanyň üýtgemegi T temperatura-nyň Selsiy şkalasy boýunça üýtgemegi t deň, ýagny $T - t$.

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

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

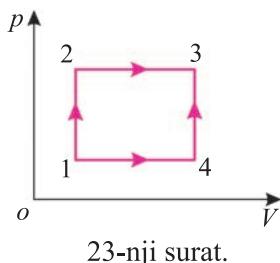
-  1. Ýylylyk mukdary diýip nämä aýdylýar? Onuň nähili birlikleri bar?
 2. Udel ýylylyk sygymyny kesgitläp, onuň hasaplamagyň formulasyny ýazyň.
 3. Ýylylyk balansynyň deňlemesiniň fiziki manysy nämeden ybarat?
 4. Ýylylyk çalşyş prosesi üçin energiyanyň saklanma kanunyny kesgitläň.
 5. Birmeňzeş beýiklikden birmeňzeş massa eýe bolan alýuminiý, gurşun we demir şarlar taşlandy. Olaryň haýsrys köpräk gyzýar?

- M**
14
- Massasy 0,5 kg we udel ýylylyk sygymy 450 J/(kg·K) bolan jisim 10 °C -dan 310 °C çenli gyzdyrylanda, näçe ýylylyk mukdaryny kabul edýär?
 - Massasy 3 kg bolan jisim 20 °C-dan 500 °C çenli gyzzanda, 1281,6 kJ ýylylyk mukdary alan bolsa, bu jisim nähili maddadan tayýarlanylapydyr?
 - Normal şertde temperaturasy 20 °C we göwrümi 1,5 l bolan suw gaýnaýança, näçe ýylylyk mukdaryny alýar?
 - Normal şertde gaýnap duran suwuň içinde misden we gurşundan ýasalan jisimler bardy. Olar suwdan alınan wagtda her biri nähili ýylylyk mukdaryna eýe bolýar? Misden ýasalan jisimiň massasy 200 g, gurşundan ýasalan jisimiň massasy 150 g-a deň diýip alyň.

18-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Ideal gaz 1-nji halyndan 3-nji halyna iki hili proses arkaly geçen (23-nji surat). Iki ugurda-da içki energiyanyň özgerişi nähili bolýar?

Berlen. Çyzgy



23-nji surat.

Çözülişi: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ ugurda gaz ilki izohorik gyzdyrylan, soň izobarik giňelen. Ikinji $1 \rightarrow 4 \rightarrow 3$ ugurda bolsa, gaz ilki izobarik giňelen, soň izohorik gyzdyrylan. İçki energiyanyň üýtgeýsi diýende sistemanyň başlangyç we ahyrky ýagdaýynyň arasyndaky içki energiyalaryny tapawudy düşünilýär, ýagny:

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

Ideal gazyň içki energiyanyň $U = \frac{3}{2} p \cdot V$ aňlatmasyna

görä, içki energiyasynyň özgerişi

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

Sistema bir halyndan başga halyna islendik ugra geçende, onuň içki energiyasynyň üýtgeýsi diňe şu ýagdaýlary häsiyetlendirlyän parametrlere bagly bolýar. **Jogaby:** iki ugurda-da içki energiya birmeňzeş üýtgeýär.

2-nji mesele. Porşeniň astyndaky hemişelik massaly ideal gaz 7°C -dan 77°C çenli gyzdyrylanda ol izobarik giňeldi. Bu ýerde gaz daşky güýcleriň üstünden nähili iş edýär? Gazyň basyşy 125 kPa we başlangyç göwrümi 2 l -e deň bolupdyr.

Berlen:

$$T_1 = 7^{\circ}\text{C} + 273 = 280\text{ K}$$

$$T_2 = 77^{\circ}\text{C} + 273 = 350\text{ K}$$

$$p = 125\text{ kPa} = 125 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$V_1 = 2\text{ l} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Tapmaly:

$$A = ?$$

Çözülişi: gazyň başlangyç göwrümi bize mälim. Gazyň soňky göwrümini izobarik prosesiň deňlemesine görä tapýarys, ýagny: $V_2 = \frac{T_2 \cdot V_1}{T_1}$.

Gaz izobarik giňelende onuň eden işi $A = p \cdot (V_2 - V_1)$ aňlatma görä hasaplanýar. Gazyň soňky göwrüminiň aňlatmasyny işiň aňlatmasyna goýsak, işiň aňlatmasы aşakdaky görnüşe gelýär:

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

Bu aňlatma ululyklaryň san bahasyny goýup işiň san bahasyny anyklaýarys.

$$A = 125 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{350}{280} - 1 \right) \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ J} = 62,5 \text{ J.}$$

Jogaby: $A = 62,5 \text{ J.}$

3-nji mesele. Gapda 40°C temperaturaly 85 l suw bar. Ol temperaturasy 15°C sowuk we 100°C temperaturadaky gyzgyn suwdan taýýarlanan. Gaba näçe sowuk we näçe gyzgyn suw guýlupdyr?

Berlen:

$$t_1 = 15^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 100^{\circ}\text{C}$$

$$t = 40^{\circ}\text{C}$$

$$V = 85\text{ l}.$$

Tapmaly:

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$

Çözülişi: ýylylyk balansynyň deňlemesine esasan ýylylyk çalşyş prosesinde sowuk suw alan ýylylyk mukdary: $Q_1 = m_1 c(t - t_1)$ we gyzgyn suw beren ýylylyk mukdary $Q_2 = m_2 c(t_2 - t)$ -e deň bolýar, ýagny: $Q_1 = Q_2$.

Suwalaryň massalaryny olaryň göwrümleri arkaly aňladyp:

$$m_1 = \rho V_1, \quad m_2 = \rho V_2, \quad \text{aşakdaky gatnaşyga eýe bolarys:}$$

$$\rho V_1 c(t - t_1) = \rho V_2 c(t_2 - t), \quad \text{ýa-da } V_1(t - t_1) = V_2(t_2 - t)$$

Garyndynyň göwrümi $V = V_1 + V_2$ bolýandygyny hasaba alyp, V_1 göwrümi tapýarys: $V_1 = \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} \cdot V$. Bu deňlige görä, sowuk suwuň göwrümini hasaplaýarys:

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

$$\text{Gyzgyn suwuň göwrümi } V_2 = V - V_1 = 85\text{ l} - 60\text{ l} = 25\text{ l}.$$

Jogaby: $V_1 = 60\text{ l}$ we $V_2 = 25\text{ l}$.

4-nji mesele. 800 m/s tizlik bilen uçup barýan polat ok guma sanjyldy. Okuň urulmagynda bölünip çykan ýylylygyň 60% gumy gyzdyrmaga gitse, okuň temperaturasy näçä artar? Poladyň udel ýylylyk sygymy $c = 460\text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$ -a deň.

Berlen:

$$v = 800\text{ m/s}$$

$$\eta = 0,6$$

$$c = 460\text{ J/kg}\cdot\text{K}.$$

Tapmaly:

$$\Delta t = ?$$

Çözülişi: ok guma sanjylanda onuň kinetik enerjýasy dolulygyna içki energiyá öwrülýär. Bu energiyanyň $1 - \eta = 0,4$ bölegi oka geçýär. Bu ýerden

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

Bu aňlatmalardan peýdalanylýp okuň temperaturasynyň üýtgeýşini hasaplaýarys: $\Delta t = (1 - \eta) \cdot \frac{v^2}{2c}$. $[\Delta t] = \frac{\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}} = \text{K}$.

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

Jogaby: $\Delta t = 278 \text{ K.}$

M 15

1. Temperaturasy 27°C we içki energiyasy 50 kJ bolan gelý gazynyň massasy näçe?

2. Bir atomly gazyň basyşy 30% kemelip, göwrümi 6 esse artsa, onuň içki energiyasy nähili üýtgär?

3. Hemişelik massaly bir atomly ideal gaz 1-nji halyndan 2-nji halyna geçdi (24-nji surat). Bu ýerde gazyň içki energiyasy nähili üýtgär? Gazyň başlangycz basyşy $p_0 = 150 \text{ kPa}$ we göwrümi $V_0 = 4 \text{ l}$ bolupdyr.

4. Silindriň porşeniniň astynda massasy $1,6 \text{ kg}$ massaly kislorod gazy 17°C temperaturada dur. Gaz izobarik giňelip 40 kJ iş eden bolsa, ol nähili temperatura çenli gyzypdyr?

5. Erkin süyüşüp bilýän porşeniň astyndaky temperaturasy 27°C , göwrümi 10 l we basyşy 100 kPa bolan ideal gaz 60 K -a izobarik gyzdyryldy. Bu ýerde gaz daşky güýçleriň üstünden nähili iş edýär?

6. Maddanyň mukdary 25 mol bolan gaz 20 K -a gyzdyrylanda, izobarik giňelip onuň göwrümi başlangycz göwrümine görä $20\%-e$ artdy. Gazyň başlangycz temperaturasy nähili bolupdyr? Gaz giňelendäki edilen iş nämä deň?

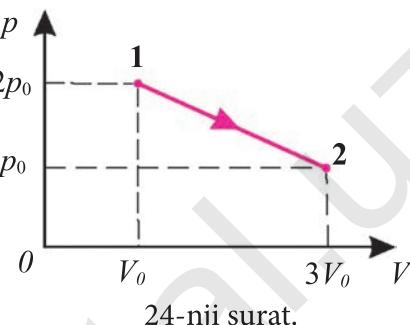
7. Massasy 8 kg we 90°C temperatura eýé bolan suwa 20°C temperaturadaky suwdan näçe goşanda, garyndynyň temperaturasy 30°C -a deň bolar?

8. Massasy we başlangycz temperaturasy birmeňzeş bolan wodorod we gelý gazlary izobarik ýagdaýda 60 K -a gyzdyryldy. Wodorody gyzdyranda edilen işi we gelýni gyzdyranda edilen iş bilen deňesdiriň.

9. 15°C temperaturadaky 125 l suw, 45°C temperaturaly 25 l suw bilen garylsa, ahyrky temperatura nähili bolar?

10. Ýuwunyş wannasyna 10°C -ly sowuk suw we 90°C -ly gyzgyn suw guýup, 50°C -li ýyly suw taýýarlandy. Eger wannadaky ýyly suwuň göwrümi 80 l bolsa, wanna sowuk we gyzgyn suwuň her birinden näceden salnan? Wanna gabynyň alan ýylylyk mukdaryny hasaba almaň.

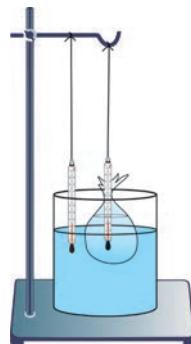
11*. 800 m/s tizlik bilen uçup barýan polat ok guma girdi. Okuň urulmagynda bölünip çykan ýylylygyň 54% gumy gyzdyrmaga gitse, ok näçe gradus gyzar? $c_p = 460 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.



19-§. AMALY SAPAK. JISIMLERDÄKİ ÝÝLYLYK DEÑAGRAMLYLYGYNY ÖWRENMEK

Sapagyň maksady ýylylyk deñagramlylgynyň emele geliş prosesine gözegçilik etmek.

Gerekli enjamlar: gap, yssy we sowuk suw, iki termometr, elektron sagat, polietilen paket, şatiw we ýüp.



Sapagyň gidişi:

1. Aşakdaky jedweli çyzyp alýarys.

Gözegçilik wagty (minut)	0	1	2	....	....	....	....	....
Yssy suwuň temperaturasy								
Sowuk suwuň temperaturasy								

- gaba yssy suwy salýarys. Gapdaky yssy suwuň temperaturasyny ölçüp barmak üçin oňa termometri sokýarys;

- polietilen pakete sowuk suw salýarys. Gapdaky sowuk suwuň temperaturasyny ölçemek üçin oňa termometri sokýarys;

- polietilen pakete salnan suw termometr bilen bilelikde yssy suw salnan gabyň içine salynýar;

- biraz garaşýarys. Soň her bir minutda yssy we sowuk suwuň içindäki termometrleriň görkezijisini bellik edýärис we olary jedwele ýazýarys;

- suwlaryň termodinamik deñagramlylyk temperaturasy we termodinamik deñagramlylyk emele gelen wagt anyklanýar. Alnan netijeler jedwele bellik edilýär;

- termodinamik deñagramlylyk emele gelenden soň ham gözegçiliği birnäçe minut dowam etdirýärис;

- koordinata tekizliginde wagt boýunça yssy suwuň sowaýsyny, sowuk suwuň gyzyşsyny grafiki ýagdaýda şekillendirir. Geçirilen sapak boýunça öz netijäňizi ýazyň.



1. Ýylylyk çalşygy prosesinde sowuk we yssy suwuň içki energiyasy nähili üýtgär?
2. Termodinamik deñagramlylykdan soň suwuň içki energiyasy nähili üýtgär?

20-§. LABORATORIÝA İŞİ: GATY JISIMLERİN UDEL ÝYLYLYK SYGYMНЫ KESGITLEMEK

Işin maksady: jisimiň udel ýylylyk sygymyny kesgitlemegi öwrenmek.

Gerekli enjamlar: kalorimetru we garyjy, terezi, termometr, udel ýylylyk sygymy anyklanýan 3 sany birmeňzeş maddadan taýýarlanan dürli massadaky jisimler, gyzgyn suw.

Işin ýerine ýetiriliş tertibi

1. 22-nji suratda görkezilen kalorimetru we garyjyny bilelikde terezide çekip, olaryň massasyny anyklaň (m_k). Kalorimetru alýuminiýden ýasalanlygy üçin onuň udel ýylylyk sygymyny $c_k = 890 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$ -a deň diýip alyň.

2. Menzurka bilen suwuň (V) görürümimi ölçüp, ony kalorimetriň gabyna guýuň.

3. Kalorimetre guýlan suwuň massasyny $m_s = \rho_s V_s$ formuladan peýdalanyp hasaplaň. Bu ýerde ρ_s – suwuň dykzyllygы.

4. Kalorimetre termometri sokuň. Biraz garaşyň. Ýylylyk deňagramlylygy emele gelen suwuň temperaturasyny (t_s) anyklaň.

5. Udel ýylylyk sygymy anyklanýan jisimiň massasyny (m_j) terezide ölçän.

6. Jisimi ýüpe daňyp gaýnap duran suwuň içine sokuň. Biraz garaşyň (2-3 minut). Jisim bilen suwuň arasynda ýylylyk deňagramlylygy emele gelýär. Gaýnap duran suwuň (t_j) temperaturasyny termometriň kömeginde ölçüp alyň.

7. Gaýnap duran suwdan alınan jisimi tizlik bilen sowuk suw salnan kalorimetriň içine sokuň. Garyjy bilen kalorimetrdäki suwy garyň we termometr görkezen garyndynyň (t_a) temperurasyny ýazyp alyň.

8. Aşakdaky formulanyň kömeginde jisimiň udel ýylylyk sygymyny anyklaň:

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

9. Massalary dürlüče, ýöne edil şeýle maddadan ýasalan ýene iki jisimiň udel ýylylyk sygymyny ýokarda getirilen tertipde kesgitläň.

10. Birinji, ikinji we üçünji jisimler üçin anyklanan udel ýylylyk sygymalary üçin ortaça $c_{j,ort}$ -y hasaplaň.

11. Alnan netijeleri aşakdaky jedwele ýazyň.

Nº	m_k, kg	m_s, kg	m_j, kg	$c_k, \text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$t_s, ^\circ\text{C}$	$t_j, ^\circ\text{C}$	$t_a, ^\circ\text{C}$	$c_j, \text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	$c_{j,ort}, \text{J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)}$
1									
2									
3									



1. Udel ýylylyk sygymyny düşündirip beriň.
2. Ýylylyk balansynyň deňlemesinden peýdalanyp, 8-nji bentde getirilen jisimiň udel ýylylyk sygymynyň formulasyny getirip çykaryň we düşündirip beriň.
3. Jedweldäki netijeleri derňäň we netije çykaryň.

21-§. YÁNGYJYŇ UDEL YANMA ÝÝLYLYGY

Adatda odun, daşkömür, tebigy gaz, benzin ýaly ýangyçlar ýananda ýylylyk bölünip çykýar. Bu nähili ýylylyk? Náme sebápden bu maddalar ýananda ýylylyk bölünip çykýar?

Málím bolşy ýaly, molekulalar atomlardan düzülen. Meselem, azotyň molekulasy iki azot atomyndan emele gelen. Molekulalary atomlara bölmek mümkün. Molekulalaryň atomlara bölünüşi himiki dargama reaksiýasy diýlip atlandyrylýar. Molekulanyň düzümindäki atomlar bir-biri bilen güýcli dartyşyp durýar. Molekuladaky atomlary bir-birinden aýryp goýbermek üçin ondaky dartyş güýjüne garşı iş etmeli. Diýmek, molekulany dargatmak üçin energiýa sarplanmaly. Atomlar birigip molekula emele gelende bolsa, tersine, energiýa bölünip çykýar.



25-nji surat.

Adatdaky ýangyçlaryň (kömür, nebit, benzin we başgalar) düzümünde uglerod atomlary bar. Ýanma wagtynda uglerod atomy howadaky kislorodyň molekulasy bilen birigip (CO_2) kömürturşy gazynyň molekulasyň emele getirýär (25-nji surat). Kömürturşy gazynyň molekulasyň emele geliş prosesinde ýylylyk bölünip çykýar.



1 kg ýangyç doly ýananda ondan bölünip çykýan ýylylyk mukdary ýangyjyň udel ýanma ýylylygy diýlip atlandyrylýar. Ýangyjyň udel ýanma ýylylygy q harpy bilen belgilenýär.

Massasy m bolan islendik ýangyç ýananda bölünip çykan Q ýylylyk mukdaryny hasaplamak üçin onuň q udel ýanma ýylylygyny doly ýanan ýangyjyň massasyna köpeltemeli, ýagny:

$$Q = q \cdot m.$$

Bu formula görä, ýangyjyň udel ýanma ýylylyk birligi $[q] = \left[\frac{Q}{m} \right] = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$ -da ölçenýär. Her bir görünüşdäki ýangyç üçin udel ýanma ýylylygy anyklanan. Jedwelde käbir ýangyçlaryň udel ýanma ýylylygynyň san bahalary getirilen.

	Ýangyç	Udel ýanma ýylylygy, (MJ/ kg)		Ýangyç	Udel ýanma ýylylygy, (MJ/ kg)
1	Benzin	46	4	Gury odun	10
2	Kerosin	42	5	Tebigy gaz	44
3	Daşkömür	29	6	Spirit	29

Mesele çözmegeň nusgasy

Massasy 20 kg daşkömür ýananda çykaryan ýylylygy almak üçin, näçe gury odun ýakmaly bolýar?

Berlen:

$$m_1 = 20 \text{ kg}$$

$$q_1 = 29 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$$

$$q_2 = 10 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$$

Tapmaly:

$$m_2 = ?$$

Çözülişi: meseläniň şertine görä $Q_1 = Q_2$. Onda $m_1 \cdot q_1 = m_2 \cdot q_2$ bu ýerden

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

Jogaby: $m_2 = 58 \text{ kg}$.



1. Ýangyjyň udel ýanma ýylylygy diýip nämä aýdylýar?
2. m massaly ýangyç ýananda bölünip çykýan ýylylyk mukdary nähili anyklanýar?
3. Ýangyjyň udel ýanma ýylylygy 44 MJ/kg -a deň, diýen jümle nämäni aňladýar?

**M
16**

1. Massasy nähili bolan spirit ýananda 5,8 MJ ýylylyk mukdary bölünip çykýar? Spirtiň udel ýanma ýylylygy $2,9 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$ -a deň.
2. Massasy 25 kg bolan daşkömür doly ýananda bölünip çykýan ýylylygy almak üçin, näçe gury odun ýakmaly bolýar?
3. Neksiýa awtomaşynyna her ýuz kilometre ortaça 10 l benzin sarplansa, her bir kilometerde näçe ýylylyk bölünip çykýar? Benziniň dykyzlygy 700 kg/m³.
4. Ojakda nahar bişirmek üçin 12 kg gury odun ýakyldy. Odun ýakylanda bölünip çikan ýylylygyň dörtden bir bölegi nahara, galan bölegi ojagy, gazany we howany gyzdyrmaga gidýär. Nahar bişyänče özüne näçe ýylylyk mukdaryny alypdyr?

22-§. TERMODINAMIKANYŇ BIRINJI KANUNY

Termodinamikanyň birinji kanuny barada düşünje

Ýylylyk hadysalaryny öwrenmek boýunça gözegçilikler we tejribeler umumylaşdyrylyp, *energiýanyň saklanma kanunyna* aşakdaky ýaly kesgitleme berlen:



Tebigatda energiýa ýokdan bar bolmaýar we ýok bolmaýar.
Energiýanyň mukdary üýtgemeýär, energiýa diňe bir görnüşden başga görnüşe geçýär.

Energiýanyň saklanma kanuny tebigatda geçýän ähli hadysalarda we proseslerde ýerine ýetirilýär. *Termodinamikanyň birinji kanuny* energiýanyň saklanma kanunynyň ýylylyk hadysalaryna ulanylyşyny aňladýar.

Aýdalı, içine gaz gabalan silindriň porşeni agyrlyk güýjüniň tásirinde duran bolsun. Ol silindriň diwarlaryna sürtülmезден erkin hereket edip bilsin. Gaza Q ýylylyk mukdary berilsin. Berlen bu ýylylyk gazyň içki energiýasyny ΔU -a artdyrmagá we porşeni Δh beýiklige galdyrmaga sarplanýar (26-njy surat). Gaz porşeni Δh beýiklige götermegi üçin daşky güýçlere garşy, şol sanda, porşenin agyrlyk güýjüne garşy A iş edýär.



26-njy surat.

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



Sistema berlen ýylylyk mukdary sistemanyň içki energiýasyny üýtgetmegine we sistemanyň daşky güýçlere garşy iş etmeginé sarplanýar.

Bu kesgitlemek we formula *termodinamikanyň birinji kanunyny* aňladýar. Bu kanun XIX asyryň ortalarynda nemes alymlary *R. Mayér*, *G. Gelmgols* we iňlis alymy *J.Joul* kesgitläpdirlər.

Termodinamika birinji kanunynyň izoproseslere ulanylyşy

1. **Izotermik proses** ($T = \text{const}$). Ideal gazyň temperaturasy hemişelige, içki energiýasy hem üýtgemeýär we (1) formulada $\Delta U = 0$ bolýar. Şeýle ýagdaý üçin termodinamikanyň birinji kanuny aşakdaky ýaly aňladylýar:

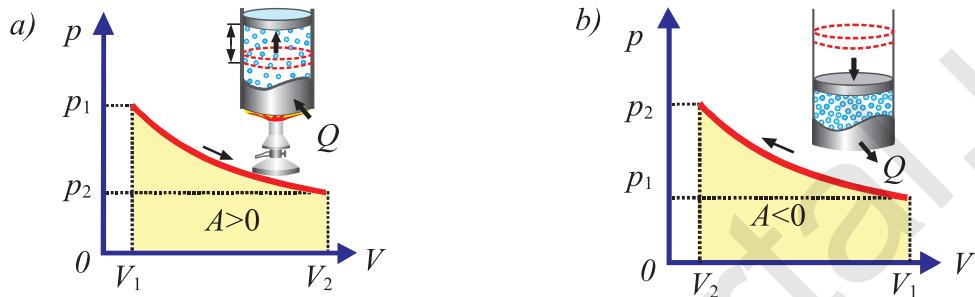
$$Q = A. \quad (2)$$



Izotermik prosesde ideal gaza berlen ýylylyk mukdary iş etmäge sarplanýar.

Izotermik prosesde gaz ýylylyk alýan ($Q > 0$) bolsa, gaz ΔV göwrüme giňelýär we položitel iş ($A > 0$) edýär. 27-nji a suratdaky diagrammada edilen iş boýalan meýdana deň bolýar.

Eger gaz daşky gurşawa ýylylyk berýän ($Q < 0$) bolsa, gaz otrisatel iş ($A < 0$) edýän bolýar. Bu ýerde daşky sistema gazyň üstünde iş edýän bolýar. Edilen işin ululygy diagrammada görkezilen üste deňdir (27-nji b surat).



27-nji surat.

2. Izobarik proses ($p = \text{const}$). Hemişelik basyş şertinde gaza ýylylyk berilýän bolsa, edilen iş $A = p \cdot \Delta V$ bolýar. Onda termodinamikanyň birinji kanunuň aşakdaky ýaly aňladylýar:

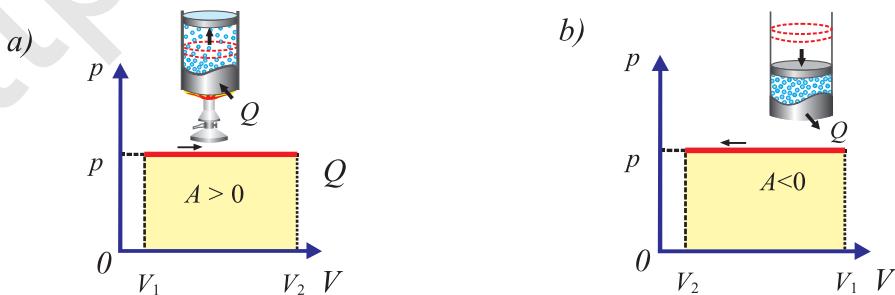
$$Q = \Delta U + p \cdot \Delta V. \quad (3)$$



Izobarik prosesde sistema berlen ýylylyk sistemanyň içki energiyasyny üýtgetmäge we hemişelik basyşda iş etmäge sarp- lanýar.

Eger gaz hemişelik basyşda gyzdyrylýan ($Q > 0$) bolsa, gazyň içki energiyasy artýär ($\Delta U > 0$) we şunuň bilen bir wagtda gaz giňelip, položitel iş ($A > 0$) edýär. Edilen işin mukdary diagrammadaky meýdananaň deň bolýar (28-nji a surat).

Gaz hemişelik basyşda sowadylanda ($Q < 0$) gazyň içki energiyasy kemelýär ($\Delta U < 0$), şunuň bilen bir wagtda otrisatel iş edilýär ($A < 0$). Edilen işin ululygy diagrammada görkezilen meýdana deň bolýar (28-nji b surat).



28-nji surat.

3. Izohorik proses ($V = \text{const}$). Izohorik prosesde gazyň göwrümi hemişelik bolanlygy üçin ($\Delta V = 0$), gaz daşky güýçlere garşı iş etmeýär, ýagny: $A = p \cdot \Delta V = 0$ bolýar. Şeýle ýagdaý üçin termodinamikanyň birinji kanunu aşakdaky ýaly aňladylýar:

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



Izohorik prosesde sistema berlen ýylylygyň hemmesi sistemanyň içki energiýasyny üýtgetmäge sarplanýar.

Gaz gyzdyrylanda içki energiýasy artýar ($\Delta U > 0$), sowadylanda bolsa içki energiýasy kemelyär ($\Delta U < 0$).

Adiabatik proses

Ýokarda garalan izoproseslerde sistemanyň töwerektdäki gurşaw bilen ýylylyk çalyşýardy. Indi töwerektdäki gurşaw bilen ýylylyk çalyşmaýan ($Q = 0$) sistemadaky prosese garap geçýäris.



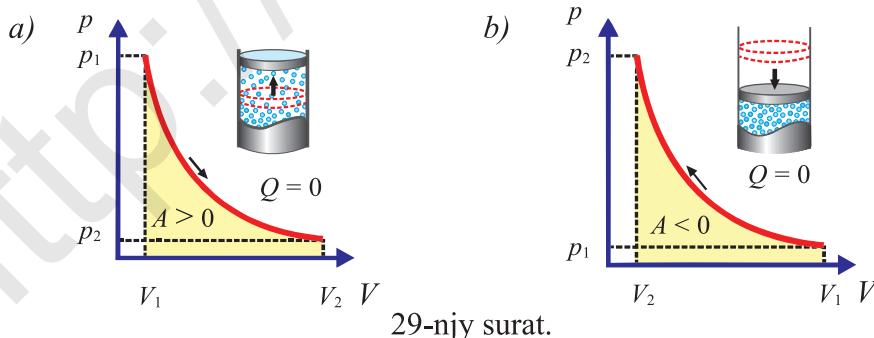
Ýylylyk çalyşmaýan edip izolirlenen sistemadaky prosese *adiabatik proses* diýilýär.

Adiabatik prosesde $Q = 0$ bolany üçin (1)-nji deňlemeden aşakdaky gatnaşygy almak mümkün: $\Delta U + A = 0$ ýa-da

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

Gaz adiabatik giňelende içki energiýasy kemelyär ($\Delta U < 0$). İş gazyň içki energiýasynyň kemelmeginiň hasabyna edilýär ($A > 0$). Gazyň eden işiniň mukdary diagrammadaky meýdana deň bolýar (29-njy a surat).

Daşky güýcleriň täsirinde gaz adiabatik gysylanda içki energiýasy artýar ($\Delta U > 0$) we gazyň üstünde iş edilýär ($A < 0$). Daşky güýç tarapyndan edilen işin ululygy diagrammada görkezilen meýdana deň bolýar (29-njy b surat).



29-njy surat.



Adiabatik prosesde gazyň üç makroskopik parametrleri p, V we T üýtgeýär.

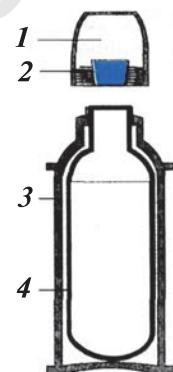
Gazyň daşky gurşaw bilen ýylylyk çalyşmagy üçin mälim wagt gidýär. Eger proses örän tiz bolup geçse (porşeniň kömeginde gaz tiz gysylsa ýa-da tersine, tiz giňeldilse) gaz daşky gurşaw bilen ýylylyk çalşyp ýetişmeýär we proses adiabatik prosese ýakyn bolýar. Gazyň adiabatik giňelmeginde sowamagy ýa-da adiabatik gysylanda gyzmagy durmuşda we teknikada köp bolýar. Atmosferadaky howa ýokary göterilip, giňelyär we sowayár. Howanyň sowamagy netijesinde ondaky suw buglary kondensirlenip, buludy emele getirýär.



1. Termodynamikanyň birinji kanunynyň aňlatmasyny ýazyň we ony düşündiriň.
2. Sistema berlen ýylylyk mukdary izotermik, izobarik we izohorik proseslerde nähili sarplanýar?
3. Adiabatik proses diýip nähili prosese aýdylýar? Şeýle prosese mysallar getiriň.
4. Gaz adiabatik giňelende içki energiyasy nähili üýtgeýär?



Tebigatda ýylylygy umuman geçirmeýän maddalaryň ýoklugy sebäpli, sistemany töwerekträki jisimlerden izolirläp bolmaýar. Yöne adiabatik izolirlenen sistemalara gündelik durmuşda ulanylýan termos mysal bolup biler (30-njy surat). Öyündäki termosyň gurluşy bilen tanyşyp, olary nähili böleklerde bölünýändigini öwreniň. Nâme üçin termosda çay gyzgyn halynda uzak wagt saklanýandygyny düşündiriň.



30-njy surat.

23-§ MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Erkin süýşyän porşenli silindrik gapda bir atomly gaz bar. Gaza ýylylyk mukdary berilmegi netijesinde gaz daşky güýçeriň üstünde 500 J iş etdi. Gaza nähili ýylylyk mukdary berlipdir?

Berlen:
 $p = \text{const}$
 $A = 500 \text{ J.}$

Tapmaly:
 $Q = ?$

Formulası $Q = \Delta U + A$ $A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T.$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{M} \cdot R\Delta T.$$

Hasaplamak $Q = \frac{5}{2} \cdot 500 \text{ J} = 1250 \text{ J.}$
--

Jogaby: $Q = 1250 \text{ J.}$

Onda izobarik prosesde sarplanan ýylylyk mukdary:

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

Ýatlatma: bir atomly gaz izobarik giňelende sistema berlen ýylylyk mukdarynyň 0,4 bölegi daşky güýcleriň üstünden iş etmäge we 0,6 bölegi gazyň içki energiýasynyň üýtgemegine sarplanýar, ýagny: $A = 0,4 \cdot Q$ we $\Delta U = 0,6 \cdot Q$.

2-nji mesele. Metal ballondaky massasy 20 g bolan gelij gazyna 2500 J ýylylyk mukdary berilse, onuň temperaturasy nähili üýtgär?

Berlen:

$$V = \text{const}$$

$$m = 20 \text{ g}$$

$$M = 4 \text{ g/mol}$$

$$Q = 2500 \text{ J.}$$

Tapmaly:

$$\Delta T = ?$$

Cözülişi: izohorik prosesde gaza berlen ýylylyk mukdary gazyň içki energiýasynyň üýtgemegine sarp bolýar. Bu proses üçin termodinamikanyň birinji kanunynyň deňlemesini ýazýarys: $Q = \Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{M} R \Delta T$.

Bu deňlemeden peýdalanylý gazyň temperaturasynyň üýtgeýşini hasaplaýarys:

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

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

Jogaby: $\Delta T = 40 \text{ K.}$

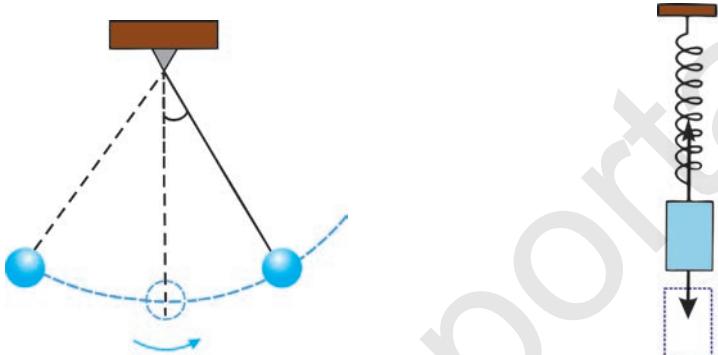


1. Izotermik prosesde gaza 5 kJ ýylylyk berlen bolsa, gazyň üstünde näçe iş edilen bolýar?
2. Izohorik prosesde gaza 2,8 kJ ýylylyk mukdary berilse, gazyň içki energiýasy näçä üýtgär?
3. Gaza 3,5 kJ ýylylyk berlende onuň içki energiýasy 2,1 kJ -a artýar. Gazyň üstünde näçe iş edilipdir?
4. Normal şartde bir atomly gaza ýylylyk berlende, gaz izobarik ýagdaýda $0,05 \text{ m}^3$ giňeldi. Gazyň içki energiýasy nähili üýtgär?
5. Metal ballondaky 25 mol bir atomly ideal gazyň temperaturasyny 20 K -a artdyrmak üçin oňa näçe ýylylyk mukdaryny bermeli?
6. Silindrik gapdaky erkin süýşyän porşeniň astynda bir atomly gaz bar. Gazyň basyşy 10^5 Pa -a deň. Oňa näçe ýylylyk mukdary berilse, göwrümi 2 l-e artar?
7. Ballondaky bir atomly ideal gaza 500 J ýylylyk mukdary berlende, onuň temperaturasy 40 K -a artdy. Ballondaky gazyň mukdary nähili bolupdyr?

24-§. ЫЫЛЫЛЫК ПРОСЕСЛЕРИНИҢ ГАÝДЫМСЫЗЛЫГЫ. ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ ИКИНЖИ КАНУНЫ

Гаýdymly we gaýdymsyz prosesler

Tebigatda islendik proses gaýdymsyz prosesdir. Emma gaýdymly prosese ep-esli ýakyn bolan mehaniki prosesler hem bar. Meselem, izolirlenen sistemada sürtülmе we çeýe däl deformasiýa bolmadык şertde geçýän ähli mehaniki prosesler gaýdymly prosesler bolýar. Şeýle prosese wakuumda asma asylan matematiki maýatnigiň we puržine asylan ýüküň yrgyldysy mysal bolýar (31-nji surat).



31-nji surat.



Sistemada proses ilki bir ugurda, soňra oňa ters bolan ugurda bolup geçip, ol özünüň başlangyç ýagdaýyna gaýdyp gelende daşky gurşawda hiç hili özgeriş bolmasa, şeýle prosese gaýdymly proses diýilýär.

Ýylylyk prosesleri mehaniki proseslerden düýpgöter tapawutlanýar, olaryň ählisi gaýdymsyzdır. Gaýdymsyz proseslere aşakdaky mysallarda garap geçýäris.

1. Gyzdyrylan jisimler öz energiýasynyň bir bölegini töwerekäki sowugrak jisimlere berip ýuwaş-ýuwaşdan sowaýar. Ýöne muňa ters proses, ýagny sowuk jisimden yssy jisime ýylylyk geçiririş prosesi hiç haçan ýüze çykmaýar.

2. Bir-biri bilen kranly turba arkaly utgaşdyrylan gazly we gazsyz gaplaryň arasyndaky krany açsak, gazyň bir bölegi boş gaba geçýär. Netijede iki gapdaky gazyň basyşy deňleşýär. Ýöne näçe wagt geçse-de, gaz öz-özünden öñki halyna gaýtmaýar.

3. Tüpeňden atylan ok böwede urlup, özünü hem, böwedi hem gyzdyryrár. Olaryň içki energiýalary artýar. Ýöne ters proses, ýagny ok we böwediň içki energiýasy öz-özünden okuň mehaniki energiýasyna öwrülip, oky gaýtadan herekete getirmeyär.

Şu mysallardan görnüşi ýaly, tebigatdaky ähli prosesler diňe anyk bir ugurda bolup geçirýändigini aňladýar. Olar öz-özünden ters ugurda ýüze çykmaýan eken.



Sistemada proses bolup geçip, öz halatyndan çykarylanda ol öz-özünden ýa-da daşky gurşawda käbir özgeriş etmän, başlangyç ýagdaýyna gaýtmasa, şeýle prosese gaýdymsyz proses diýilýär.

Termodinamikanyň ikinji kanuny

Nemes almy R. Klauzius gaýdymsyz prosesler baradaky düşunjeleri umumalaşdyryp termodinamikanyň ikinji kanunyny aşakdaky ýaly kesgitläpdir.



Eger sowugrak sistema bilen yssyrak sistemanyň ikisinde ýa-da töwerekträki jisimlerde käbir özgeriş bolmasa, sowugrak sistemadan yssyrak sistema ýylylyk geçirip bolmaýar.

Termodinamikanyň ikinji kanunynyň möhümligi şundan ybarat bolup, bu kanun diňe ýylylyk geçirip prosesiniň gaýdymsyz prosesdigi barada däl, eýsem tebigatdaky başga prosesleriň hem gaýdymsyz prosesdigi barada netije çykarmak mümkün. Meselem, adam organizminiň garrama prosesini tersine öwürmek mümkün däl.



1. Gaýdymly we gaýdymsyz prosesleri kesgitläp, ýylylyk prosesleriniň mehaniki proseslerden tapawudyny düşündiriň.
2. Gaýdymsyz ýylylyk proseslerine mysallar getiriň.
3. Gaýdymsyz prosesler üçin termodinamikanyň ikinji kanunynyň kesgitlemesini aýdyň.

25-§. LABORATORIÝA IŞI. DÜRLİ TEMPERATURALY SUW GARYLANDA ÝYLYLYK MUKDARLARYNY DEÑEŞDIRMEK

Işin maksady: ýylylyk çalyşýan suwuklyklaryň arasynda ýylylyk balansynyň deňlemesini barlap görmek.

Gerekli enjamlar: 1 l sygymly iki gap, termometr, menzurka, yssy we sowuk suw.

Işin ýerine yetiriliş tertibi

1. Menzurkanyň kömeginde m_1 massaly yssy suwy ölçüp, birinji gaba guýuň we onuň temperaturasy t_1 -i ölçän.
2. Menzurkanyň kömeginde m_2 massaly sowuk suwy ölçüp ikinji gaba guýuň we onuň temperaturasy t_2 -ni ölçän.

3. Ikinji gapdaky sowuk suwy birinji gapdaky yssy suwuň üstüne guýuň we garyndynyň deňagramlylaşan temperaturasy t -ni ölçän.

4. Garyndyda yssy suwuň beren ýylylyk mukdaryny $Q_1 = cm_1(t_1 - t)$ formulanyň kömeginde hasaplaň. Bu ýerde c suwuň udel ýylylyk sygymy.

5. Garyndyda sowuk suwuň alan ýylylyk mukdaryny $Q_2=cm_2(t - t_2)$ formulanyň kömeginde hasaplaň.

6. Garyşdyrylan yssy we sowuk suwuň massalaryny üýtgedip, 1 we 5-nji bentlere laýyk işi üç gezek gaýtalaň.

7. Ölçeg we hasaplama netijelerini aşakdaky jedwele ýazyň.

1. Ölçeg we hasaplama netijeleri esasynda alnan Q_1 we Q_2 ýylylyk mukdaralarynyň bahalaryny deňeşdiriň. Nämé üçin $Q_1 = Q_2$ şert ýérine ýe-
tirilmeli?

2. Ýylylyk mukdary formulasynda nämé sebäpden absolýut temperaturalaryň tapawudynyň ýerine Selsiý şkalasy boýunça ölçenen temperaturalaryň tapawudyny ullanmak mümkün?

II BABY GAÝTALAMAK ÜCIN TEST ÝUMUSLARY

1. Mukdary 4 mol argon gazy 30°C -dan -70°C çenli sowadylanda, onuň iċči energiýasy nähili ütgär?

- A) 5 kJ -a kemelyär;
B) 2,5 kJ -a kemelyär;
C) 1,5 esse kemelýär;
D) 3 esse kemelýär.

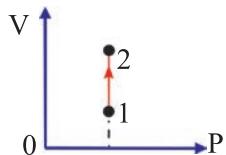
2. Bir atomly ideal gazyň görüsü 2 m^3 we içki enerjýasy 3000 J bolsa, onuň basyşy nämä deň (Pa)?

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

3. Temperaturasy 30 °C we içki enerjýasy 3030 J bolan gelíy gazynyň massasyny anyklaň (g).

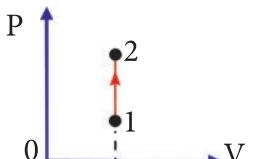
- A) 2,2; B) 3,2; C) 10; D) 4,8.

4. Grafikde şekillendirilen prosesde ideal gazyň içki enerjýasy nähili üýtgär?



- A) kemelýär;
 - B) artýar;
 - C) üýtgemeýär;
 - D) ilki artýar, soň kemelýär.

5. Ideal gaz 1-nji halyndan 2-nji halyna geçende onuň içki energiýasy nähili üýtgär?



- A) üýtgemeýär;
 - B) kemelýär;
 - C) artýar;
 - D) ilki kemelýär, soňra artyár.

6. Bir atomly gazyň basyşy 25 % -e kemelip, göwrümi 60 %-e artsa, onuň içki energiyasy nähili üýtgär?

- A) 1,4 esse kemelyär; B) 1,2 esse artýar;
C) 1,8 esse artýar; D) 1,6 esse kemelyär.

7. Maddanyň ýylylyk sygymy aşakdaky parametrleriň haýsysyna bagly?

- A) ýylylyk mukdaryna;
B) maddanyň massasyna;
C) başlangыç temperatura;
D) maddanyň görünüshe.

8. Temperaturasy 10 °C bolan 1 kg suwa 200 g gyzgyn suw goşup garyldy. Garyndynyň temperaturasyny tapyň (°C).

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

9. Massasy 8 kg we 90°C temperatura eýe bolan suwa 20°C temperaturadaky suwdan näçe goşanda, garyndynyň temperatursasy 30°C -a deň bolar?

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

10. Suw 210 m beýiklikden düşende edilen işiň 70 % onuň temperaturasyny näçä göterer (K)?

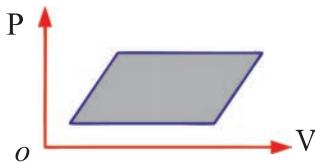
11. Haýsy prosesde gaz iş etmeyär?

- A) izohorik; B) izobarik; C) izotermik; D) adiabatik.

12. Şu $p \cdot \Delta V$ köpeltmek hasylynyň ölçeg birligini görkeziň.

- A) Jou; B) Paskal; C) litr; D) mol.

13. Suratdaky boýalan meýdanyň fiziki manpsy nämeden ybarat bolýar?



- A) edilen işe deň;
- B) temperaturanyň üýtgeýşine deň;
- C) basyşyň ýütgeýşine deň;
- D) fiziki manpsy ýok.

14. 10^5 Pa basyş astynda duran ideal gazyň göwrümi izobarik ýagdaýda 300-den 500 cm^3 çenli artdy. Bu ýerde gaz näçe Joul iş edipdir?

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

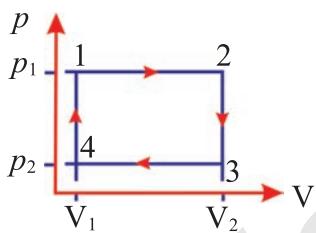
15. Kislorod gazy 14 K -a izobarik gyzdyrylanda, 8310 J iş edildi. Kislorodyň massasyny anyklaň (kg).

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

16. 5 mol gaz izobarik ýagdaýda 20 K -a gyzdyrylanda edilen işi tapyň.

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

17. Ideal gazyň suratda görkezilen sikli geçende eden işini hasaplap tapyň.



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

18. Ideal gaz izobarik gyzdyrylanda, onuň göwrümi 40 %-e artsa, gaz daşky güýcleriň üstünden nähili iş edýär?

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

19. Termodinamikanyň birinji kanuny nämäni häsiýetlendirýär?

- A) mehaniki energiýanyň saklanmagyny;
- B) elastik deformasiýanyň energiýasyny;
- C) ýylylyk deňagramlylgyny;
- D) energiýanyň saklanma kanunyny.

20. Gazyň izotermik giňelmeginde onuň içki energiýasy nähili üýtgeýär?

- A) artýar;
- B) kemelýär;
- C) üýtgemeýär;
- D) içki energiýa islendik bolmagy mümkün.

21. Termodinamikanyň birinji kanuny adiabatik proses üçin nähili görnüşde ýazylýar? Jogaplardan dogrusyny saýlaň.

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

22. Eger erkin süýşüp bilýän porşenli dik duran silindrik gapdaky bir atomly gaza 375 J ýylylyk mukdary geçirilse, näçe iş ediler (J)?

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

23. Eger erkin süýşüp bilýän porşenli dik duran silindrik gapdaky bir atomly gaza 750 J ýylylyk mukdary geçirilse, gazyň içki energiýasy näçe artar (J)?

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

24. Silindrik gapdaky erkin süýşyän porşeniň astynda bir atomly gaz bar. Gazyň basyşy $1,5 \cdot 10^5$ Pa -a deň. Oňa näçe ýylylyk mukdary berilse, göwrümi $2 l$ -e artar (J)?

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

25. Berlen jümläniň mazmunyna degişlilikde sözlemi dowam etdiriň: Adiabatik prosesde ...

- A) V, T we p üýtgeýär we daşky gurşaw bilen ýylylyk çalşyş bolmaýar;
B) V we T üýtgeýär, p üýtgemeýär;
C) p we T üýtgeýär, V üýtgemeýär;
D) p we V üýtgeýär, T üýtgemeýär.

26. Ideal gazy adiabatik gysanda 50 MJ iş edildi. Bu ýerde gazyň içki energiýasy nähili üýtgär?

- A) nola deň bolýar; B) 50 MJ -a artýar;
C) 50 MJ -a kemelýär; D) 25 MJ -a artýar.

27. Bir atomly gaza ýylylyk berlende, gaz izobarik ýagdaýda $0,05 \text{ m}^3$ giňeldi. Eger gazyň basyşy 10^5 Pa bolsa, gazyň içki energiýasy näçe kJ artpdyr?

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

28. Massasy 580 g bolan howany 40 K -a izobarik gyzdyranda näçe iş edilýär (J)? Howanyň molýar massasy 29 g/mol-a deň.

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

29. Massasy 100 g bolan geliýniň temperaturasy 8 K ga artanda, onuň içki energiýasy näçä üýtgär (J)?

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

II BAP BOÝUNÇA MÖHÜM NETİJELER

Içki energiýa	Jisimi düzýän ähli bölejikleriň kinetik energiýalary bilen ähli molekulalaryň özara täsiri potensial energiýalaryň jemi şu jisimiň içki energiýasyna deňdir, ýagny: $U = E_k + E_p$
Ideal gazyň içki energiýasy	Bir atomly ideal gazyň içki energiýasy $U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} pV$
Termodinamik iş	Gazyň göwrümi üýtgänge, ol daşky basyş güýjüne garşıy iş edýär. Bu iş termodinamik iş diýlip atlandyrlyýär. Izobarik prosesde edilen iş aşağıdakýy aňlatma görä hasaplanýar: $A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T$
Uniwersal gaz hemişeligi	Uniwersal gaz hemişeligi san taýdan bir mol gazy bir kelwine izobarik gyzdyrylonda şu gaz tarapyndan edilen işe deň.
Ýylylyk çalyşygy ýa-da ýylylyk geçirisi	Bir jisimden ikinji jisime iş etmezden energiýa geçirisi prosesine ýylylyk çalyşygy ýa-da ýylylyk geçirisi diýilýär.
Ýylylyk mukdary	Ýylylyk geçirisi wagtynda jisim alan ýa-da ýitiren içki energiýanyň mukdaryny kesgitleýän fiziki ululyga ýylylyk mukdary diýilýär.
Jisimiň alan ýa-da ýitiren ýylylyk mukdaryny hasaplamak	Ýylylyk geçirisi prosesinde jisimiň temperaturasy t_1 bahasyndan t_2 bahasyna üýtgän bolsa, jisimiň alan ýa-da ýitiren ýylylyk mukdary: $Q = mc(t_2 - t_1)$
1 kaloriýa (1kal)	1 gram distillirlenen suwy 1°C çenli gyzdyrmak üçin gerek bolan ýylylyk mukdaryny 1 kaloriýa diýip atlandyrmak kabul edilen.

Maddanyň udel ýylylyk sygymy	Massasy 1kg bolan maddanyň temperatursyny 1°C -a üýtgetmek üçin gerek bolan ýylylyk mukdaryny häsiýetlendirýän fiziki ululyga maddanyň udel ýylylyk sygymy diýilýär.
Ýylylyk balansynyň deňlemesi	<p>Ýylylyk çalşygy netijesinde içki energiyalary kemelen jisimleriň geçiren ýylylyk mukdaralarynyň jemi, içki energiyalary artan jisimleriň kabul eden ýylylyk mukdaralarynyň jemine deň, ýagny</p> $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q'_1 + Q'_2 + \dots + Q'_n$ <p>bu ýerde Q_1, Q_2, \dots, Q_n -yssyrak jisimleriň beren ýylylyk mukdaralary, Q'_1, Q'_2, \dots, Q'_n bolsa sowugrak jisimleriň alan ýylylyk mukdaralary.</p>
Udel ýanma ýylylygy	1 kg ýangyç doly ýananda ondan bölünip çykýan ýylylyk mukdaryna ýangyjyň udel ýanma ýylylygy diýilýär. Ýangyjyň udel ýanma ýylylygy q harpy bilen belgilenýär.
Ýangyç ýananda bölünip çykan ýylylyk mukdary	Massasy m bolan islendik ýangyç ýananda bölünip çykan Q ýylylyk mukdaryny hasaplamak üçin onuň q udel ýanma ýylylygyny doly ýanan ýangyjyň massasyna köpeltemeli, ýagny: $Q = q \cdot m$
Termodinamikanyň birinji kanunu	Sistema berlen ýylylyk mukdary sistemanyň içki energiyasynyň üýtgetmäge we sistemanyň daşky güýçlere garşy iş etmegine sarplanýar, ýagny: $Q = \Delta U + A$
Izotermik proses üçin termodinamikanyň birinji kanunu	<p>Izotermik proses ($T = \text{const}$). Ideal gazyň temperatursasy hemişelik, içki energiyasy hem üýtgemeýär we $\Delta U = 0$ bolýar. Şeýle ýagdaý üçin termodinamikanyň birinji kanunu aşakdaky ýaly aňladylýar: $Q = A$.</p> <p>Izotermik prosesde ideal gaza berlen ýylylyk iş etmäge sarplanýar. Izotermik prosesde gaz ýylylyk alýan ($Q > 0$) bolsa, gaz ΔV göwrüme giňelýär we položitel iş ($A > 0$) edýär.</p>

Izobarik proses üçin termodinamikanyň birinji kanuny	Gaz izobarik giňelende gazyň daşky güýçler üstünden edilen iş $A = p \cdot \Delta V$ bolýar. Izobarik proses üçin termodinamikanyň birinji kanuny aşakdaky ýaly aňladylýar: $Q = \Delta U + p \cdot \Delta V$. Izobarik prosesde sistema berlen ýylylyk mukdary sistemanyň içki energiýasyny üýtgemegine we hemişelik basyşda iş etmäge sarplanýar.
Izohorik proses üçin termodinamikanyň birinji kanuny	Izohorik ($\Delta V = 0$) prosesde $A = p \cdot \Delta V = 0$ bolýar, ýagny iş edilmeýär. Şeýle ýagdaý üçin termodinamikanyň birinji kanuny aşakdaky ýaly aňladylýar: $Q = \Delta U$. Izohorik prosesde sistema berlen ýylylygyň hemmesi sistemanyň içki energiýasynyň üýtgetmäge sarplanýar.
Adiabatik proses	Ýylylyk çalşylmaýan edip izolirlenen sistemadaky prosese adiabatik proses diýilýär. Adiabatik prosesde $Q = 0$. Gaz adiabatik giňelende (ýa-da gysylanda) gazyň üç makroskopik parametrleri p, V we T üýtgeýär.
Gazyň adiabatik giňelişi	Gaz adiabatik giňelende položitel iş edýär, ýagny gaz daşky güýçleriň üstünden iş edýär. Emma gaz adiabatik giňelende onuň içki energiýasy we basyşy kemelyär.
Gazyň adiabatik gysylmagy	Gaz adiabatik gysylanda otrisatel iş edýär, ýagny gazyň üstünden daşky güýçler iş edýär. Gaz adiabatik gysylanda onuň içki energiýasy we basyşy artýar.
Gaýdymly proses	Sistemada proses ilki bir ugurda, soňra oňa ters bolan ugurda bolup geçip, ol özünüň başlangyç ýagdaýyna gaýdyp gelende daşky gurşawda hiç hili özgeriş bolmasa, şeýle prosese gaýdymly proses diýilýär.
Gaýdymsız proses	Sistemada proses bolup geçip, öz ýagdaýyndan çykarylanda ol öz-özünden ýa-da daşky gurşawda käbir özgeriş etmezden, başlangyç ýagdaýyna gaýtsa, şeýle prosese gaýdymsız proses diýilýär.
Termodinamikanyň ikinji kanuny	Eger sowugrak sistema bilen yssyrak sistemanyň ikisinde ýa-da töwerekdäki jisimlerde käbir özgeriş bolmasa, sowugrak sistemadan yssyrak sistema ýylylyk geçirip bolmaýar.

III BAP ÝYLYLYK DWIGATELLERI

26-§. İÇİNDEN OT ALÝAN DWIGATELLER

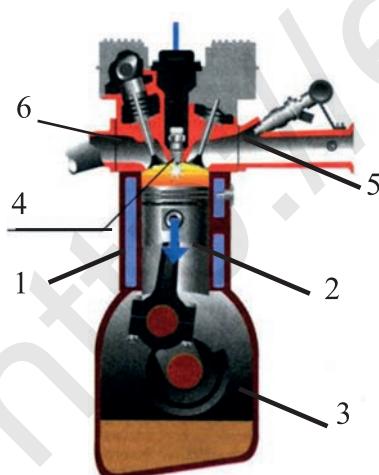
Senagatda we durmuşda ulanylýan dwigatelleriň aglabasy ýylylyk dwigatelleridir. Ýylylyk dwigatelleriniň birnäçe görnüşleri bar: içinden ot alýan dwigatel, dizel dwigatel we reaktiw dwigateller.



Ýylylyk dwigateli diýip, ýylylyk energiýasyny mehaniki energiýa öwrüp beryän gurluşa aýdylýar.

Içinden ot alýan dwigatel

Iň köp ýaýran ýylylyk dwigateli **içinden ot alýan dwigateldir**. Bu dwigatellede ýangyç dwigateliň silindriniň içinde ýanýar. Şu sebäpli, ol içinden ot alýan dwigatel ady bilen atlandyrylýar. İçinden ot alýan dwigateller suwuk ýangyç (benzin, kerosin) ýa-da ýanyjy gaz (metan, propan, oktan) bilen işleýär. 32-nji suratda iň ýonekeý (bir silindrli) içinden ot alýan dwigateliň kesigi görkezilen.



32 -nji surat.

Dwigateliň silindriniň (1) içindäki porşen (2) ýokary we pese hereketlenýär. Porşen tirsekkili wala (3) şatun (4) arkaly berkidilen. Silindrň üstki böleginde ýangyjy ot aldyryan sveça (5) oturduylan. Porşen ýokary göterilen ýagdaýynda klapan (6) açylyp silindrň içine ýanyjy garyndy (benzin we howa) sorulýar we sveça ýanyjy garyndyny şobada ýandyrýar. Porşeniň üstünde ýangyç ýanansoň silindrň içindäki howa $1600 - 1800^{\circ}\text{C}$ temperatura çenli ýokarlanýar. Netijede porşeniň üstündäki basyş ýiti artýar. Gaz giňelip porşen pese sürülyär, bu ýerde giňelen gaz mehaniki iş edýär we klapan (7) açylyp işlenip bolan gaz daşary çykarylýar. Şeýle dwigatel üzňüsiz işläp durmagy üçin, dwigateliň silindrinde ýanyjy garyndynyň döwürleýin ýagdaýda ýanmagyny üpjün etmeli. Ýurdumyzda öndürlilýän

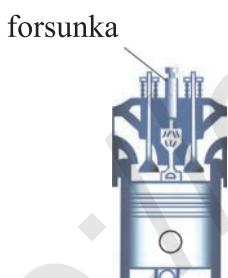
NEXIA, GENTRA, MATIZ ýeňil awtomobilлere inžektorly içinden ot alýan dwigateller ornaşdyrylan (33 -nji surat).



33 -nji surat.

Dizel dwigateli

Içinden ot alýan dwigatele beýlekilerden peýdaly täsir koeffisiýenti ýokary bolan dwigateli 1893-nji ýylda nemes inženeri **Rudolf Dizel** döretti. Şu sebäpli şeýle görnüşdäki dwigatel dizel dwigateli diýip atlandyrylýar. Dizel dwigateline ÿangyjy ot aldyryan sweça bolmaýar. Porşeniň üstündäki howany gysyş derejesi inžektorly (karbúrator) dwigatelleriňkä garanda ýokary bolýar. Silindriň içindäki gazyň örän tiz gysylmagy netijesinde gazyň temperaturasy ýiti artyp gidýär. Şu pursatda silindriň içine mahsus forsunka suwuk ýangyjy pürkýär (34-nji surat). Netijede ýangyç ýalynlanyp gidýär. Ýurdumyzda öndürilýän MAN agyr ýük maşynalaryna we mikroawtobuslara dizel dwigatelleri goýlan (35-nji surat).



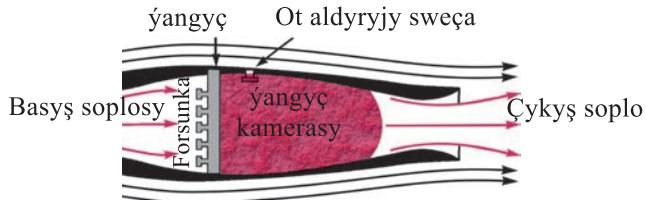
34-nji surat.



35-nji surat.

Reaktiw dwigateller

Reaktiw samolót we kosmiki raketalar reaktiw dwigateliň kömeginde hereketlenýär. Reaktiw dwigateller aşakdaky esasy böleklerden ybarat: ýangyç baky, ýangyç ýanýan kamera, ýangyjy kamera ýetirip berýän we ýangyç ýananda emele gelen gazy daşary çykarýan (soplo) bölekden ybarat. 36-nji suratda reaktiw dwigateliň shematik görnüşi getirilen.



36-njy surat.

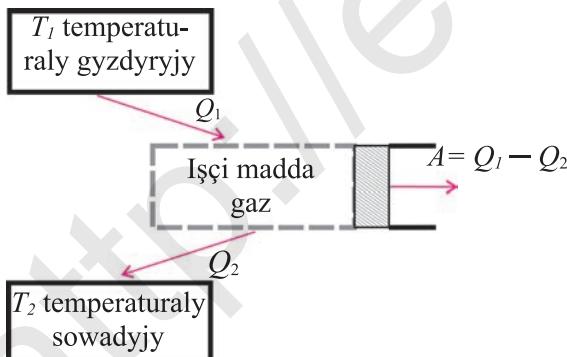
Kosmos gämileriniň reaktiw dwigateliň ýangyjy hem, işçi maddasy hem özünde bolýar. Şu sebäpli, onuň işleýishi töwerektdäki gurşawa bagly bolmaýar.

1. İçinden ot alýan dwigateliň işleýiş prinsipini düşündiriň.
2. Dizel dwigateliň işleýiş prinsipi inžektorly dwigateliňkiden nähili tapawutlanýar?
3. Reaktiw dwigateliň işleýiş prinsipini düşündiriň.



27-§. ÝYLYLYK DWIGATELLERINIŇ İŞLEÝİŞ PRINSIPI

Ýylylyk dwigatelleriniň ählisinde işçi jisim (iş edýän jisim) gaz bolup, ol giňelende iş edilýär. Islendik ýylylyk dwigateli Q_1 ýylylyk mukdaryny berýän T_1 temperaturaly gyzdyryjy, Q_2 ýylylyk mukdaryny alýan T_2 temperaturaly sowadyjy we mehaniki iş edýän işçi maddadan (gazdan) düzülen (37-nji surat).

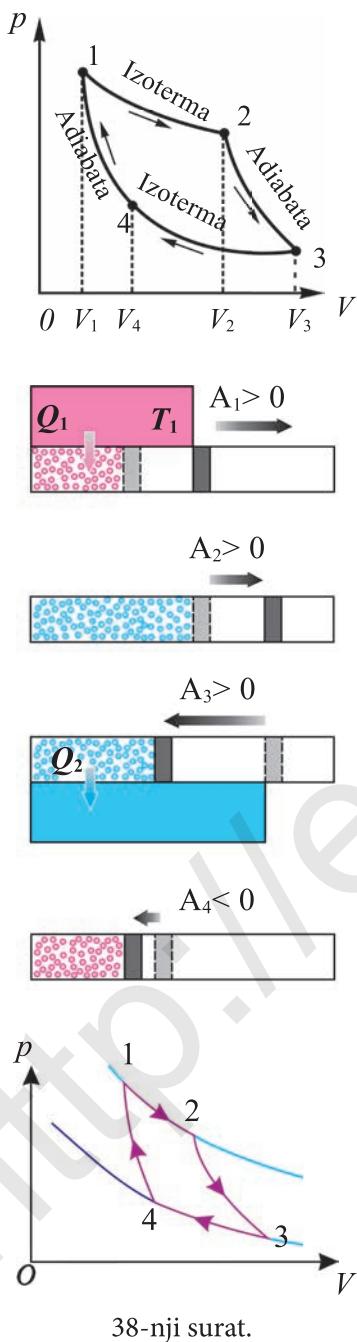


37-nji surat

Ýylylyk dwigateliň işleýiş prinsipi aşakdaky ýaly:

1. Islendik ýylylyk dwigatellinde ýangyjyň içki energiyasy mehaniki energiya öwrülýär.
2. Ýylylyk dwigatelleriniň işlemegi üçin dürli temperaturaly gyzdyryjy we sowadyjy bolmalydyr.
3. Islendik ýylylyk dwigateliň işlemegi işçi jisimiň (meselem, gaz) ýagdaýynyň özgerişiniň gaýtalanýan siklerrinden ybarat bolýar.

Birinji bolup fransuz inženeri Sadi Carnot tarapyndan dört sikli ideal ýylylyk dwigateliniň işleýiň prinsipi düşündirip berildi. Bu ideal ýylylyk dwigateliniň işleýiň sikli iki izotermadan we iki adiabatadan ybarat (38-nji surat).



1-nji ýagdaýda duran işçi jisimiň (gazyň) başlangyç temperaturany T_1 diýip belgiläliň. 1-nji ýagdaýda duran gaz T_1 temperaturada izotermik giňelip, 2-nji ýagdaýyna geçýär. Bu wagtda gaz gyzdyryjydan Q_1 -e deň ýylylyk mukdaryny alyp daşky güýje garşy A_1 iş edýär.

2-nji ýagdaýyna geçenden soň gaz gyzdyryjy bilen kontaktdan aýrylýar. Netijede gazyň adiabatik giňelmegine mümkinçilik emele gelýär we işçi madda 3-nji ýagdaýyna geçýär. Bu ýerde gaz özünüň içki energiyasyň hasabyna daşky güýçlere garşy A_2 iş edýär. İş edilende gazyň içki energiyasy kemelyär, netijede onuň temperaturasy T_1 -den T_2 temperatura çenli peselýär. Emma bu temperatura daşky gurşawyň temperatursyndan ep-esli ýokary bolýar.

Gaz 3-nji ýagdaýyna geçenden soň onuň temperaturasy T_2 bolan sowadyjy bilen kontakta gelýär. Bu halyndan gazy daşky güýçlere garşy 4-nji ýagdaýyna geçiş prosesinde izotermik gysylýar. Bu ýerde daşky güýçler gazy gysyp A_3 iş edýär. Şonuň ýaly-da, işçi madda sowadyja Q_2 ýylylyk berýär.

Gaz 4-nji ýagdaýyna ýetenden soň işçi madda sowadyjydan aýrylýar we 1-nji ýagdaýyna adiabatik geçýär. Bu ýerde gaz adiabatik gysylýp onuň üstünden daşky güýçler ýene A_4 iş edýär. Şonuň ýaly-da, gazyň temperaturasy T_2 -den T_1 çenli ýokarlanýar.

Karnonyň sikli boýunça işleyän ýylylyk dwigateliniň eden peýdaly işi $A_{peý} = Q_1 - Q_2$ aňlatma arkaly anyklanýar. Bu ýerde Q_1 – gyzdyryjydan alınan ýylylyk mukdary, Q_2 – sowadyja berlen ýylylyk mukdary.

Ýylylyk dwigateliniň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK)

Ýylylyk dwigateliň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK) diýip, dwigatel eden $A_{peý}$ işiň gyzdyryjydan alınan Q_1 ýylylyk mukdaryna gatnaşygyna aýdylýar, ýag-ny:

$$\eta = \frac{A_{föy}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{ýa-da} \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

Ähli dwigatellerde mälim mukdar ýylylyk sowadyja berleni üçin hemme ýagdaýlarda PTK $\eta < 1$ bolýar. Häzirki ýylylyk maşynlarynda PTK-niň (göterimlerde alnandaky) ortaça bahasy dizel dwigatellerinde ~ 40%, karbýuratlyr dwigatelleriň peýdaly täsir koeffisiýenti 25–30 % -i düzýär.

Termodinamikanyň kanunlary gyzdyryjynyň temperaturasy T_1 we sowadyjynyň temperaturasy T_2 bolan ýylylyk dwigateliň gazanmak mümkün bolan iň uly PTK-ni hasaplamaga mümkünçilik berýär. Muny birinji bolup fransuz inženeri we alymy **Sadi Carnot** hasaplap tapdy. Ideal ýylylyk maşyny üçin PTK-niň bahasyny aşakdaky aňlatma esasynda anyklanýar, ýagny:

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

Diýmek, ideal ýylylyk maşynlarynyň PTK diňe gyzdyryjy we sowadyjy temperaturalarynyň tapawudyna göni proporsional eken. Ýylylyk maşyny PTK-ni artdyrmak üçin gyzdyryjynyň temperaturasyny ýokarlandyrıp, sowadyjynyň temperaturasyny peseltmeli bolýar. Eger gyzdyryjynyň we sowadyjynyň temperaturalarynyň tapawudy $T_1 - T_2 = 0$ bolsa, dwigatel iş edip bilmeýär.

1. Ýylylyk dwigatelinde gyzdyryjynyň, sowadyjynyň we işçi jisimiň ähmiýeti nähili?
2. Karnonyň sikli nähili proseslerden ybarat?
3. Karnonyň sikliniň işleýiň prinsipini düşündiriň.
4. Ýylylyk maşynlarynyň eden peýdaly işi nähili anyklanýar?
5. Dwigateliň peýdaly täsir koeffisiýenti nähili hasaplanýar?

Ýurdumyzda iş alyp barýan
“GENERAL MOTORS” kompaniýasy
tarapyndan öndürilen içinden ot alýan
dwigateliň daşky görnüşi.



28-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Ýylylyk maşyny bir sıklde 600 J iş edýär we bu ýerde ol sowadyja 600 J ýylylyk berýär. Ýylylyk maşynynyň PTK-ni tapyň.

Berlen:

$$A = 600 \text{ J}$$

$$Q_2 = 600 \text{ J}$$

Tapmaly:

$$\eta = ?$$

Çözülişi: Karnonyň sikli boýunça işleyän ýylylyk dwigateliniň eden peýdaly işi $A=Q_1-Q_2$ aňlatma arkaly anyklanýar. Şonuň ýaly-da, ýylylyk dwigateliniň PTK, dwigatel edýän A işiň gyzdyryjydan alınan Q_1 ýylylyk mukdaryna gatnaşygy bilen anyklanýar, ýagny: $\eta = \frac{A}{Q_1}$.

$$\text{Bu ýerden } \eta = \frac{A}{A+Q_2} \cdot 100 \% = \frac{600 \text{ J}}{600 \text{ J} + 600 \text{ J}} \cdot 100 \% = 50 \text{ \%}.$$

Jogaby: $\eta = 50 \text{ \%}$.

2-nji mesele. Karnonyň siklinde işleyän bug turbinasyna temperaturasy $480 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bolan bug girip, ondan $130 \text{ }^{\circ}\text{C}$ temperaturada çyksa, trubinanyň PTK-ni anyklaň.

Berlen:

$$t_1 = 480 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$T_1 = t_1 + 273 \text{ K} = 753 \text{ K}$$

$$t_2 = 130 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$T_2 = t_2 + 273 \text{ K} = 403 \text{ K}$$

Tapmaly:

$$\eta = ?$$

Çözülişi: gyzdyryjynyň temperaturasy T_1 we sowadyjynyň temperaturasy T_2 bolan ýylylyk dwigateliniň PTK-ni

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100 \% \text{ aňlatma arkaly hasaplaýarys.}$$

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

3-nji mesele. Ýylylyk maşynyndan gyzdyryjynyň temperaturasy $237 \text{ }^{\circ}\text{C}$, sowadyjynyňky $67 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Eger bir sıklde gyzdyryjydan 1800 J ýylylyk mukdary alynsa, maşyn bir sıklde näçe iş eder?

Berlen:

$$t_1 = 237 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$T_1 = t_1 + 273 \text{ K} = 510 \text{ K}$$

$$t_2 = 67 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$T_2 = t_2 + 273 \text{ K} = 340 \text{ K}$$

$$Q_1 = 1800 \text{ J}$$

Tapmaly: $A = ?$

Çözülişi: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (1) \quad \eta = \frac{A}{Q_1} \cdot (2)$

(1) we (2) aňlatmany deňleşdirýäris.

Bu gatnaşyklardan dwigateliň eden işi: $A = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot Q_1$
 $A = \frac{510 \text{ K} - 340 \text{ K}}{510 \text{ K}} \cdot 1800 \text{ J} = 600 \text{ J}.$

Jogaby: $A = 600 \text{ J}.$

**M
18**

1. İşçi jisim (gaz) gyzdyryjydan 840 J ýylylyk aldy. Eger ýylylyk dwigateli PTK 30 % bolsa, gaz näçe iş eder?
2. Gyzdyryjynyň temperaturasy 477 °C, sowadyjynyňky 27 °C bolan ýylylyk maşynynyň maksimal PTK-ni hasaplaň.
3. Ideal ýylylyk dwigateliniň PTK 62,5 % bolmagy üçin onuň gyzdyryjydaky temperaturasy nähili bolmaly? Sowadyjynyň temperaturasy 300 K-a deň.
4. Eger gyzdyryjynyň temperaturasy 127 °C, sowadyjynyň temperaturasy 7 °C bolan ideal ýylylyk maşyny bir sıklde gyzdyryjydan 1300 J ýylylyk alsa, edilýän peýdaly iş nämä deň?
5. Peýdaly täsir koeffisiýenti 40 % bolan ýylylyk maşyny bir sıklde sowadyja 63 kJ ýylylyk berýär. Maşyn bir sıklde näçe iş eder?
6. Ideal ýylylyk dwigateline sowadyjynyň temperaturasy 62 °C, ýylylyk dwigateliniň PTK 50 % bolsa, gyzdyryjy bilen sowadyjy temperaturalary arasyndaky tapawut nähili?
- 7*. Karnonyň siklinde işleyän ideal maşynda gyzdyryjy we sowadyjy temperaturalarynyň gatnaşygy 5-e deň. Eger bir sıklde sowadyja 180 kJ ýylylyk berlen bolsa, gyzdyryjydan alnan ýylylyk mukdaryny anyklaň.
- 8*. Ideal ýylylyk dwigateliň gyzdyryjysynyň temperaturasy 327 °C bolup sowadyjynyň temperaturasy 127 °C -a deň. Şu ideal maşynyň PTK-ni iki esse artdymak üçin gyzdyryjynyň temperurasyny näçe artdymaly bolýär?

29-§. ÝYLYLYK MAŞYNLARY WE TEBIGATY GORAMAK

Adamzadyň bu günü durmuşyny ýylylyk maşynlarysyz göz öňüne getirip bolmaýar. Dürli kysymly ýeňil maşynlar, awtobuslar, suwda ýüzýän gämiler, otlular, samolýotlar we başga transportlar ýylylyk dwigatelleriniň kömeginde hereketlenýär.

Ýylylyk maşynlary ýangyjyň ýanmagynyň hasabyna herekete gelýär. Olarda ýangyç hökmünde benzin, kerosin, suýuk edilen propan we metan gazyndan peýdalanylýär. Uçýan samolýoty, ýerinde ýöräp duran maşyny üns bilen synlasak, olaryň dwigatelinden tüsse görnüşdäki gazlaryň bölünip çykýandygyny görýär. İçinden ot alýan dwigatelde ýangyç ýananda, onuň bir bölegi daşary tüsse bolup çykyp gidýär. Bu gazlaryň esasy bölegi adam organizmi we ene tebigatymyz üçin zyýanlydyr. Bu ýerden daşary bu günü günde Ýer yüzündäki dwigateller sarp edýän kuwwat 10^{10} kW -a ýetdi. Ýylylyk dwigatelleri sarp edýän kuwwat $3 \cdot 10^{12}$ kW-a ýetende Ýer şaryndaky temperatura takmynan bir gradusa ýokarlanýär. Bu bolsa ullakan buzulkalaryň eremegine we dünýä okeanynyň suwunyň derejesiniň ýokarlanmagyna getirýär. Netijede bu deňzleriň we okeanlaryň boýlarynda ýerleşýän şäherleriň we obalaryň, hasylly ýer meýdanlarynyň suw astynda galmak howpuny döredýär.

Ýer ýüzünde ýylylyk dwigatelleriniň sany ýyldan-ýyla çalt depginderde köpelip barýar. Olarda her ýylда ortaça 2 milliard tonna kömür we 1 milliard tonna nebit önumleri ýakylýar. Olaryň ulanylmagy netijesinde atmosfera örän uly mukdardaky kömürturşy gazy goşulýar. Ýylylyk dwigatellerinden çykýan gazlary doly arassalamak hazırlıkçe örän kyn. Alymlaryň pikirine görä, her ýylда daşky gurşawda takmynan 120 million tonna kül, 60 million tonna zyýanly gazlar ýaýraýar. Ýylylyk dwigatelleriniň ýyldan-ýyla barha köpelmegi, jemgyyetiň öñünde tebigaty goramak ýaly uly meseläni ýüze çykarýar.

Ýurdumyz üçin örän zerur bolan elektrik energiýasynyň uly bölegi ýangyjyň hasabyna alynýar. Ýylylyk beriji stansiýalar hem ýangyçsyz işläp bilmeýär. Bu stansiýalarda her gün tonnalap ýangyç ýanyp, bu ýerden zyýanly gaz töweregimize ýaýraýar. Ýer şarynda ekologik mesele ýüze çykyp duran bir wagtda, biziň döwletimiz hem şeýle meselelere biperwaý garap duran däldir. Respublikamyzda şeýle meseläni çözmegiň ýeke-täk dogry ýoly gün energiýasyndan peýdalanylышыдyr. Ýurdumyzda güneşli günlerimiz käbir ýurtlara garanda ep-esli köp. Obalarda gurulýan döwrebap öýleriň üstüne gün batareýalary ornaşdyrylyp, olardan peýdalanylýar.

Gündelik durmuşymyzda ýylylyk maşynlary ýaly sowadyjy maşynlaryndan (doňduryjy, sowadyjy) hem peýdalanyarys. Olaryň sany hem ýyldan-ýyla ýiti ýagdayda artyp barýar. Bu maşynlarda işçi jisim hökmünde freon diýlip atlandyrylyan suwuklyk ulanylýar. Sowadyjy maşynlar ulgamy näce germetik bolsa-da, olardan örän az bolsa-da freon bugaryp atmosfera ýaýraýar. Netijede atmosferanyň düzümünde ýyldan-ýyla freon bugunyň mukdary artýar.

Size geografiýa predmetinden mälim bolşy ýaly, atmosferanyň Ýeriň üstüniden 25 –30 km beýiklikdäki bölegi ozon (O_3) gatlagyndan ybarat. Ozon gatlagy ýeriň üstündäki janly organizmleri kosmosdan gelyän gaty gysga tolkunly şöhlelenmeleriň täsirinden goraýar. Eger atmosferanyň düzümünde freon bugunyň mukdary artsa, ozon gatlagy dargap, onda deşik emele gelýär. Ozon deşigi arkaly geçen örän gysga tolkunly şöhlelenmeler janly organizmleri ýumrup, ýerdäki ýasaýşa howp salýar. Bu meseläniň oňyn çözüwini tapmak maksadýnda, alymlar freony başga suwuklyk bilen çalşyrmagyň üstünde ylmy barlaglary alyp barýarlar.

Netije edip aýdanda, ýylylyk dwigatelli adama bir tarapdan örän uly mümkünçilikleri berse-de, emma ikinji tarapdan olar Ýeriň atmosferasyna we tebigata özuniň erbet täsirini ýetirýär.

- 
1. Ýurdumyzda öndürilýän elektrik energiýasynyň näce bölegini ýylylyk maşynlary berýär?
 2. Tebigaty goramak üçin awtomobil senagatynda nähili çäreler görülýär?
 3. Atmosfera goşulýan zyýanly gazlar nähili netijeleri getirip çykarmagy mümkün?

30-§. Meseleler çözmek

1-nji mesele. Traktoryň dwigateli 60 kW kuwwat beryär we şu kuwwatda sagadyna ortaça 18 kg dizel ýangyjyny sarplayar. Dwigateliň PTK-ni tapyň. Dizel ýangyjynyň udel ýanma ýylylygy 42 MJ/kg.

Berlen:

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

Tapmaly:

$$\eta = ?$$

Çözülişi: Kuwwatyň kesgitlemesine görä P kuwwat bilen işleyän gurluşyň t wagtda eden peýdaly işi aşakdaky ýaly anyklanýar, ýagny: $A_{peý} = P \cdot t$. Dwigatelde käbir görnüşdäki m massaly ýangyç bütinley ýananda $m \cdot q$ -a deň ýylylyk mukdary bölünip çykýar. $m \cdot q$ ýylylyk mukdaryny - gyzdyryjynyň beren ýylylyk mukdary $Q_1 = m \cdot q$ ýa-da gyzdyryjynyň umumy eden işi hem diýip kabul etmek mümkün, ýagny $A_{um} = m \cdot q$. Onda dwigateliň peýdaly täsir koeffisiýenti:

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

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

Jogaby: $\eta = 28,6 \%$.

2-nji mesele. Peçde massasy 42 g kerosin ýananda, 3 kg suwuň temperaturasy näçä ýokarlanar? Pejiň PTK 30 %, Kerosiniň udel ýanma ýylylygy 46 MJ/kg.

Berlen:

$$\begin{aligned}m_1 &= 42 \text{ g} = 42 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \\m &= 3 \text{ kg} \\q &= 46 \cdot 10^6 \text{ J/kg} \\\eta &= 0,3 \\c &= 4200 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}\end{aligned}$$

Tapmaly:

$$\Delta t = ?$$

Çözülişi:

$A_{peý} = Q = m \cdot c \cdot \Delta t$. Şonuň ýaly-da, m_1 massaly ýangyç ýananda bölünip çykan ýylylyk mukdary $Q_1 = m_1 \cdot q$. Gurluşyň peýdaly täsir koeffisiýenti:

$$\eta = \frac{A_{foy}}{Q_1} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta t}{m_1 \cdot q} . \quad \text{Bu ýerden}$$

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

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

Jogaby: $\Delta t = 46 ^\circ C$.

3-nji mesele. Awtomobil 100 km ýol geçmeli için 10 l benzin sarpladı. Awtomobil 90 km/h tizlik bilen hereketlenen bolsa, onuň kuwwaty nähili bolupdyr? Dwigateliň PTK 30 %. Benziniň dykyzlygy $\rho = 0,7 \text{ g/cm}^3$, udel ýanma ýylylygyny $q = 46 \text{ MJ/kg}$ -a deň diýip alyň.

Berlen:

$$s = 100 \text{ km} = 10^5 \text{ m}$$

$$v = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s}$$

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

$$\rho_b = 0,7 \text{ g/cm}^3 = 700 \text{ kg/m}^3$$

$$q = 46 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$$

$$\eta = 0,3$$

Tapmaly:

$$P = ?$$

Çözülişi: Bu meseläni çözende aşakdaky birnäçe amallary yzygider ýerine ýetirýarıs.

1) Awtomobil v tizlik bilen s ýolda hereketlenen bolsa, onuň hereket wagtyny kesgitlemek, ýagny $t = \frac{s}{v}$.

2) Ýangyjyň massasyny kesgitlemek, ýagny $m = \rho \cdot V$.

3) Ýangyç ýananda bölünip çykan ýylylyk mukdary $Q_1 = m \cdot q$ -a deň.

Gurluşyň peýdaly täsir koeffisiýenti:

$$\eta = \frac{A_{peý}}{Q_1} = \frac{P \cdot t}{m \cdot q} = \frac{P \cdot s}{\rho \cdot V \cdot q \cdot v}. \quad \text{Bu aňlatmadan}$$

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

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

Jogaby: $P = 24150 \text{ W} = 24,15 \text{ kW}$

**M
19**

- Ojakda 6 kg polady 1400 °C -a gyzdyrmak üçin 4,6 kg mahsus ýangyç sarp bolýar. Eger poladyň udel ýylylyk sygymy 460 J/kg·K, mahsus ýangyjyň ýanma ýylylygы 3 MJ/kg bolsa, ojagyň ýylylyk berşи (PTK) nähili?
- Minudyna 4 g kerosin sarplaýan gyzdyryjyda temperaturasy 31 °C bolan 2 l suw näce wagtdan soň gaynapdyr? Gurluşyň PTK 35 % $q_{\text{kerosin}} = 46 \text{ MJ/kg}$ -a deň diýip alyň.
- 72 km/h tizlikde hereketlenen awtomobiliň 2 km ýoldaky benzin sarpyny hasaplaň. Awtomobiliň kuwwaty 23 kW, PTK 25 %-e deň. Benziniň udel ýanma ýylylygы 46 MJ/kg.
- Eger kuwwaty 50 kW bolan dizel dwigateliň peýdaly täsir koeffisiýenti 34 % bolsa, ol üç sagatda näce ýangyç sarplaýar? Dizel ýangyjynyň udel ýanma ýylylygы 42 MJ/kg -a deň.

5. Ideal ýylylyk maşynyndaky gaz gyzdyryjydan alan ýylylygynyň 60 % -ni sowadyja berýär. Eger gyzdyryjynyň temperaturasy 227 °C bolsa, sowadyjynyň temperaturasy nähili bolupdyr?
6. Ideal ýylylyk maşynynda gyzdyryjynyň absolýut temperaturasy sowadyjynyň absolýut temperaturasynadan üç esse ýokary. Gyzdyryjy gaza 30 kJ ýylylyk mukdary berende ol näçe iş eder?
- 7*. Gorizontal ýolda motosikliň dwigateli 60 km/h tizlikde 3,5 kW kuwwata ýetýär. Eger dwigateliň PTK 25 % bolsa, motoroller 3,6 l benzin sarplap, näçe ýoly geçer? Benziniň udel ýanma ýylylygy 46 MJ/kg, dykyzlygy 0,7 g/cm³.
- 8*. Hemişelik 108 km/h tizlik bilen hereketlenýän awtomobil 46 km ýolda 5 kg benzin sarplady. Benziniň udel ýanma ýylylygy $46 \cdot 10^6$ J/kg we dwigateliň PTK 24 % bolsa, awtomobiliň peýdaly kuwwatyny anyklaň.

III BABY GAÝTALAMAK ÜÇIN TEST YUMUŞLARY

1. Ideal ýylylyk maşynyň PTK-ni kim hasaplapyrdyr?

- A) Bolsman; B) Selsiý; C) Kelwin; D) Karno.

2. Peýdaly täsir koeffisiýenti η bolan ýylylyk maşyny gyzdyryjydan Q_1 ýylylyk mukdary alanda, nähili iş eder?

- A) $(1-\eta)Q_1$; B) $(1+\eta)Q_1$; C) ηQ_1 ; D) Q_1/η .

3. Ideal ýylylyk dwigateli gyzdyryjydan 0,8 MJ ýylylyk mukdaryny kabul edip, sowadyja 0,3 MJ ýylylyk mukdaryny berýär. Bu ýylylyk dwigatelinin maksimal PTK-ni (%) hasaplaň.

- A) 50; B) 62,5; C) 83,5; D) 30.

4. Sıklde ýylylyk maşyny 21 kJ iş edip, sowadyja 29 kJ ýylylyk mukdaryny berýär. Maşynyň peýdaly täsir koeffisiýentini anyklaň.

- A) 30 %; B) 40 %; C) 42 %; D) 52 %.

5. Ideal ýylylyk maşynyň peýdaly täsir koeffisiýenti 75 % bolmaǵy üçin gyzdyryjynyň temperaturasy sowadyjynyň temperaturasynandan näçeesse uly bolmaly?

- A) 4; B) 3; C) 5; D) 2.

6. PTK 40 % bolan ýylylyk maşyny bir sıklde 34 kJ iş edýär. Maşyn bir sıklde sowadyja näçe ýylylyk mukdary berýändigini anyklaň (kJ).

- A) 28; B) 42; C) 51; D) 63.

7. Ýylylyk maşynynyň PTK 25 %, gyzdyryjydan alan ýylylyk mukdary 400 J bolsa, peýdaly işi näçe bolar (J)?

- A) 200; B) 100; C) 300; D) 400.

8. Eger ýylylyk dwigateli gyzdyryjydan alan ýylylyk mukdarynyň üçden iki bölegini sowadyja berse, dwigateliň PTK-ni tapyň (%)?

- A) 33; B) 54; C) 67; D) 60.

9. Sowadyjynyň absolýut temperaturasy gyzdyryjynyň absolýut temperaturasynyň dörtden birine deň. Ideal ýylylyk maşynynyň PTK hasaplap tapyň (%)?

- A) 25; B) 30; C) 75; D) 54.

10. Ideal ýylylyk maşynında gyzdyryjynyň absolýut temperaturasy sowadyjynyň absolýut temperaturasyrından iki esse uly bolsa, şeýle maşynyň peýdaly täsir koeffisiýenti nähili?

- A) 30 %; B) 40 %; C) 50 %; D) 67 %.

11. Eger ýylylyk maşyn gyzdyryjynyň temperaturasy 500 K, sowadyjynyky 250 K bolsa we ol bir sıklde gyzdyryjydan 6000 J ýylylyk alsa, bir sıklde edilen işi tapyň (J).

- A) 1200; B) 1500; C) 300; D) 3000.

12. PTK 40 % bolan ideal ýylylyk maşyny gyzdyryjydan 10kJ ýylylyk alýar. Sowadyja berlen ýylylyk mukdary näçä deň (kJ)?

- A) 7; B) 6; C) 3; D) 3,5.

13. Eger kuwwaty 42 kW bolan dizel dwigateliň peýdaly täsir koeffisiýenti 20 % bolsa, ol 3 sagatda näçe ýangyç sarplaýar (kg)? Dizel ýangyjynyň udel ýanma ýylylygy 42 MJ/kg -a deň.

- A) 20; B) 21; C) 28; D) 54.

14. Göwrümi 3600 l suwy gazanda gyzdyrmak üçin ojakda 42 kg kömür ýakylýar. Eger suwuň başlangyç temperaturasy 10 °C we ojagyň ýylylyk berijilik ukyby 30 % bolsa, suw näçe gradusa çenli gyzar? $c_{suw} = 4200 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$, kömrük udel ýanma ýylylygy 30 MJ/kg.

- A) 35 °C; B) 50 °C; C) 60 °C; D) 70 °C.

15. Gury agajyň ýanma ýylylygy 10^7 J/kg , tebigy gazyňky bolsa $4 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$. Birmeňzeş ýylylyk mukdaryny almak üçin agajyň (m_1) we gazyň (m_2) massalaryny deňesdirip, dogry jogaby saýlaň.

- A) $m_2 = 2 m_1$; B) $m_1 = m_2$; C) $m_1 = 4 m_2$; D) $m_2 = 2 m_1$.

III BAP BOÝUNÇA MÖHÜM NETİJELER

Ýylylyk dwigateli	Ýylylyk dwigateli diýip, ýylylyk energiýasyны mehaniki energiýa öwrüp berýän gurluşa aýdylýar.
Ýylylyk dwigateliniň görnüşleri	Içinden ot alýan dwigatel, dizel dwigateli, reaktiw dwigatel.
Ýylylyk dwigateliniň işleyiş prinsipleri	<ol style="list-style-type: none"> 1. Islendik ýylylyk dwigateline ýangyjyň içki energiýasy mehaniki energiýa öwrülýär. 2. Ýylylyk dwigatelleriniň işlemegi üçin dürli temperaturaly gyzdyryjy we sowadyjy bolmaly. 3. Islendik ýylylyk dwigateliniň işleyşi işçi jisimiň (meselem, gaz) ýagdaýynyň özgerişiniň gaýtalanyan sikllerinden ybarat bolýar.
Ýylylyk dwigateline energiýanyň bir görnüşden başga görnüşe öwrülişi	Islendik ýylylyk dwigateline ýangyjyň içki energiýasy mehaniki energiýa öwrülýär.
Karnonyň sikli	Ideal ýylylyk maşynlary üçin Karnonyň sikli iki izotermadan we iki adiabatadan ybarat.
Ýylylyk maşynynda edilen peýdaly iş	Karnonyň sikli boýunça işleyän ýylylyk dwigateliň eden peýdaly işi $A_{peý} = Q_1 - Q_2$ aňlatma arkaly anyklanýar. Bu ýerde Q_1 – gyzdyryjydan alınan ýylylyk mukdary, Q_2 – sowadyja berlen ýylylyk mukdary.
Ýylylyk maşynalarynyň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK)	Ýylylyk dwigateliň peýdaly täsir koeffisiýenti diýip, dwigatel edýän $A_{peý}$ işiň gyzdyryjydan alınan Q_1 ýylylyk mukdaryna gatnaşygyna aýdylýar, ýagny: $\eta = \frac{A_{peý}}{Q_1} \cdot 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%.$
Ideal ýylylyk maşynalarynyň peýdaly täsir koeffisiýenti (PTK)	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%.$

IV BAP SUWUKLYKLARYŇ WE GATY JISIMLERIŇ HÄSIÝETLERİ

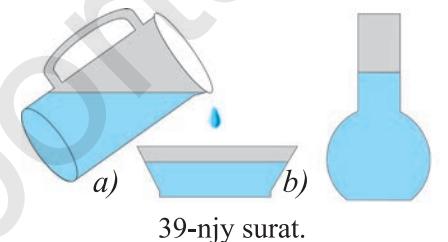
31-§. SUWUKLYGYŇ HÄSIÝETLERİ

Suwuklygyň akyjylygы

Gazyň molekulalary bir-birinden öz ölçegine görä örän uly aralyklarda ýerleşyänligi sebäpli, olaryň arasyndaky özara dartyş güýçleri hasaba alynmaýan derejede kiçi bolýar. Gazyň molekulalarynyň arasyndaky dartyş güýçleriniň kiçiligi gazyň molekulalarynyň bir-birinden uzaklaşyp gitmegine, ýagny gazyň giňelmegine getirýär. Şu sebäpli, gazyň erkin üsti bolmaýar.

Gazlardan tapawutlylykda suwuklyklarda molekulalar bir-birine de-gip durýar diýen ýalydyr. Şonuň üçin olaryň arasynda özara täsir güýçleri gazyň molekulalarynyň arasyndaky täsir güýçlerine görä uly bolýar. Suwuklygyň molekulalarynyň arasyndaky dartyş güýji molekulalary bir-birinden uzaklaşyp gitmegine ýol bermeýär. Şeýdip, gazlardan tapawutlylykda suwuklyklar öz göwrümini saklaýar.

Gapda duran suwuklyga pese ýonelen agyrlyk güýji täsir edýär. Şonuň ýaly-da, suwuklygyň asty we gapdal taraplary diwarlar bilen beklenenligi üçin ol deňagramlylyk ýagdaýynda bolýar. Eger gap bir tarapa gyşardysa, suwuklyk agyrlyk güýjuniň täsirinde gap gyşardylan tarapa akýar (39-njy a surat). Gaba guýlan suwuklyk şu gabyn şeklini alýar we ol gorizontal üste eýe bolýar (39-njy b surat).



39-njy surat.



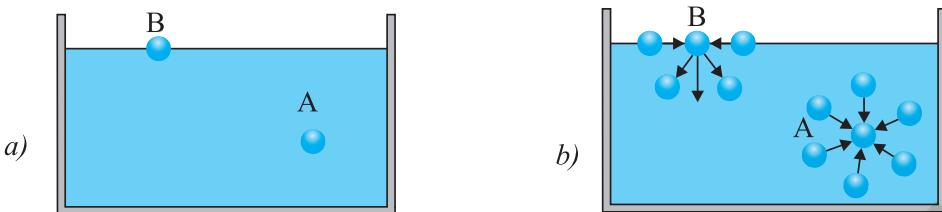
Suwuklyklar akyjylyk aýratynlygy sebäpli öz şeklini saklap galyp bilmeýär. Emma olar öz göwrümini saklap galýar.

Üst dartyş hadysasy

Käbir gaba suwuklyk salalyň, meselem, käsä suw. Suwuklygyň üstüne nazar salsak suwuklygyň üstünüň tekizdigini görýäris. Öz-özünden bizde, näme sebäpden suwuklygyň üstü tekiz? – diýen sorag peýda bolýar.

Maddanyň gurluşynyň molekulýar-kinetik nazaryétine görä maddanyň molekulalarynyň arasynda hemise özara täsir güýçleri bar. Suwuklygyň içindäki A we onuň üstünde duran B nokatdaky molekula başga molekulalaryň täsirini garap geçeliň

(40-njy a surat). Suwuklygyň içindäki A nokatda duran molekula gapma-garşy taraplardan täsir edýän güýçler bir-birini deňagramlylaşdyryar (40-njy b surat). Netijede oňa täsir edýän güýçleriň deň täsir edişi nola deň bolýar.



40-njy surat.

B nokatdaky molekula bolsa pesden we gapdal tarapdan güýçler täsir edýär. Çünkü, suwuklygyň üstki tarapy howa bilen çäklenenligi üçin suwuklygyň üstündäki molekula ýokary tarapdan täsir edýän güýji hasaba almasa-da bolýar. Netijede suwuklygyň üstündäki molekula suwuklygyň içine tarap dartylyar (40-njy b surat). Bu ýagdaý suwuklygyň üstüniň dartgynlaşmagyna getirýär.

Suwuň üstüne esewanlyk bilen metal iňne goýulsa, iňne suwuň üstünde galýar. Suwuň üst perdesi birneme egilip iňňäni gark etmän göterip duranlygynyň şayady bolarys (41-nji surat). Muňa sebäp suwuň üstünde üst dartyşyň barlygydyr.



41-nji surat.

Üst dartyş güýji

Gündelik durmuşda mäkäm berkidilen suwuň kraňnda suw damjasynyň emele gelenini görensiňiz. Kraňnyň agzynda emele gelen damjany maýyşgak haltajygyň içinde diýip göz öňüne getirmek mümkün. Damja ulalanda ony göterip durmak üçin haltajygyň berkligi yetişmeýär we damja üzülyär (42-nji surat).

Hakykatda bolsa, haltajyk ýok. Damjanyň üstki gatlagyndaky her bir molekula damjanyň içine ýonelen güýç täsir edýär. Şeýle güýçleriň netijesinde damjanyň üstki gatlagynda ony saklap durýan üst dartyş güýji emele gelýär. Üstki gatlagyny çäklendirýän čyzyga täsir edişi üst dartyş güýji şu čyzygyň uzynlygyna proporsional hem-de suwuklygyň görnüşine bagly bolýar, ýagny:

$$F = \sigma l. \quad (1)$$

Bu aňlatmadaky σ – suwuklygyň tebigatyna bagly bolan suwuklygyň üstüniň häsiyetlerini häsiyetlendirýän ululyk bolup, üst dartyş koeffisiýenti diýlip atlantyrylyar. (1) aňlatmadan



42 -nji surat.

$$\sigma = \frac{F}{l}. \quad (2)$$

bolýandygy gelip çykýar. (2) deňlikden σ -niň birligi [N/m] ekenligi görnüp dur. (2) aňlatma görä üst dartyş koeffisiýentiniň aşakdaky fiziki manyşy gelip çykýar. Suwuklygyň üstünü çäkleýän çyzygyň uzynlyk birligine täsir ediji üst dartyş güýjüne san taýdan deň bolan fiziki ululyga **üst dartyş koeffisiýenti** diýilýär.



43-nji surat.

Üst dartyş güýji suwuklygyň üstünü çäklap duran üsti mümkingadar kiçileşdirýär. Erkin gaçyan ýagyş damjalary şar şeklärde bolýär. 43-nji suratda agramsyzlyk şertinde kosmos gämisiň içinde hatda uly massadaky suw hem şar şeklärde bolýandygy şekillendirilen.

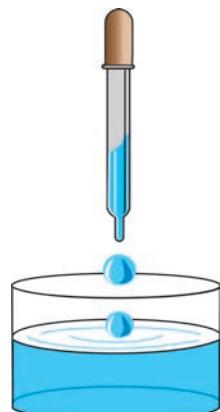
Üst dartyş koeffisiýentini kesgitlemek

Suwuklygyň üst dartyş koeffisiýentini kesgitlemegiň bir näçe usullari bar. Üst dartyş koeffisiýentini kesgitlemegiň iný ýonekeý usuly damja üzüliş usulydyr (44-nji surat). Suwuklygyň ince turbajyk boýunça akmagy netijesinde onuň ujunda damja emele gelýär. Damja kiçi bolanda ol turbajygyn ujundan aýrylmaýar, çünkü ony üst dartyş güýji saklap durýar. Damja ulalyp onuň agyrlygy ($m_0 g$), üst dartyş güýjüne (σl) san taýdan deňleşensoň, ol üzülýär, ýagny

$$m_0 g = \sigma l. \quad (3)$$

bu ýerde m_0 – bir sany suwuklyk damjasynyň massasy. (3) aňlatma görä, üst dartyş koeffisiýenti aşakdaky ýaly hasaplanýar:

$$\sigma = \frac{m_0 g}{l}. \quad (4)$$



44-nji surat.

Käbir suwuklyklaryň üst dartyş koeffisiýentiniň san bahalary aşakdaky jedwelde getirilen (20 °C temperaturada).

Nº	Suwuklyklar	σ , N/m	Nº	Suwuklyklar	σ , N/m
1	Simap	0,47	4	Ösümlilik ýagy	0,033
2	Suw	0,073	5	Kerosin	0,024
3	Sabynly ergin	0,04	6	Etil spirti	0,022

Üst energiýasy

Suwuklygyň üstünde emele gelen üst dartyş güýjuniň hasabyna suwuklygyň üst gatlagyndaky molekulalar suwuklygyň içindäki molekulalara garanda artykmaç potensial energiýa eýe bolýar.



Suwuklygyň üstündäki ähli molekulalaryň artykmaç potensial energiýasy üst energiýasy diýlip atlandyrylýar.

Üst energiýasynyň mukdary suwuklygyň üstüniň (S) ululygyna gönü proporsional bolýar, ýagny:

$$W = \sigma S. \quad (5)$$

(5) aňlatma görä, üst dartyş koeffisiýenti aşakdaka deň:

$$\sigma = \frac{W}{S}. \quad (6)$$

(6) deňlikden üst dartyş koeffisiýentiniň aşakdaky fiziki manysy gelip çykýar. Üst dartyş koeffisiýenti san taýdan suwuklygyň üstüniň meýdan birligine dogry gelyän üst energiýasyna deň bolan fiziki ululykdyr. (6) aňlatma görä σ -nyň birligi Halkara birlilikler sistemasynda [J/m^2] ýaly aňladylýar.



1. Üst dartyş güýji nähili emele gelýär?
2. Üst energiýasy nähili emele gelýär?
3. Nämé üçin damdyryjydan damja üzülip düşýär?
4. Kosmos gämisisinde käsä çayý guýup içip bolarmy?
5. Nämé üçin maýda çyg damjalary şar şekilli diýen ýaly bolýar?
6. Agramsyzlyk ýagdaýynda suwuklyk damjası nähili şekilde bolýar?



Plastilinden diametri 3mm töwereginde bolan şarjagaz ýasaň. Şarjagaza ağaç çöpden tutawaç ediň. Ony suwuň üstüne seresaplylyk bilen goýsaňyz, suwuň şarjagazy çümdürmän saklap duranlygynyň şáýady bolarsyňyz. Öz düşünjeleriňiz esasynda netijäñizi ýazyň.

32-§. ÖLLENME. KAPILLÝAR HADYSALAR

Öllenme we öllemezlik

Elimizdäki ruçkany ýa-da galamy suwa batyryp, soň ony suwdan çykaryp alsak, onuň «öl» ýagdaýda çykanlygyny görýäris. Bizde nämé sebäpden jisim öl boldy? – diýen sorag peýda bolýar.

Mälim bolşy ýaly jisim we suwuklyk molekulalardan düzülen. Öllenme ýa-da öllemezlik suwuklygyň we gaty jisimleriň molekulalarynyň özara täsirine bagly bolýar.



Suwuklyklaryň we gaty jisimleriň molekulalarynyň arasyndaky dartyş güýçleri suwuklygyň molekulalarynyň özara dartyş güýçlerinden uly bolsa, suwuklyk gaty jisimiň üstünü ölleýär.

Diýmek, galam suwuklygyň bölejiklerini bir-birinden bölüp, ony özüne çekip alýar.

Suwuklyga batyrylan galamyň öl bolmagynyň sebäbi, galam suwuklygyň molekulalaryny bir-birinden aýryp özüne çekip alýar.



Suwuklygyň we gaty jisimiň molekulalarynyň arasyndaky dartyş güýçleri suwuklygyň molekulalarynyň özara dartyş güýçlerinden kiçi bolsa, suwuklyk gaty jisimiň üstünü öllemeýär.

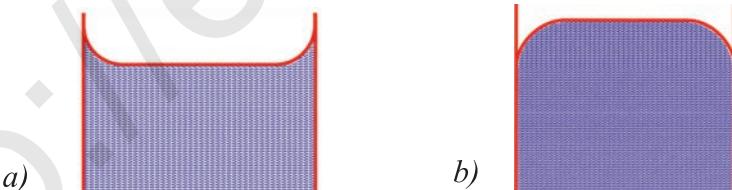
Çüýše simap bölejikleri bir-birinden aýryp bilmeýär. Şu sebäpli, simap çüýše gaba salynsa ol gabyň diwarlaryny öllemeýär. Diýmek, käbir gaty jisimi bir suwuklyk ollese, başga suwuklyk ony öllemezligi mümkün.

Suwuklygyň üstüniň egrelmegi



Gaty jisimiň üstünde suwuklygyň üstüniň egrelmegine sebäp geçýän hadysa öllenme ýa-da öllemezlik hadysasyna baglydyr.

Suwuklyk gaty jisimi öllemegini ýa-da öllemezligini suwuklyk we gaty jisim araçgäindäki suwuklygyň şeklärinden bilmek mümkün. Eger suwuklyk gaby ollese onuň üsti oýuk (45-nji a surat) we tersine öllemese suwuklygyň üstü güberçek şekilde bolýar (45-nji b surat).



45-nji surat.

Öllenme we öllemezlik hadysalary durmuşda we tehnikada örän uly ähmiýete eýe. Sabyn ergini bedenimizi gowy ölleýär. Şu sebäpli sabyn bilen ýuwunýarys. Gazlar we ördekler suwdan çykanda ýelekleri gury bolýar. Olaryň ýelekleri ýagly bolany üçin suw olary öllemeýär diýen ýalydyr.

Öllenme hadysasy amaly ähmiýete eýe. Öllenme hadysasynyň jisimleri boýamakda, kebsirlemek, detallary ýaglanda, jisimleri bir-birine ýelimlemek ýaly proseslerde orny örän biçakdyr.

Kapillýar hadysalar

Diametri örän kiçi turbajyklar **kapillýarlar** diýilýär. Ölleýän suwuklyk kapillýarda göterilýär, öllemeýän suwuklygyň derejesi bolsa peselýär. Ölleýän suwuklyk guýlan (46-njy a surat) kapillýardaky suwuklygyň üst gatlagynyň araçägine, ýokary garap yönelen üst dartyş güýji täsir edýär, ýagny:

$$F = \sigma l = \sigma 2 \pi r. \quad (1)$$

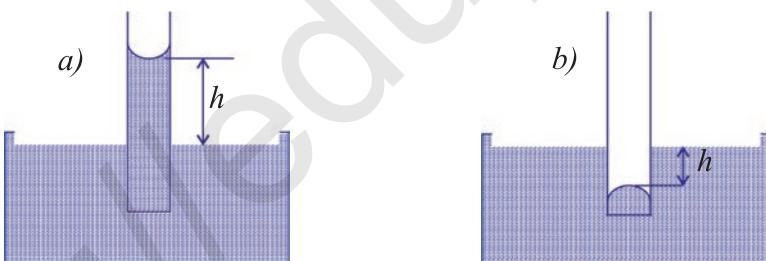
Bu güýç turbajykda ýokary göterilen suwuklyk sütünü agyrlyggyna ($m \cdot g$) deňleşende, suwuklygyň kapillýarda göterilişi togtaýar, ýagny:

$$\sigma 2 \pi r = m g. \quad (2)$$

Kapillýar boýunça göterilen suwuklygyň agyrlygy $mg = \rho_s V g = \rho_s \pi r^2 h g$ bolýanlygyndan, (2) aňlatma görä kapillýar boýunça göterilen suwuklygyň sütüniniň beýikligi aşakdaky ýaly hasaplanýar:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho_s r g}. \quad (3)$$

Bu formula ölleýän suwuklyklarda suwuklygyň kapillýarda göteriliş beýikligini, öllemeýän suwuklygyň bolsa peseliş čuňlugyny aňladýar. Diýmek, kapillýarda suwuklygyň göterilişi ýa-da düşüş beýikligi, onuň üst dartyş koeffisiýentine gönü, suwuklygyň dykyzlygy bilen kapillýaryň radiusyna ters proporsional bolar eken.



46-njy surat.

Kapillýarlik hadysalary tebigatda we tehnikada uly ähmiýete eýe. Kapillýarlar arkaly iýmitlendirýän ergin ösümligiň bedeni boýunça ýokary göterilýär. Ösümligiň bedenindäki kapillýarlar ösümlik öýjükleriniň diwarlarynda emele gelyär. Şonuň ýaly-da, toprakda emele gelen kapillýar boýunça suw topragyň peski gatlagyndan üstki gatlagyna göterilýär. Netijede toprakdaky suw tiz bugaryp, toprak guraýar. Toprakdaky çyglylygy saklamak üçin onuň üstünü ýumşadyp kapillýarlary bozup taşlanýar. Binanyň fundamentleriniň kapillýarlary arkaly göterilen suwlar ony ýumurýar. Bu prosesi kemeltmek üçin binanyň esasynyň fundamentiniň üsti suw geçirmeýän (meselem, gara mum) materiallar bilen örtülyär.



1. Nämə sebäpden suwuklyk gaty jisimi ölleýär ?
2. Nämə sebäpden suwuklyk gaty jisimi öllemeýär?
3. Nämə sebäpden gazlar we ördekler suwdan gury çykýar?
4. Öllenme hadysalarynyň gündelik durmuşda nähili ähmiýetlerini bilýärsiňiz?
5. Nähili hadysalara kapillýarlyk hadysalary diýilýär?
6. Kapillýarda suwuň göteriliş, simabyň bolsa peseliş sebäbini düşündiriň.
7. Kapillýar turbajyk boýunça göterilen suwuklygyň beýikligi nämä bagly?
8. Nämə sebäpden öl bolan geými geýmek kyn bolýar?
9. Nämə üçin geýme ýag tegmili düşse ony sabynly erginde ýuwýarys?



1. Içki diametri iki hili bolan kapillýar turbajyklarda suwuň ýa-da ýagyň göterilişine gözegçilik ediň. Gözegçilik boýunça netijäñizi ýazyň.

33-§. MESELELER ÇÖZMEK

1. Radiusy 0,5 mm bolan kapillýarda kerosin nähili beýiklige göteriler? Kerosiniň üst dartyş koeffisiýentini 24 mN/m, dykyzlygy 800 kg/m³-a deň diýip alyň.

Berlen:

$$\begin{aligned} r &= 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \\ \sigma &= 24 \cdot 10^{-3} \text{ N/m} \\ \rho &= 800 \text{ kg/m}^3 \\ g &= 9,81 \text{ m/s}^2. \end{aligned}$$

Tapmaly:
 $h = ?$

Formulası:

$$\begin{aligned} h &= \frac{2\sigma}{\rho_s r g}; \\ [h] &= \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \text{m} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \frac{\text{N}}{\frac{\text{kg}}{\text{s}^2}} = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{kg}} = \text{m}. \end{aligned}$$

Hasaplamak:

$$\begin{aligned} h &= \frac{2 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{800 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 9,81} = \\ &= 12,2 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 12,2 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Jogaby: $h = 12,2 \text{ mm.}$

2-nji mesele. Uzynlygy 6 cm bolan iňňe suwuň üstünde dur. Oňa nähili üst dartyş güýji täsir edýär?

Berlen:

$$\begin{aligned} l &= 6 \text{ cm} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ \sigma &= 73 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}. \end{aligned}$$

Tapmaly:
 $F = ?$

Formulası:

$$F = 2\sigma \cdot l$$

$$[F] = [\sigma \cdot l] = \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \text{m} = \text{N}.$$

Hasaplamak:

$$\begin{aligned} F &= 2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ N} = \\ &= 8,76 \cdot 10^{-3} \text{ N}. \end{aligned}$$

Jogaby: $F = 8,76 \cdot 10^{-3} \text{ N.}$

3. Deşigiň diametri 3 mm bolan damdyrgyçda 73 cm^3 suw bar. Onuň üst dartyş koeffisiýenti 73 mN/m . Damdyrgyçdan jemi näçe damja damýar?

Berlen:

$$d = 3 \text{ mm} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$V = 73 \text{ cm}^3 = 73 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$$

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

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

Tapmaly:

$$N = ?$$

Formulasy:

$$m_0 = \frac{\alpha l}{g} = \frac{\alpha \pi d}{g};$$

$$m = \rho V;$$

$$N = \frac{m}{m_0} = \frac{\rho V g}{\alpha \pi d}.$$

$$[N] = \left[\frac{m}{m_0} \right] = \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = 1.$$

Hasaplamak:

$$N = \frac{10^3 \cdot 73 \cdot 10^{-6} \cdot 9,81}{73 \cdot 10^{-3} \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \\ = 1040 \text{ sany.}$$

Jogaby: $N = 1040$ sany.

4. Sabyn köpürjiginiň radiusy 2 cm-dan 3 cm çenli ulaldy. Onuň üst energiýasy näçä üýtgapdir? Sabyn ergininiň üst dartyş koeffisiýenti $0,04 \text{ N/m}$ -a deň.

Berlen:

$$R_1 = 2 \text{ cm} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$R_2 = 3 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\sigma = 4 \cdot 10^{-2} \text{ N/m.}$$

Tapmaly:

$$\Delta W = ?$$

Formulasy:

$$W = 2 \sigma S;$$

$$S = 4\pi R^2;$$

$$\Delta W = 2\alpha S_2 - 2\alpha S_1 = \\ = 2\alpha \cdot 4\pi (R_2^2 - R_1^2)$$

$$[\Delta W] = \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \text{m}^2 = \text{N} \cdot \text{m} = \text{J.}$$

Hasaplamak:

$$W = 2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot$$

$$\cdot (9 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-4}) = 5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Jogaby: $\Delta W = 5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ -a artýar.

**M
20**

1. Suw kapillýarda 14 mm-e gösterilen bolsa, onuň diametri nähili bolupdyr?
2. Kapillýarda spirt 22 mm beýiklige gösterildi. Kapillýaryň radiusy nähili bolupdyr? Spirtiň dykylzlygy 800 kg/m^3 .
3. Radiusy 0,6 mm bolan kapillýarda kerosin nähili beýiklige gösterilýär? Kerosiniň dykylzlygy 800 kg/m^3 .
4. Deşiginiň diametri 2 mm bolan damdyrgyçdan damýan suw damjasynyň massasyny anyklaň.
5. Içki diametri 2 mm bolan damdyrgyçdan üzülýän suwuklyk damjasynyň massasy 15 mg ekenligini bilmek bilen, şu suwuklygyň üst dartyş koeffisiýentini tapyň.
6. Dykylzlygy $0,9 \text{ g/cm}^3$ bolan suwuklyk diametri $1,5 \text{ mm}$ bolan kapillýar turbajykdaýy göteriliş beýikligi 10 mm bolsa, şu suwuklygyň üst dartyş koeffisiýentini anyklaň.
7. Deşiginiň diametri 3 mm bolan damdyrgyçda 20 cm^3 suw bar. Onuň üst dartyş koeffisiýenti 73 mN/m . Damdyrgyçdan jemi näçe damja damar?
8. Yeriň üstündäki kapillýarda suw 15 mm-a göterilýär. Eger Aýda erkin gaçma tizlenmesi ýerdäkiden 6 esse kiçidigi mälüm bolsa, Aýda şu kapillýarda suw näçe beýiklige göteriler?
9. Sabyn köpürjiginiň üst meydany 12 cm^2 artanda üst energiyasy näçä üýtgär?
10. Sabyn köpürjiginiň radiusy $2 \text{ cm-dan } 3 \text{ cm}$ çenli ulalanda üst energiyasy nähili üýtgär?
11. Nämé sebäpden eldäki ýag galandyrylaryny suw bilen ýuwmak kyn, ýöne kerosin bilen aňsat?
12. Samowaryň kranyndan damýan suw damjasy sowuk halynda agyr bolýarmy ýa-da yssy halynda?
13. Nämé üçin hamyr gyzdyryjyda ýumşamaýar eýsem gataýar?
14. Sowuk suwuň molekulalary yssy we gyzgyn suwuň molekulalaryndan tapawutlanýarmy? Buzuň molekulalaryndan nähili?

34-§ LABORATORIÝA IŞI

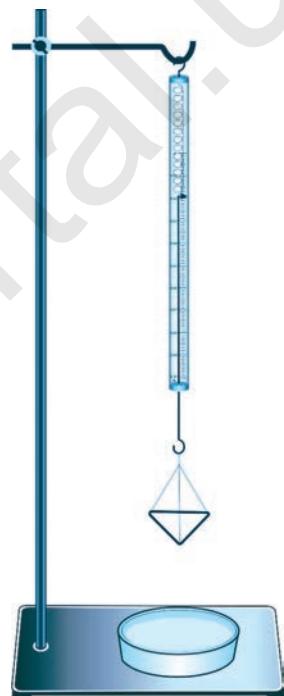
SUWUKLYGYŇ ÜST DARTYS KOEFFISIÝENTINI KESGITLEMEK

Işin maksady: Suwuklygyň üst dartyş koeffisiýentini kesgitlemegi öwrenmek.

Gerekli enjamlar: duýgur dinamometr, statiw, üçburçluk, kwadrat we töwerek şeklindäki simler, suw salnan gap, çyzgyç, şangensirkul.

Işı yerine ýetirmegiň tertibi

1. Dinamometri şatiwe ornaşdyryň (47-nji surat).
 2. Çyzgyjyň kömeginde üçburçluk şeklindäki simiň perimetri l -i ölçän.
 3. Dinamometriň aşaky halkasyna üçburçluk şeklindäki simi ildiriň we onuň aýrlyk F_1 güýjünü ölçän.
 4. Gapdaky suwy gösterip, dinamometre asylan sime degriň.
 5. Gaby ýuwaşjadan aşak çekip simiň suwdan üzülen wagtyndaky dinamometriň F_2 görkezisini ýazyp alyň.
 6. $F = F_2 - F_1$ formuladan üst dartyş güýjünü tapyň.
 7. $\sigma = \frac{F}{2l}$ formulanyň kömeginde suwuň üst dartyş koeffisiýentini hasaplaň.
 8. Tejribäni dörtburçluk we töwerek şeklindäki simerde-de ýerine ýetiriň, σ_2 we σ_3 -i hasaplaň
- $\sigma_{o\cdot rt} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ formulanyň kömeginde üst dartyş koeffisiýentiniň ortaça bahasyny hasaplaň.
9. Tejribe dowamyndaky ölçeg we hasaplama netijelerini jedwele ýazyň.



47-nji surat.

Nº	m, kg	l , m	σ , N/m	σ_{ort} , N/m
1				
2				
3				

- ?
1. Üst dartyş güýjuniň nämeligini düsündirip beriň.
 2. Näme sebäpden simi suwdan aýryp alanda güýç gerek bolýar?
 3. Tejribäniň netijelerini derňäp, netijäňizi ýazyp gelin.

35-§. KRISTALLIK WE AMORF JISIMLER

Kristallik jisimler

Suwuklykdan tapawutlylykda gaty jisimiň atomlary (molekulalary) bir-biri bilen güýçli baglanan bolýar. Olar deňagramlylyk ýagdaýda duran ýerinde dyngysyz yrzyldap durýar. Agyrlyk güýji atomlaryň arasyndaky dartyş güýjüni ýeňip bilmeýär. **Gaty jisimler öz görümünü saklayáar we öz şekline eýe bolýar.**

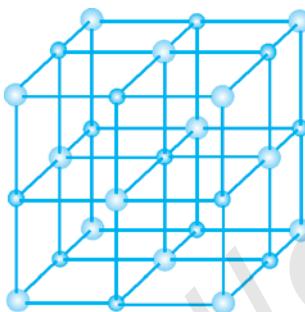
Gaty jisimler gurluşyna görä *kristallik we amorf jisimlere* bölünýär.



Atomlary ýa-da molekulalary giňişlikde anyk tertipli ýagdaylary eýelän gaty jisime kristallik jisimler diýilýär.

«*Kristall*» sözi grekçeden alnan bolup, «*buz*» diýen manyny aňladýar.

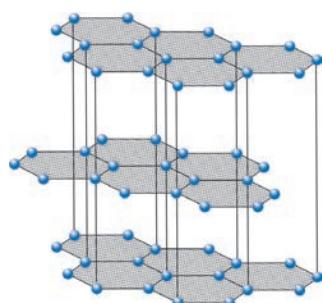
Kristallik jisimiň atomlary (molekulalary) duran ýerler utgaşdyrylsa, *kristallik* gözenek emele gelýär. Atomlar (molekulalar) ýerleşýän nokatlara kristallik gözenegiň *düwünleri* diýilýär. 48 we 49-njy suratlarda nahar duzunyň we almazyň kristallik gözenekleri şekillendirilen.



48-nji surat.



49-nji surat.



50-nji surat.

Kristallik jisimlerde dürli ugurlarda atomlaryň (molekulalar) arasyndaky aralyk birmenzeş däl. Dürli ugurlarda kristallar ýylylygy, elektrik togunu we ýagtlylygy dürlüce geçirýär.



Jisimiň fiziki häsiyetleri onuň taraplary boýunça ugurlaryna baglylygy anizotropiýa diýlip atlandyrylýar. Kristallik jisimler anizotrop häsiýete eýe.

Grekçe *anizos* – *birmenzeş däl*, *tropos* – *ugur* diýen manylary aňladýar.

Kristallaryň fiziki häsiyetleri onda saýlap alınan ugurlara bagly bolýar. Meselem, grafit kristalyny mälim bir ugurda aňsatja gatlamlara bölmek mümkün. Muny siz galam bilen ýazanyňzda grafitiň gatlamlara bölünip ýuka grafit gatlagy

kagyzda galandygyny görensiňiz. Çünkü grafitiň kristallik gözenegi gatlak-gatlak strukturaly we olaryň arasyndaky baglanyşyklar güýçsüräk bolanlygy üçin olar bir-birinden tiz aýrylýar (50-nji surat). Yöne grafitiň kristalyny perpendikulýar ugurda bölmek esli kyn.

Metallaryň bölegi örän köp maýda kristaljyklardan düzülen bolýar. Metal guýanda şeýle kristaljyklar bir-birine görä tertipsiz ýerleşip galýar. Şonuň üçin şeýle metallaryň fiziki häsiyetleri ähli ugurlarda birmeňzeş bolýar.



Bir-birine görä tertipsiz ýerleşýän köp kristallardan düzülen jisim polikristal diýlip atlandyrylyar.

Latynçada *poly* sözi *köp* diýen manyny aňladýar. Meselem, gatap galan duz parçasы we tokga gant polikristallardyr. Olar maýda kristaljyklardan düzülen. Senagat, gurluşyk, energetika, aragatnaşyk we başga ugurlarda esasan polikristal halyndaky önumler ulanylýar.



Eger jisim bitewi kristaldan ybarat bolsa, şeýle jisim monokristal diýlip atlandyrylyar.

Latynçada *mono* sözi *bir* diýen manyny aňladýar.

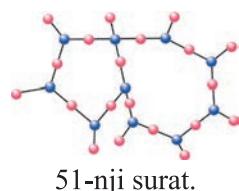
Meselem, aýratyn maýda nahar duzunyň, şekeriň bölejikleri monokristallardyr. Käbir maksatlarda, meselem, elektronika ugurlarynda monokristallar giň ulanylýar. Munuň üçin mahsus usullaryň kömeginde monokristal ösdürilýär. Suwda eredilen şekeri ösdürmek arkaly taýýarlanan nabat hem monokristaldyr.



Monokristal anizotrop aýratynlyga eýe bolýar.

Amorf jisimler

Kristallardan tapawutlylykda amorf jisimlerde atomlar (molekulalar) berk tertipde ýerleşen däldir (51-nji surat). Çüýseleri, smolalary, plastmassalary amorf jisimlere mysal edip getirmek mümkün.



Amorf jisimleriň fiziki häsiyetleri ähli ugurlarda birmeňzeş bolýar. Jisimiň fiziki häsiyetlerionuň taraplary boýunça ugurlaryna bagly bolmazlygy izotropiýa diýip atlandyrylyar. Amorf jisimler izotrop häsiýete eýe.

Grekçe *izos* sözi *birmeňzeş* diýen manyny aňladýar.

Daşky täsir astynda amorf jisimler hem gaty jisimler ýany döwlegen, hem suwuklyklar ýaly akyjy bolýar. Amorf jisimi zarba bilen urulsa, ol owradylyar. Yöne güýçler uzak täsir etse, amorf jisim duýarly derejede akýar. Meselem, smola parçasy gaty üst meýdanyna ýuwaş-ýuwaşdan akyp ýaýylýar. Çüýše-de mälim derejede akýar. Meselem, uzak wagt wertikal ýagdaýda duran äpişgäniň aýnasynyň galyňlygy ölçenende, onuň aşaky bölegi galyňlaşandygy anyklanan.

Kristallik jisimler anyk ereme temperaturasyna eýe. Yöne amorf jisimler anyk ereme temperaturasyna eýe däl. Olar gyzdyrylanda ilki ýumşap, soň ýuwaşjadan suwuklyga geçýär.

Biruny — mineralsynas alym

Gaty jisimleri, hususan-da, gymmat baha daşlaryň, dürli metallaryň häsiyetlerini bilmek gadymdan adamlary gyzyklandyryp gelipdir. X–XI asyrlarda ýaşap döredjilik eden beýik babakelanymyz *Abu Reýhan Biruny* gymmat baha daşlaryň, dürli metallaryň häsiyetlerini öwrenmekde-de beýik işler edipdir.

Biruny gymmat baha daşlaryň reňkini, ýaldyrawuklygyny suratlandyryp berdi, gatylygyny, magnit we elektrik aýratynlyklaryny öwrendi. Minerallary kesgitlemekde özi açыş eden abzallaryň kömeginde 50-den artyk maddanyň udel agyrlygyny kesgitledi, aýratynlygyny öwrendi. Bu ugurdaky ylmy barlag işlerini Biruny özünüň «Mineralogiýa» eserinde ýazyp galdyrypdyr. Birunynyň mineralogiýa ugrundaky işlerini onuň şägirdi *Abdurahman Hazin* dowam etdirdi.



1. Kristallik jisimler diýip nähili jisimlere aýdylýar? Olara mysallar getiriň.
2. Náme sebäpden ähli kristallik jisimler anizotrop bolýar?
3. Nähili kristallar monokristallar diýlip atlandyrylýar? Polikristal náme?
4. Náme sebäpden ähli amorf jisimler izotrop bolýar?
5. Amorf jisimler nähili häsiyetlere eýe?
6. Biruny mineralogiýa ugrunda nähili işleri amala aşyrypdyr?

36-§. GATY JISIMLERIŇ MEHANIKI HÄSIÝETLERİ

Deformasiýa

Gaty jisimler öz-özünden şeklini üýtgetmeyär. Eger gaty jisime daşky täsir berilse ol öz şeklini üýtgetmegi mümkün. Meselem, rezin ýüpüň uçlaryndan tutup çekilse, ýüpüň bölekleri bir-birine görä orun üýtgedýär, ýüp uzynrak hemde inçerák bolup galýar. Güýçleriň täsiri bes edilenden soň rezin ýüp başlangyç ýagdaýyna gaýdýar.



Daşky täsir sebäpli jisimiň şekliniň üýtgemegine deformasiýa diýilýär.

Deformasiýa maýyşgak ýa-da plastik bolmagy mümkün.



Daşky güýçleriň täsiri bes edilenden soň jisimiň şekli özünüň başlangyç ýagdaýyna gaýtsa, şeýle deformasiýa maýyşgak deformasiýa diýilýär.

Bir parça plastilini barmaklar bilen ezilse, barmaklar plastilinden alnandan soň ol başlangyç şeklini dikeldip bilmeyär.



Jisime goýlan daşky täsir bes edilenden soň deformasiýa ýitmese, şeýle deformasiýa plastik deformasiýa diýilýär.

Laý, mum, gurşun ýaly jisimler şeýle häsiýete eýe bolup, olar plastik deformirlenýär. Örän uly güýç emele getirýän pressleriň kömeginde polat önümleri stampowka etmekde poladyň plastiklik häsiýetinden peýdalanylýar.

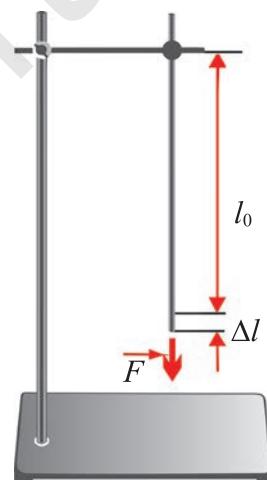
Süýnme deformasiýasy

Uzynlygy l_0 , kese kesiginiň meýdany S bolan rezin materialdan taýýarlanan steržen alalyň. Sterženiň ýokary ujy stative berkidilen bolsun. Onuň aşaky ujuna pese yönelen F güýç bilen täsir edilse, steržen Δl -e uzalýar (52-nji surat). Bu ýerde F güýç deformirleyji güýç, Δl **absolýut uzalma** diýlip atlandyrylýar. Eger steržen deformirlenmegeni netijesinde uzynlygy l -e deň bolsa, onuň absolýut uzalmasy aşakdaky ýaly anyklanýar:

$$\Delta l = l - l_0. \quad (1)$$

Hemişelik güýjüň täsirinde absolýut uzalma sterženiň başlangyç uzynlygy l_0 -a bagly bolýar. Şonuň üçin **otnositel uzalma** diýen düşünje hem girizilen. Sterženiň otnositel uzalmasy aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{ýa-da} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%. \quad (2)$$



52-nji surat

Mehaniki güýjenme

Gaty jisimleriň mehaniki häsiýetleri diýende gaty jisimleriň daşky mehaniki güýçleriň täsiri astynda deformirlenmegeni we şu güýçleriň täsirindäki ýumrulmaga amlılyk ukybyny kesgitleyän häsiýetleri düşünilýär.



Deformirlenen jisimiň birlik kese kesiginiň meýdanyna täsir edyän deformirleýji güýje san taýdan deň bolan fiziki ululyga mehaniki güýjenme diýilýär we u σ harpy bilen belgilenýär.

Kesgitlemä görä mehaniki güýjenme: $\sigma = \frac{F}{S}$. (3)

σ – mehaniki güýjenme. Golland alymy Guk tejribede maýysgak moduly ýada **Ýunguň moduly** diýlip atlandyrylýar. Halkara birlikler sistemesinde mehaniki güýjenme we Ýunguň modulynyň birligini, edil basyş birligi ýaly **Paskal** kabul edilen .

Ýunguň moduly E näçe uly bolsa, material şonça kem deformirlenýär. Käbir maddalaryň maýysgak moduly jedwelde getirilen.

Nº	Madda	E , Pa	Nº	Madda	E , Pa
1	Gurşun	$1,1 \cdot 10^{10}$	4	Mis	$1,1 \cdot 10^{11}$
2	Beton	$1,6 \cdot 10^{10}$	5	Polat	$1,9 \cdot 10^{11}$
3	Alýuminiý	$7 \cdot 10^{10}$	6	Nikel	$2,1 \cdot 10^{11}$

Mehaniki güýjenmäniň $\sigma = \frac{F}{S}$ we otnositel uzalmasyň $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ aňlatmalary

Gukuň kanunynyň aňlatmasyna (4) goýup, aşakdaky aňlatmany alarys:

$$\frac{F}{S} = E \frac{|\Delta l|}{l_0}. \quad (5)$$

Bu ýerden $F = E \cdot S \frac{|\Delta l|}{l_0}$ (6) gelip çykýar. Eger $\frac{E \cdot S}{l_0} = k$ diýip belgilesek,

(6) aňlatmany aşakdaky ýaly ýazmak mümkün: $F = k \cdot |\Delta l|$.

Berklik çägi

Bir ujy asma berkidilen polat simiň ikinji ujuna jamy ildirip oňa ýük goýsak, polat sim dartgynlaşýar. Jama yzly-yyzyna ýükler goýulsa simdäki me-

haniki güýjenme hem barha artyar. Güýjenmäniň mälim bir bahasynda sim üzülip gidýär. Maddanyň materialynyň çydamagy mümkin bolan mehaniki güýjenmäniň bu bahasyny berklik çägi diýip atlandyrmak kabul edilen. Käbir maddalaryň berklik çägi aşakdaky jedwelde getirilen. Materialyň berklik çägi maddanyň görnüşine we onuň taýýarlanylş tehnologýasyna bagly bolýar.

	Madda	σ , MPa
1	Beton	48
2	Alýuminiý	50 ÷ 115
3	Kapron	55 ÷ 80
4	Mermer	100
5	Polat	170 ÷ 700

Maýışgaklyk. Islendik materiallardan ýasalan jisim kiçi deformasiýalar da özüni maýışgak jisim ýaly saklayár. Daşky täsir alyp taşlanandan soň jisimiň şekli we ölçegleri aslyna gelýär.

Portluk. Gaty jisimleriň portluk diýilip atlandyrylyan häsiýeti amalda uly ähmiýete eýe. Eger material onçakly köp bolmadık deformasiýalarda ýumrulsa, ol port material diýilip atlandyrylyar. Çüýše we keramiki önümler port bolýar. Şonuň ýaly-da, çoýun we mermer port hasaplanýar. Port materiallarda plastiklik häsiýeti bolmaýar diýen ýalydyr.



1. Deformasiýa diýip nämä aýdylýar? Onuň nähili görnüşlerini bilyärsiňiz?
2. Absolut we otnositel uzalma aňlatmalaryny ýazyň we olary düşündiriň.
3. Mehaniki güýjenme diýip nämä aýdylýar? Ol nähili birlikde ölçenýär?
4. Ýunguň moduly diýip nämä aýdylýar? Onuň manysyny düşündirip beriň.

37-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Metal sterženiň absolut we otnositel uzalmasy degişlilikde 3 mm we 0,15 % bolsa, deformirlenmedik sterženiň uzynlygyny anyklaň.

Berlen:

$$\Delta l = 3 \text{ mm} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\varepsilon = 0,15 \text{ %.}$$

Tapmaly:

$$l_0 = ?$$

Formulasy:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%$$

bu ýerden

$$l_0 = \frac{\Delta l}{\varepsilon} \cdot 100\%.$$

Hasaplamak:

$$l_0 = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{0,15 \%} \cdot 100 \% = 2 \text{ m.}$$

Jogaby: $l_0 = 2 \text{ m.}$

2-nji mesele. Diametri 2 mm bolan polat sime 6 kg massaly ýük asylan. Simde nähili mehaniki güýjenme emele gelýär?

Berlen: $d = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $m = 4 \text{ kg.}$	Formulasy: $F = m \cdot g \quad \text{we} \quad S = \pi d^2 / 4$ $\sigma = \frac{F}{S} = \frac{mg}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4mg}{\pi \cdot d^2}.$	Hasaplamak: $\sigma = \frac{4 \cdot 4 \cdot 10}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} \frac{\text{N}}{\text{m}^2} =$ $= 1,27 \cdot 10^7 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$
Tapmaly: $\sigma = ?$	$[\sigma] = \left[\frac{F}{S} \right] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa.}$	Jogaby: $\sigma = 1,27 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2.$

3-nji mesele. Uzynlygy 4 m, kesimi 10 mm^2 bolan polat simi 2 mm-e süýndürmek üçin näçe güýç goýmaly? Polat üçin maýýşgaklyk moduly 190 GPa.

Berlen: $\ell_0 = 4 \text{ m}$ $S = 10 \text{ mm}^2 = 10^{-5} \text{ m}^2$ $\Delta l = 2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ $E = 190 \text{ GPa} = 1,9 \cdot 10^{11} \text{ Pa.}$	Formulasy: $\sigma = \frac{F}{S};$ $\sigma = E |\varepsilon| = E \frac{\Delta l}{l_0};$ $F = E \frac{\Delta l}{l_0} S.$	Hasaplamak: $F = \frac{1,9 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4} =$ $= 950 \text{ N}$
Tapmaly: $F = ?$	$[F] = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}} \cdot \text{m}^2 = \text{N.}$	Jogaby: $F = 950 \text{ N.}$

4-nji mesele. Wertolýotdan düşürlýän polat tanap özuniň agyrlygy sebäpli üzülip gitmezligi üçin onuň uzynlygy iň bolmanda näçe bolmaly? Poladyň berklik çägi $1,7 \cdot 10^8 \text{ Pa}$, dykylzlygy 7800 kg/m^3 -a deň.

Berlen: $\sigma = 1,7 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ $g = 10 \text{ m/s}^2.$	Formulasy: $\sigma = \frac{\rho V g}{S} = \frac{\rho S l g}{S} = \rho l g;$ $[l] = \frac{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = \text{m.}$	Hasaplamak: $l = \frac{1,7 \cdot 10^8}{7800 \cdot 10} \text{ m} = 2180 \text{ m.}$
Tapmaly: $l = ?$		Jogaby: $l = 2180 \text{ m.}$

**M
21**

- Diametri 2 cm bolan polat tanaba agyrlygy 30 kN bolan ýük asylan. Tanapdaky mehaniki güýjenmäni anyklaň.
- 18 kN süýndürme güýji berlende, $6 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ mehaniki güýjenme emele gelmegi üçin polat sterženiň kese kesiginiň meýdany näçe bolmaly?
- Berklik çägi 0,5 MPa we dykyzlygy 4000 kg/m³ bolan kerpiç diwaryň beýikligi iň köpi bilen näçe bolmagy mümkün?
- Uzynlygy 80 cm we kese kesiginiň meýdany 0,5 mm² bolan sime massasy 25 kg bolan ýük asylanda sim 2 mm-e uzaldy. Şu sim üçin Ýunguň modulyny anyklaň.
- Polatdan ýasalan sterženiň ujuna 7,85 kN güýc goýlarda ol üzülip gitdi. Onuň diametri nähili bolupdyr? Polat üçin berklik çägi 170 MPa.
- * Bir ujundan asyp goýlan polat sim suwa sokulýar. Sim özünüň agyrlygy täsirinde üzülip gitmezligi üçin simiň uzynlygy näçe bolmaly? Polat üçin berklik çägi 170 MPa, dykyzlygy 7800 kg/m³-a deň.

38-§. GATY JISIMLERIŇ EREMEGI WE GATAMAGY

Gaty jisime ýylylyk bermek ýoly bilen ony suwuk halyna geçirilmek mümkün.



**Maddanyň gaty halyndan suwuk halyna geçiş prosesi
ereme diýlip atlandyrylýar.**

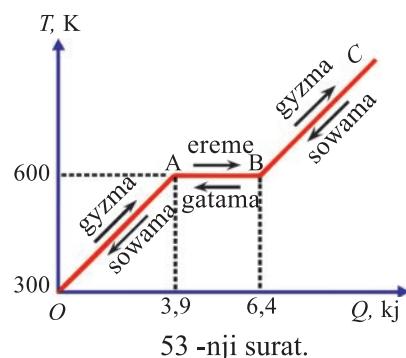
Kristallik jisimi eretmek üçin oňa ýylylyk berip, onuň temperaturasyny barha artdyralyň. Kristallik jisimiň temperaturasy mälim temperatura ýetende ol eräp başlaýar.



**Kristallik jisimiň ereme prosesindäki temperaturasy şu
kristalyň ereme temperaturasy diýlip atlandyrylýar.**

Kristallik jisimiň ereme we gatama prosesini gurşunyň mysalynda garap geçeliň. Onuň ereme we gatama prosesini grafiki ýagdaýda şekillendireliň. Munuň üçin koordinatanyň abssissa okuna gurşuna T, K berilýän ýylylyk mukdaryny, ordinata okuna bolsa kristalyň temperaturasynyň özgerişini görkezelien (53-nji surat).

27 °C (300 K) temperaturaly massasy 0,1 kg bolan gurşun alalyň. Ony kyn ereýän metal gaba salyp, ýylylyk berip baralyň. Bu ýylylyk barha gaty halyndaky gurşunyň temperaturasyny artdyrmagala sarplanýar. Bu ýerde gurşuna berlen ýylylyk onuň içki energiyasyny artdyrmagala sarplanýar. Gurşunyň temperaturasy



327 °C (600 K) -a ýetende ol eräp başlaýar we eräp bolýança onuň temperaturasy üýtgewsiz galýar. Bu temperatura gurşunyň **ereme temperaturasydyr**.



Ereme temperaturasyndaky kristallik jisimi bütinley suwuklyga öwürmek üçin sarf bolan ýylylyk mukdary ereme ýylylygdiýilýär.

Berlen 0,1 kg massaly gaty halyndaky gurşunyň temperaturasyny 27 °C-dan 327 °C çenli artdyrmak üçin $Q = cm(T_2 - T_1) = 130 \text{ J/(kg} \cdot \text{K}) \cdot 0,1 \text{ kg} \cdot (600 - 300) \text{ K} = 3900 \text{ J} = 3,9 \text{ kJ}$ ýylylyk mukdary sarplanýar (53-nji suratda görkezilen *grafigiň O – A bölegi*).

Gurşunyň temperaturasy 327 °C (600 K)-a ýetenden soňky berlen ýylylyk mukdary kristallik gözenegini barha ýumurýar we kristal eräp başlaýar. Gurşun doly eräp bolýança onuň temperaturasy üýtgemeýär (*grafigiň A–B bölegi*). Berlen bu energiýa kristallik gözenegini dargatmaga, onuň atomlarynyň arasyndaky özara täsiri kemeltmäge, ýagny gurşunyň **suwuk halyna geçmegine** sarplanýar.

Ereme prosesinde kristal suwuklyga doly öwrülip bolmaýança onuň temperaturasy üýtgemeýär. Gurşun suwuklyga doly öwrülip bolandan soň onuň temperaturasy ýene artyp başlaýar (*grafigiň B – C bölegi*). Bu ýerde berlen ýylylyk suwuk halyndaky gurşunyň atomlarynyň hereket tizligini artdyrmagá, ýagny **kinetik energiýasyny artdyrmagá** sarplanýar.

Suwuk halynadaky gurşun gyzdyryjy ot söndürilse, ýagny oňa energiýa berilmegi bes edilse, ol sowap başlaýar (*grafigiň C – B bölegi*). Bu ýerde gurşun atomlarynyň kinetik energiýasy, şeýdip, maddanyň **içki energiýasy barha kemelyär**. Gurşundan ýylylyk bölünip çykýar.

Suwuk gurşun barha sowap, 327 °C (600 K)-a ýetende onuň temperaturasy üýtgewsiz galýar (*grafigiň B – A bölegi*). Bu temperatura **gurşunyň gatama temperaturasydyr**. Yöne gurşundan ýylylyk bölünip çykmagy dowam edýär. Bu ýerde gurşunyň atomlarynyň kinetik energiýasy barha kemelyär we atomlar tertipli ýerleşip başlaýar. Bu prosese maddanyň **gatamagy ýa-da kristallaşmagy** diýilýär.

Gurşun gaty halyna geçip bolandan soň onuň temperaturasy ýene peselip başlaýar (*grafigiň A – O bölegi*). Atomlaryň kinetik energiýasynyň kemelmeginiň hasabyna onuň **içki energiýasy barha kemelyär**. Bu ýerde temperatura başlangyç 27 °C çenli peselýänçe gurşun daşky gurşawa ýylylyk geçirýär. Doly kristal haly-na gaydyp, 327 °C-dan 27 °C çenli sowáyança gurşundan 3,9 kJ ýylylyk mukdary bölünip çykýar.

Başa ähli kristallik jisimleriň ereme we gatama prosesleri gurşun ýaly bolýar. Garalan ereme we gatama prosesinden aşakdaky netijelere gelmek mümkün:

- Kristallik jisimiň ereme we gatama temperaturalary birmeňzeşdir.**
- Kristallik jisim ereme prosesinde daşardan näçe ýylylyk mukdary alsı, gatama prosesinde daşary şonça ýylylyk mukdaryny berýär.**
- Kristallik jisimiň ereme we gatama proseslerini aňladýan ýylylyk grafikleri üstme-üst düşyär.**

Gurşun ýaly başga kristallik jisimler hem anyk ereme (gatama) temperaturasyna eýe. Aşakdaky jedwelde käbir maddalaryň ereme temperaturasy t_e getirilen.

Nº	Madda	t_e , °C	Nº	Madda	t_e , °C	Nº	Madda	t_e , °C
1	Simap	-39	5	Sink	420	9	Çoýun	1220
2	Buz	0	6	Alýuminiý	660	10	Demir	1539
3	Galaýy	232	7	Altyn	1064	11	Platina	1769
4	Gurşun	327	8	Mis	1083	12	Wolfram	3410

- 
- Ereme diýip nähili prosese aýdylýar?
 - Ereme temperaturasy diýip nähili temperatura aýdylýar?
 - Ereme ýylylygy diýip nähili ýylylyga aýdylýar?
 - 53-nji suratda şekillendirilen grafiği derňäp beriň.

39-§. MADDANYŇ UDEL EREME ÝYLYLYGY. AMORF JISIMLERIŇ EREMEGI WE GATAMAGY

Maddanyň udel ereme ýylylygy



Ereme temperaturasynda duran 1 kg kristallik maddany doly eretmek üçin zerur bolan ýylylyk mukdaryna udel ereme ýylylygy diýilýär we λ (lýambda) bilen belgilényär .

Kesgitlemä görä, m massaly maddanyň udel ereme ýylylygy aşakdaky ýaly aňladylýär:

$$\lambda = \frac{Q_e}{m}, \quad (1)$$

bu ýerde Q_e – ereme temperaturasynda maddany suwuklyga öwürmek üçin zerur geçýän ýylylyk mukdary. λ esasan J/kg we kJ/kg, birliklerde ölçenýär.

(1) formuladan udel ereme ýylylygy λ bolan m massaly jisimi ereme temperaturasynda eretmek üçin zerur geçýän ýylylyk mukdaryny aşakdaky ýaly aňlatmak mümkün:

$$Q_e = \lambda \cdot m. \quad (2)$$



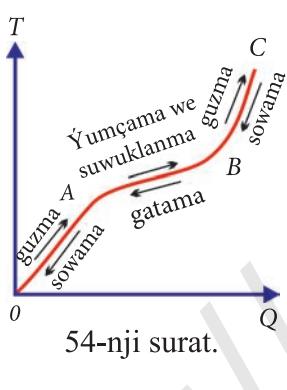
Berlen massaly kristallik jisimi ereme temperaturasynda suwuklyga öwrürmek üçin näçe ýylylyk mukdary sarplanan bolsa, şu temperaturada suwuk halyndan gaty halyna öwrülmeginde şonça ýylylyk mukdary bölünip çykýar.

Käbir kristallaryň udel ereme ýylylygy aşakdaky jedwelde berlen.

Nº	Madda	λ , kJ / kg	Nº	Madda	λ , kJ / kg
1	Simap	12	6	Kümüş	105
2	Gurşun	25	7	Mis	205
3	Galaýy	60	8	Demir	266
4	Altyn	64	9	Buz	334
5	Polat	84	10	Alýuminiý	385

Amorf jisimleriň eremegi we gatamagy

Amorf jisime ýylylyk berlende onuň temperaturasy ilki bir tekiz barha artýar (54-nji suratdaky grafigiň *O-A bölegi*). Bu ýerde berlen ýylylyk jisimdäki molekulalaryň öz ýerinde yrgyldylaryny güýçlendirmäge, ýagny **kinetik energiyasyny artdyrmagá** sarp bolýar.



A nokatdan başlap temperaturanyň artmagy haýallaşyár (*grafigiň A-B bölegi*). Berlen ýylylyk **molekulalaryň kinetik energiyasyny we molekulalaryň özara täsir potensial energiyasyny artdyrmagá** sarplanýár. Bu ýerde molekulalaryň arasyndaky baglanyşygyň berkligi barha kemelmegi netijesinde jisim ýumşap suwuklaşyp başlaýar.

Jisim doly suwuklyga öwrüldenden soňky berlen ýylylyk mukdary molekulalaryň hereket tizligini artdyrmagá, ýagny **kinetik energiyanyň artmagyna** sarplanýár (*grafigiň B-C bölegi*).



Amorf jisimler anyk ereme temperaturasyna eýe däl. Ýylylyk berlende amorf jisimler ilki ýuwaş-ýuwaşdan ýumşayár, soňra suwuklyga geçip başlayár.

Suwuk halyna öwrülen amorf jisim sowadylandaky gatamagy ereme prosesine ters bolýar. Kristallik jisimdäki ýaly amorf jisimiň ereme prosesindäki temperaturanyň ýylylyk mukdaryna baglylyk grafigi gatama prosesindäki grafik bilen üstme-üst düşyár.

Ereme prosesini öwrenmek tebigatda (meselem, Yeriň üstünde garyň we buzuň eremegi), ylymda we tehnikada (meselem, sap metallar, garyndylary almakda, galaýylamakda) möhüm ähmiyete eýe.

Mesele çözmeğiň nusgasy

20 °C temperaturadaky 4 kg massaly suwa 0 °C temperaturaly buz salyndy. Buz bütinley eremegi üçin onuň massasy köpi bilen nähili bolmaly? Buzuň udel ereme ýylylygy 336 kJ/kg.

Berlen:

$$t_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_1 = 4 \text{ kg}$$

$$t_2 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 336 \text{ kJ/kg.}$$

Tapmaly:

$$m_2 = ?$$

Formulası: $Q_1 = Q_2$

$$Q_1 = m_1 c(t_1 - t_2) \text{ we } Q_2 = \lambda m_2$$

$$m_2 = \frac{m_1 c(t_1 - t_2)}{\lambda}.$$

$$[m_2] = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \text{K}}{\frac{\text{J}}{\text{kg}}} = \text{kg.}$$

Hasaplamak:

$$m_2 = \frac{4 \cdot 4200 \cdot 20}{336 \cdot 10^3} \text{ kg} = 1 \text{ kg.}$$

Jogaby: $m_2 = 1 \text{ kg.}$



1. Maddanyň udel ereme ýylylygy diýip nämä aýdylýar?
2. Maddanyň udel ereme ýylylygynyň formulası nähili aňladylýar? Onuň ölçeg birliklerini aýdyň.
3. Amorf jisimleriň ereme we gatama prosesini düşündirip beriň.
4. Amorf jisimleriň ereme we gatama prosesi kristallik jisimleriň ereminden we gatamagyndan nähili tapawutlanýar?



1. Ereme temperaturasynda duran 3 kg buzy suwa öwürmek üçin oňa näçe ýylylyk mukdaryny bermeli?
2. Ereme temperaturasynda duran m massaly galaýyny doly eretmäge 10 kJ ýylylyk mukdary sarplandy. Eredilen galaýynyň massasyny tapyň.
3. Doňduryjyga goýlan 0 °C dagi 0,5 l suw doly doňyança ondan näçe ýylylyk bölünip çykýar?
4. Ereme temperaturasynda duran 5 kg jisimi doly eredýänce 420 kJ ýylylyk mukdary sarplandy. Bu jisim haýsy maddadan taýýarlanan?
5. Temperaturasy 0 °C bolan 1 l suwy gaýnatmak üçin sarplanýan enerjiýa şeýle temperaturadaky näçe buzy eretmegi mümkün?
6. Üstüniň meýdany 250 m² bolan howzuň suwy 0 °C temperaturada 1 mm galyňlykdaky buz bilen örtüldi. Bu ýerde töwerekge näçe ýylylyk mukdary bölünip çykan? Buzuň dykyzlygyny 900 kg/m³ -a deň diýip alyň.

40-§. BUGARMA WE KONDENSASIÝA

Agzy gowuja ýapylan gapda suwuklyk (meselem, atyr) uzak wagt dursada onuň mukdary üýtgemeýär. Agzy açık galdyrylsa wagtyň geçmegi bilen onuň mukdary barha kemelýär we uzak wagtdan soň gapda atyr galmanlygyny görýäris. Gözegçilik edilen bu fiziki hadysa bugarma hadysasy sebäpdir.



Maddanyň suwuk ýa-da gaty agregat halynan gaz halyna geçiş prosesine bugarma diýilýär.

Maddanyň gaz halyna geçmegi onuň erkin üstünde bug emele gelmegi bilen geçirýär. Biz ilki suwuklygyň bug ýagdaýyna geçişine garap geçirýäris.

Islendik temperaturada suwuklygyň içinde molekulalaryň arasynda kinetik enerjýasy uly bolan molekulalar tapylyar. Olar başga molekulalaryň dartyş güýçlerini ýeňip, suwuklygyň üstki gatlagyny «ýaryp geçirip» uçup çykmagy we gaz halyna geçmegi mümkün.

Suwuklygyň temperaturasy artmagy bilen bugarma hem artýar. Bugarma suwuklygyň üstündäki howanyň ýagdaýyna hem bagly. Şemal öwsüp duranda suwuklygyň üstündäki molekulalara şemal goşmaça energiýa berenligi sebäpli suwuklyk tizräk bugarýar. Meselem, eger howanyň temperaturasy ýokary hem-de şemal öwsüp duran bolsa lüýk suw tizräk guraýar.

Tarelka we stakana birmeňzeş mukdarda suw salalyň. Birnäçe sagatdan soň, tarelkadaky suw bugaryp gidýär, stakandaky suw galýar. Diýmek, bugarma suwuklygyň üstüniň ululygyga hem bagly eken. Sonuň ýaly-da, bugarma tizligi suwuklygyň üstüne täsir edýän atmosfera basyşyna hem bagly. Atmosfera basyşy pes bolan ýerlerde bugarma çaltlanýýar.

Udel bugarma ýylylygy

Bugarma prosesinde enerjýasy ulurak bolan molekula başga molekulalaryň dartyş güýjüni ýeňip, suwuklykdan daşary çykyp gidýär. Bugarýan molekulalaryň daşary çykyp gitmegi üçin iş edilýär. Şu sebäpli bugarma prosesinde suwuklyk sowaýar.

Bugarmada suwuklygyň temperaturasy hemişelikdigi üçin oňa daşardan ýylylyk berip durmaly bolýar. Bu berip durulmaly bolan ýylylyk mukdaryna **bugarma ýylylygy** diýilýär.



Hemisilik temperaturada 1 kg suwuklygy doly buga öwürmek üçin zerur bolan ýylylyk mukdaryna udel bugarma ýylylygy diýilýär we r harpy bilen belgilenýär.

Kesgitlemä görä, m massaly suwuklygyň udel bugarma ýylylygy aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$r = \frac{Q_b}{m}. \quad (1)$$

Bu aňlatma görä udel bugarma ýylylygynyň birligi J/kg -da aňladylýar.(1) aňlatmadan m massaly suwuklygy doly buga öwürmek üçin zerur bolan ýylylyk mukdaryny hasaplamak aňlatmasы gelip çykýar, ýagny:

$$Q_b = r \cdot m. \quad (2)$$

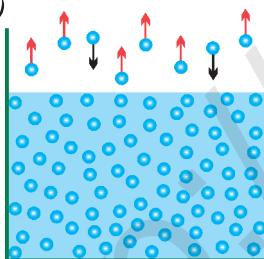
Normal şertde gaýnama temperaturasynda duran 1kg suwy doly buga öwürmek üçin $2,3 \cdot 10^6 J$ energiya sarplanýar. Diýmek, suw üçin udel bugarma ýylylygы $r = 2,3 \cdot 10^6 J/kg$ deň eken.

Kondensasiýa

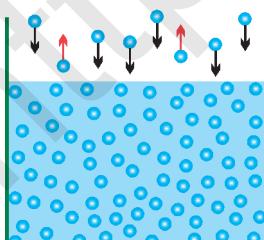
Bugarma prosesine bir wagtda ters proses hem bar, ýagny bug ýene suwuklyga öwrülyär. Agzy ýapyk gapdaky suwuklygyň mukdarynyň üýtgewsiz galmagyna hut şu buguň kondensirlenmegi sebäpdır.

Buguň suwuklygyň ýagdaýyna geçiş prosesi *kondensasiýa* diýip atlandyrylýar.

a)



b)



«Kondensasiýa» latynçada «dykyzlaşma», «goyalma» diýen manylary aňladýar.

Adatda, suwuklyk bir wagtda hem bugarýar, hem kondensirlenýär. Bugarma prosesi üstünräk bolsa, suwuklyk bugarýar diýilýär (55-nji a surat). Kondensasiýa prosesi üstünräk bolanda bolsa, kondensirlenýär diýilýär (55-nji b surat).

Atmosferadaky suw buglarynyň kondensasiýasy netijesinde ýagyş, doly, gar, çyg we gyraw emele gelyär.

Energiýanyň saklanma we öwrülmeye kanunyna görä berlen suwuklygy bugartmak üçin näçe ýylylyk mukdary sarplanan bolsa, bug kondensirlenip şeýle temperaturaly suwuklyga öwrülende bugarma ýylylygyna deň bolan ýylylyk mukdary bölünip çykýar we bu ýylylyga kondensirlenme ýylylygy diýilýär.

$$Q_k = - Q_b = - r \cdot m. \quad (3)$$

55-nji surat.

Doýgun we doýgun däl bug

Bugarýan suwuklygyň üsti ýapylsa, suwuklygyň üstünde bug toplanyp başlaýar. Ilki, bugarýan molekulalar sany kondensirlenýän molekulalar sanyn-dan köp bolýar. Munda suwuklygyň üstündäki buga **doýgun däl bug** diýilýär.

Ýapyk gapdaky suwuklygyň üstünde buguň molekulalarynyň köpelmegi bilen kondensirlenme hem artýar. Mälim wagta baryp bugarma we kondensir- lenme tizligi deňleşyär. Şeýle ýagdaýa **dinamiki deňagramlylykly ýagday** diýilýär.



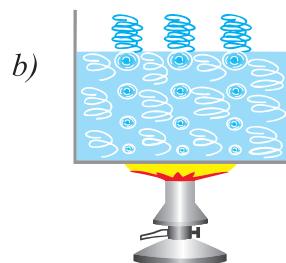
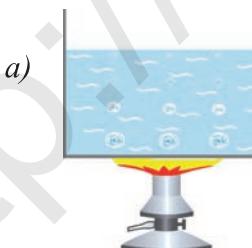
Özüniň suwuklygy bilen dinamiki deňagramlylykda bolan bug doýgun bug diýlip atlandyrylýar. Şeýle şartde suwuklygyň üstünde emele gelen basyşa doýgun buguň basyşy diýilýär.

Suwuklygyň temperaturasy barha artanda doýgun buguň basyşy hem artýar. Doýgun buguň basyşyny $p = nkT$ deňleme arkaly aňlatmak mümkün.

Gaýnama

Islendik şartde suwuklygyň içinde göze görünmeýän howa köpürjikleri bar bolýar. Suwuklygyň üstündäki ýaly bu köpürjikler içinde hem suwuklygyň buglary emele gelýär. Suwuklyk, meselem, suwuň temperaturasy barha artanda köpürjiklerdäki buguň basyşy hem barha artýar we köpürjikler ulalýar. Ulalan köpürjikler Arhimediň güjji täsirinde ýokary ymtylýar.

Suwuň ýokary gatlaklary gabyň düýbüne görä ýeterli derejede gyzyp yetişmäniligi üçin köpürjiklerdäki buguň mälim bölegi kondensirlenýär (56-njy a surat). Bu hadysa suwuň gaýnamazdan öñ özbuluşly ses çykarmagynda yüze çykýar. Mälim wagtdan soň suwuklygyň bütin göwrümide temperatura deňleşyär. Göterilýän köpürjikler indi kiçileşmeýär. Olar üste çykyp ýarylyp – «partlap», howada bug emele getirýär (56-njy b surat).



56-njy surat.



Suwuklygyň bütin göwrumi boýunça bug emele geliş prosesi gaýnama diýlip atlandyrylýar.

Gaýnama wagtynda suwuklygyň bütin göwrümimde temperatura deňleşyär we ol intensiw ýagdaýda buğarýar. Suwuklyk gaýnap başlarda onuň temperatursynyň artmagy togtayáar. Onuň tutuş göwrümimde köpjikler peýda bolýar. Bu temperatura **suwuklygyň gaýnama temperaturasy** diýilýär.

Gaýnama temperaturasy dürli suwuklyklar üçin dürlüce bolýar. Meselem, normal şertde spirt 78 °C-da, suw 100 °C-da gaýnayáar.

Daşky basyş näçe uly bolsa, gaýnama temperaturasy şonça ýokary bolýar. Meselem, içindäki basyş $16 \cdot 10^5$ Pa-a deň bolan bug gazanynda suw 200 °C-da hem gaýnamaýar. Lukmançylyk edaralarynda hirurglyk abzallaryny ýokumly bakteriýalardan zyýansyzlandyrmak üçin olar ýokary basyşda gaýnadylýar.

Daşky basyşyň peselmegi bilen bolsa suwuklygyň gaýnama temperaturasy barha peselyär. Meselem, dagyň 5 km beýikliginde atmosfera basyşy pesräk bolany üçin suw 84 °C-da gaýnayáar. Şeýle temperaturada suw her näçe gaýnadylsa -da oňa salnan et bişmeýär. Ony bişirmek üçin gaby germetik ýapyp gaýnadylmaly.

1. Bugarma diýip nähili prosese aýdylýar? Ol nähili amala aşýar?
2. Nâme üçin orulan ot şemal bolmandaka garanda, şemal bolanda tizräk guraýar?
3. Kondensasiýa prosesi nähili geçýändigini düşündirip beriň.
4. Nähili bug doýgun däl bug bolýar?
5. Doýgun bug diýip nähili halyndaky buga aýdylýar?
6. Suwy gyzdyrmazdan gaýnatmak mümkünmi?
7. Suw 250 °C temperaturada hem suwuk halynda bolýarmy?
8. Köp etažly jaýlaryň birinji we ahyrky etažlarynda suwuň gaýnama temperaturasy nähili tapawutlanýar?

41-§. ATMOSFERADAKY HADYSALAR

Howanyň çyglylygy

Ýer şarynyň 2/3 bölegini suw düzýär. Suwuň bugarmagy sebäpli atmosferanyň düzümimde hemise suw bugy bolýar. Düzümimde suw bugy bolan howa çyg howa ýa-da **çyglylyk** diýilýär. Howada suw buglary näçe köp bolsa, onuň çyglylygy şonça ýokary hasaplanýar.



1m³ howadaky suw bugunyň massasyna howanyň absolút çyglylygы diýlip atlandyrylýar.

Absolút çyglylyk 1m³ howada näçe gram suw bugy bardygyny aňladýar. Berlen göwrümdäki howada suw bugunyň massasy arkaly absolút çyglylyk aşakdaky ýaly hasaplanýar:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Cyglylyk mälim ρ_0 mukdara ýetende howa suw buguna doýunýar. Bu wagtda howadaky suw bugunyň dykyzlygyny doýgun suw bugunyň dykyzlygy diýip atlandyrmak kabul edilen. Howanyň temperaturasynyň artmagy bilen, onuň doýunma çägi hem barha artýar.

Howadaky suw bugunyň doýgunlyk derejesini bahalamak üçin otnositel cyglylyk düşünjesi girizilen. Temperaturasy t bolan howada bar bolan suw bugy absolýut cyglylygynyň şu temperaturada doýgun buguň dykyzlygyna gatnaşygynyň göterimlerde alınan bahasyna **howanyň otnositel cyglylygы** diýilýär, ýagny:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%. \quad (2)$$

Diýmek, absolýut cyglylygyň berlen temperaturadaky doýgun bug dykyzlygyna gatnaşygy otnositel cyglylyk eken. Otnositel cyglylyk howanyň suw buguna näçe doýgunlygyny aňladýar. Otnositel cyglylyk 100%-e deň bolanda howadaky suw bugunyň doýgunlygy, bugarma bolmaýandygyny aňladýar.

Käte howadaky suw bugunyň basysyna hem absolýut cyglylyk diýilýär. Şonuň üçin absolýut cyglylygy suw bugunyň basyş arkaly hem aňladyp bileris. Temperaturasy t bolan howada bar bolan suw bugunyň p basyşynyň şu temperaturada doýgun buguň p_0 basyşyna gatnaşygynyň göterimlerde alınan bahasy arkaly **howanyň otnositel cyglylygyny aşakdaky ýaly hasaplaýarys**, ýagny:

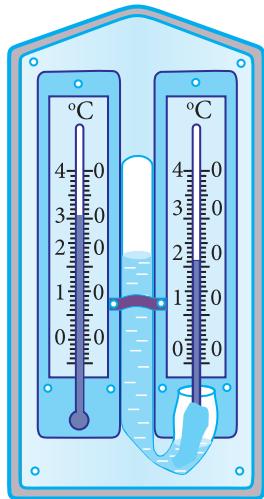
$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\%, \quad (3)$$

bu ýerde p – howadaky suw bugunyň basyşy, p_0 – doýgun buguň basyşy.

Temperaturanyň dürlü bahalary üçin doýgun suw bugunyň dykyzlygy we doýgun suw bugunyň basyşy aşakdaky jedwelde getirilen.

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_0, \text{g/m}^3$	p_0, kPa	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_0, \text{g/m}^3$	p_0, kPa	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_0, \text{g/m}^3$	p_0, kPa
1	5,2	0,653	11	10,0	1,31	21	18,3	2,49
2	5,6	0,706	12	10,7	1,39	22	19,4	2,64
3	6,0	0,759	13	11,4	1,49	23	20,6	2,81
4	6,4	0,813	14	12,1	1,59	24	21,8	2,98
5	6,8	0,880	15	12,8	1,71	25	23,0	3,17
6	7,3	0,933	16	13,6	1,81	26	24,4	3,36
7	7,8	0,999	17	14,5	1,93	27	25,5	3,56
8	8,3	1,07	18	15,4	2,07	28	27,2	3,78
9	8,8	1,15	19	16,3	2,19	29	28,7	3,99
10	9,4	1,23	20	17,3	2,33	30	30,3	4,24

Howanyň otnositel çyglylygyny ölçemek



57-nji surat.

Gurluşy ýönekeý bolan Awgust psihrometrinden peýdalanylп howanyň çyglylygyny ölçemek mümkün (grekçe *psixros-sowuk*). Ol biri gury, ikinjisi çygly termometrden ybarat (57-nji surat). Birinji termometr howanyň temperaturasyny ölçeyär. Ikinjisiniň ujy mata bilen dolanylп, aşaky ujy suwly gaba sokulan bolýar. Howa näce gury bolsa, suw matadan şonça tiz bugarýar we onuň temperaturasy şonça pes bolýar. Gury we çygly termometrler görkezen temperaturalar tapawudyň hasaplap, psihrometrik jedwelden otnositel çyglylyk anyklaňyä. Psihrometrik jedwel şu abzalyň özi bilen bile berilýär. Psihrometrik jedweliň bir bölegi (15–28 °C üçin) jedwelde getirilen.

Meselem, 57-nji suratdaky psihrometriň gury termometri 28 °C, çygly termometri 21 °C-y görkezyär. Bu ýerde termometrlerdäki tapawut 7 °C-y düzýär. Psihrometrik jedwelden howanyň otnositel çyglylygy 53 % ekenligini kesgitlemek mümkün.

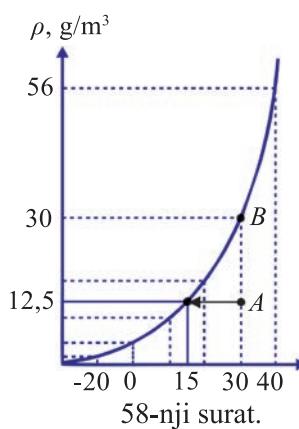
Psihrometrik jedwel

Gury termometriň görkezişi, °C	Gury we çygly termometrleriň görkezijileriniň tapawudy, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	29
	Otnositel çyglylyk, %										

Adatda, howanyň otnositel çyglylygy 50 %-den kem bolanda howa gury, 50–80 % bolanda normada, 80 %-den uly bolanda çyg hasaplanýar. Çyglylygyň uly bolmagy metal önumleriň poslamagyna, agaç önumleriniň çișmegine getirýär. Gury howada bolsa agaç önumler öz çyglylygyny ýitirip, gyşarmagy we ýaryl-magy mümkün.

Ýagynlaryň emele gelmegini

Ýer yüzünüň üstünde howanyň çyglylygy uly bolanda suw buglarynyň bir bölegi kondensirlenip, maýda suw damjalaryna öwrülýär. Olaryň atmosferadaky garyndysy **ümür** diýlip atlandyrylýar.



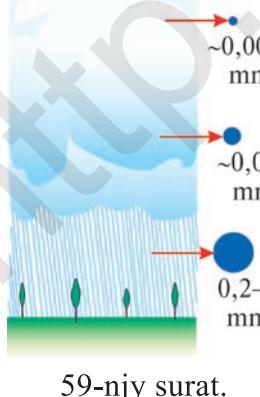
Doýgun däl suw bugy sowadylsa, mälim bir temperaturada doýgun buga öwrülýär. Aýdaly, gündizine 30 °C-ly howanyň absolvüt çyglylygy 12,5 g/m³ bolsun (58-nji suratdaky A nokat). Şeýle temperaturada howadaky suw buglary doýgun däl bolýar, doýunmagy üçin suw bugunyň dykyzlygy 30 g/m³ bolmaly (B nokat). Yöne gijesine howanyň temperaturasy peselip, daňa ýakyn 15 °C-a düşme-gi mümkün. Şeýle temperaturada howadaky bar suw buglary (12,5 g/m³) doýgun halyna geçýär (C nokat) we olar bölekleyin kondensirlenip, ýere **gyraw** bolup düşýär. Munda C nokada dogry gelýän t_g temperatura gyraw nokadydyr.



Suw bugy doýunýan temperatura gyraw nokady diýlip atlan-dyrylýar.

Howanyň absolvüt çyglylygyny gyraw nokady arkaly kesgitleýän abzala **gigrometr** diýilýär.

Temperatura 0 °C-dan pes bolan wagtlarda kondensir- lenen suw buglary buz bölejiklerini emele getirip, ýere **gyraw** bolup düşýär.



Okeandan we gury ýerlerden gösterilen buglaryň uly bölegi ýerden birnäçe kilometr beýiklikde uçup gezýär. Şeýle beýiklikde temperatura ýeriň üstündäkä garanda ep-esli pes bolýar. Şeýle şartde suw buglarynyň doýunmagy aňsat bolýar. Çyglylyk ýokary bolanda we temperatura ýene-de peselende doýgun buglar kondensirlenip, maýda suw bölejiklerini emele getirýär. Olar bize **bulut** bolup görünýär. Temperatura ýene-da peselende suw bölejikleri birleşip, suw damjalaryna öwrülýär. Öz agyrlygyny saklap durup bilmedik suw damjalary ýere **ýagyş** bolup düşüp başlaýar (59-njy surat).

Bulutdaky temperatura sowap gidende suw bulgalyr buz bölejiklerini emele getirip kondensirlenyär. Buz bölejikleri bir-biri bilen birleşip, **gar** uçgunlaryny emele getirýär we şeýlelikde gar ýagýar (60-njy surat).

Pes temperaturaly bulutda emele gelen buz bölejikleri howa akymlarynyň täsirinde birnäçe gezek ýokary-aşak hereketlenmegeni mümkün. Bu ýerde buz bölejikleri her gezek göterilende olary buz perdesi örtýär. Her bir göterilip düşende buz bölejikleri barha irileşyär we **doly** emele gelýär.



60-njy surat.

Howa ýagdaýy

Howanyň temperaturasy, çyglylygy, basyşy, şemal, bulutlygy, ýagynlar, ümür, çyg, gyraw ýaly atmosferadaky hadysalar howa ýagdaýyny düzýär.



Anyk bir wagtda mälim bir ýerdäki howanyň ýagdaýy howa ýagdaýy diýlip atlandyrylýar. Howanyň temperaturasyna, çyglylygyna we basyşyna howa ýagdaýynyň esasy elementleri diýilýär.

Howa ýagdaýynyň esasy elementleriniň ýagdaýyna baglylykda şemal, bulutlar emele gelýär, ýagynlar ýagýar. Meselem, howa temperaturasynyň peselmegi atmosfera basyşynyň kemelmegine, otnositel çyglylygyň artmagyna getirýär. Basyşyň özgermegi şemaly emele getirýär, otnositel çyglylygyň artmagy bolsa ýagyny emele getirýär. Şemal ýer ýüzündäki howa akymyny we bulutlary bir ýerden başga ýere sürüp gezýär. Bu bolsa howanyň temperaturasynyň üýtgeomgene we ýagynlaryň ýagmagyna getirmegi mümkün.

Howa ýagdaýyny öňünden bilmek möhüm ähmiyete eýe. Howa ýagdaýyny öwrenmek meteorologiýa merkezleride amala aşyrylýar. Özbegistanda howa ýagdaýyny öwrenmek boýunça Daşkent şäherinde we welaýatlarda gidrometeorologik merkez hyzmat edýär.



1. Absolut çyglylyk diýip nähili ululyga aýdylýar?
2. Howanyň otnositel çyglylygy diýip nämä aýdylýar we nähili aňladylýar?
3. Awgust psihrometriniň kömeginde otnositel çyglylyk nähili ölçenýär?
4. Gyraw nokady diýip nämä aýdylýar?
5. Ümüriň, çygyň we gyrawyň nähili emele gelýändigini düşündiriň.
6. Bulut, ýagyş, gar we doly nähili emele gelýär?
7. Howa ýagdaýy diýip nämä aýdylýar?
8. Howa ýagdaýyny öwrenýän gullugy barada nämeleri bilýärsiňiz?

42-§. LABORATORIÝA IŞI. HOWANYŇ OTNOSITEL ÇYGLYLYGYNÝ KESGITLEMEK

Işin maksady: Howanyň çyglylygyny tejribede kesgitlemeli öwrenmek.

Gerekli enjamlar: Awgust psihrometri (ya-da iki birmeňzeş termometrler), suw salynýan gap we marlýa.

Laboratoriýa işini ýerine ýetirmezden öň aşakdaky jedweli çyzyp alyň.

Nº	$t, \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_h, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta t, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$\rho, \text{ g/m}^3$
1					
2					
3					

Işin ýerine ýetiriliş tertibi

1. Psihrometriň gabyna suw salyň we 4 - 5 minut garasyň.
2. Gury we çygly termometrler görkezişlerini ýazyp alyň.
3. Gury we çygly termometrleriň t we t_c görkezişlerini ýazyp alyň.
4. Gury we çygly termometrleriň görkezişleriniň tapawudyny, ýagny: $\Delta t = t - t_c$ hasaplaň,
5. Psihrometrik jedwelden gury termometriň t görkezişine we Δt laýyk gelýän otnositel çyglylygy bellik ediň (121-nji sahypada psihrometrik jedwel berlen).
6. 120-nji sahypada berlen jedwelden peýdalanyп, otadaky absolýut çyglylygy anyklaň.
7. Tejribe netijelerini jedwele ýazyň.

Düşündiriş. Laboratoriýa okuw enjamlarynyň içinde Awgust psihrometri bolman, diňe termometrler bolsa olardan psihrometr gurluşyny gurnamak mümkün. Eger diňe bir termometr bolsa, onda ilki otak temperatursyny ölçüp alýarsyňz. Soň şu termometriň rezerwuaryny ölçüp (bint marlýasy) bilen dolap, matanyň bir bölegini suwly gaba sokup goýýarsyňz. 5-6 minut geçensoň termometriň görkezişini bellik edýärsiňiz. Alnan netijeler esasynda howanyň otnositel çyglylygyny hasaplaýarsyňz.



1. Howanyň otnositel çyglylygyny kesgitlemek usulyny aýdyň.
2. Tejribäniň netijelerine görä, otadaky absolýut çyglylyk nähili hasaplanýar?

43-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. 16 °C temperaturada howadaky otnositel çyglylyk 70% bolýan bolsa, absolýut çyglylyk nähili bolar? 16 °C temperaturada doýgun suw bugunyň dykyzlygy 13,6 g/m³-a deň.

Berlen:

$$\begin{aligned} t &= 16 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \varphi &= 70 \% \\ \rho_t &= 13,6 \text{ g/m}^3. \end{aligned}$$

Tapmaly:
 $\rho = ?$

Formulasy:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_t} \cdot 100\%; \quad \rho = \frac{\varphi \cdot \rho_t}{100\%}.$$

$$[\rho] = \frac{\varphi \cdot \rho_t}{100\%} = \frac{\%}{\%} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Hasaplamak:

$$\rho = 0,7 \cdot 13,6 \text{ g/m}^3 = 9,52 \text{ g/m}^3.$$

Jogaby: $\rho = 9,52 \text{ g/m}^3$.

2-nji mesele. 17 °C temperaturada howadaky suw bugunyň basyşy 2 kPa -a deň bolsa absolýut çyglylyk nämä deň bolýar?

Berlen:

$$\begin{aligned} t &= 17 \text{ } ^\circ\text{C} \\ T &= 290 \text{ K} \\ p &= 2 \cdot 10^3 \text{ Pa} \\ M &= 18 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol} \end{aligned}$$

Tapmaly:
 $\rho = ?$

Formulasy:

$$pV = \frac{m}{M} RT; \quad \frac{m}{V} = \frac{M p}{RT};$$

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad \rho = \frac{M p}{RT}.$$

$$[\rho] = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{\text{N} \cdot \text{m}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Hasaplamak:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 290} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \\ &= 14,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}. \end{aligned}$$

Jogaby: $\rho = 14,9 \text{ g/m}^3$.

3-nji mesele. Temperaturasy 20 °C bolan howada, temperaturasy 8 °C bolan jisim derläp başlaýar. Howanyň otnositel çyglylygyny anyklaň. 8 °C temperaturada doýgun suw bugunyň basyşy 1,06 kPa, 20 °C temperaturada doýgun suw bugunyň basyşy 2,33 kPa -a deň.

Berlen:

$$\begin{aligned} t_1 &= 20 \text{ } ^\circ\text{C} \\ t_2 &= 8 \text{ } ^\circ\text{C} \\ p &= 1,06 \text{ kPa} = 1060 \text{ Pa} \\ p_0 &= 2,33 \text{ kPa} = 2330 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Tapmaly:
 $\varphi = ?$

Formulasy:

$$\varphi = \frac{p_p}{p_{tb}} \cdot 100\%.$$

$$[\varphi] = \frac{\text{Pa}}{\text{Pa}} \cdot \% = \%.$$

Hasaplamak:

$$\varphi = \frac{1060}{2330} \cdot 100\% = 45,5\%.$$

Jogaby: $\varphi = 45,5 \%$.

1. Gaýnama temperaturasynda 5 kg suw doly buga öwrülmegi üçin näçe ýylylyk mukdary gerek? Suwuň udel bugarma ýylylygy $2,3 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$.
2. Massasy 50 g bolan bug kondensirlenende näçe ýylylyk aýrylýar?
3. 20 °C temperaturada 4 m³ howada 40 g suw bugy bolsa, howanyň otnositel çyglylygy näçe? 20 °C temperaturada doýgun suw bugunyň dykyzlygy 17,3 g/m³.
4. 20 °C temperaturada howadaky suw bugunyň basyşy 1,54 kPa -a deň. Eger 20 °C temperaturada doýgun suw bugunyň basyşy 2,43 kPa bolsa, otnositel çyglylygy anyklaň.
5. 20 °C temperaturada howadaky suw bugunyň dykyzlygy 17 g/m³-y düzýär. Eger howanyň absolýut çyglylygy 11 g/m³ bolsa, otnositel çyglylygy näçe?
6. 24 °C temperaturada howanyň otnositel çyglylygy 50 % bolsa, absolýut çyglylyk nähili bolar? 24°C temperaturada doýgun suw bugunyň dykyzlygy 21,8 g/m³.
7. Psihrometriň gury termometri 24°C-y, çygly termometri 19°C-y görkezýär. Psihrometrik jedwelenen peýdalanyп, howanyň otnositel çyglylygyny anyklaň.

IV BABY GAYTALAMAK ÜÇIN TEST YUMUŞLARY

1. Suwuklygyň üst dartyş koeffisiýentiniň birligi haýsy jogapda dogry berlen?

A) J·s; B) J/m; C) J/m³; D) N/m.
2. Diametri 1,46 mm bolan kapillýar turbajykda suw näçe beýiklige göterilýär (cm)? Suwuň üst dartyş koeffisiýenti 73 mN/m -a deň.

A) 4; B) 2; C) 1; D) 8.
3. Suw kapillýar turbajykda 2,8 cm-e göterildi. Turbajygyn diametrini anyklaň (mm). Suwuň üst dartyş koeffisiýenti $7 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$ diýip hasaplaň.

A) 1; B) 2; C) 0,2; D) 0,7.
4. Diametrleri 2 we 1 mm bolan iki kapillýardaky suwuň derejeleriniň tapawudyny anyklaň (m). Suwuň üst dartyş koeffisiýenti 73 mN/m.

A) $14,6 \cdot 10^{-3}$; B) $28,8 \cdot 10^{-3}$; C) $43,2 \cdot 10^{-3}$; D) $57,6 \cdot 10^{-3}$.
5. 20 °C temperaturada diametri 1 mm bolan wertikal çüýše turbajykdan suw damjası üzüldi. Damjanyň agyrlygy nämä deň (mN)? Suwuň üst dartyş koeffisiýenti 73 mN/m -a deň.

A) 0,11; B) 0,32; C) 0,50; D) 0,23.
6. Yeriň üstündäki kapillýar turbajykda suw 12 mm-e göterilýär. Eger Aýda erkin gaçma tizlenmesi ýerdäkiden 6 esse kiçidigi mälim bolsa, Aýda şu turbajykdaky suw näçe beýiklige göteriler (mm)?

A) 134; B) 36; C) 72; D) 24.
7. Maýışgaklyk (Ýung) moduly nähili birlikde ölçenýär?

A) N/m; B) N·m; C) Pa·m; D) Pa.

8. Yük asylanda sim 1,5 mm süýnse, edil şeýle, ýöne 3 esse uzyn sime şu yük asylanda ol näçä (mm) süýner?

- A) 4; B) 2,25; C) 3; D) 4,5.

9. Uzynlygy 1,2 m we kese kesiginiň meýdany 1,5 mm² bolan sime nähili güýç goýlanda ol asylanda sim 2 mm-e uzalar. Şu sim üçin Ýunguň moduly 180 GPa.

- A) 260; B) 225; C) 130; D) 450.

10. Polat simiň uçlaryna $8 \cdot 10^7$ Pa mehaniki güýjenme goýlanda nähili otnositel uzalma bolýar? Polat üçin Ýunguň moduly 200 GPa.

- A) $4 \cdot 10^{-4}$; B) $4 \cdot 10^{-2}$; C) $2 \cdot 10^{-3}$; D) $5 \cdot 10^{-3}$.

11. Kristallik jisim eräp başlandan soň eräp guitarýanca temperaturasy nähili üýtgeýär?

- A) artýar; B) kemelyär;
C) üýtgemeýär; D) ilki artýar, soňra kemelyär.

12. Buz 0 °C temperaturada ereýär. Bu ýerde energiya siňdirilýärmى ýa-da bölünip çykýarmy?

- A) siňdirilýär; B) aýrylyar;
C) siňdirilmeýär hem, bölünip çykmaýar hem; D) buzuň massasyna bagly.

13. Suw hemişelik 0 °C temperaturada buza öwrülýär. Bu ýerde energiya siňdirilýärmى ýa-da bölünip çykýarmy?

- A) siňdirilýär; B) bölünip çykýar;
C) siňdirilmeýär hem, bölünip çykmaýar hem; D) buzuň birinji kristaljyclary
emele gelende bölünip çykýar,
soňra siňdirilýär.

14. Kristal gaty jisimleriň hemişelik temperaturada ereme prosesinde içki energiyasy nähili üýtgeýär?

- A) üýtgemeýär; B) artýar;
C) kemelyär; D) käte artýar, ýa-da kemelyär.

15. Udel gatama ýylylygynyň birligi haýsy jogapda dogry berlen?

- A) J/kg; B) J/kg·K; C) J/K; D) J.

16. Ereme temperaturasynda duran 300 g çoýny doly eretmek üçin oňa nähili ýylylyk bermeli bolýar (kJ)? Çoýnuň udel ereme ýylylygy 130 kJ/kg.

- A) 39; B) 43; C) 10; D) 26.

IV BAP BOÝUNÇA MÖHÜM NETIJELER

Suwuklygyň häsiýetleri	Suwuklyk öz görrümini saklaýar, ýone öz şekline eýe däl. Gaba guýlan suwuklyk şu gabyň şeklini alýar. Suwuklyk akyjylyk häsiýetine eýe.
Üst dartyş	Üst dartyş suwuklygyň üst gatlagydaky molekulalaryň suwuklygyň içine yönelen güýçleriň barlygy sebäpli emele gelýär.
Üst dartyş güýji	Üst gatlagyny çäkleýän çyzyga täsir ediji üst dartyş güýji şu çyzygyň uzynlygyna proporsional hem-de suwuklygyň görnüşine bagly bolýar, ýagny: $F = \sigma l$. Bu ýerde σ – suwuklygyň tebigatyna bagly bolan suwuklygyň üstüniň häsiýetlerini görkezýän ululyk bolup, üst dartyş koeffisiýenti diýlip atlandyrylýar.
Üst energiýasy	Suwuklygyň üstünäki ähli molekulalaryň artykmaç potensial energiýasy üst energiýasy diýlip atlandyrylýar. Üst energiýasy aşakdaky formula bilen anyklanýar: $W = \sigma \cdot S$.
Gaty jisim üstüniň öllenmegini	Suwuklygyň we gaty jisimiň molekulalarynyň arasyndaky dartyş güýçleri suwuklygyň molekulalarynyň özara dartyş güýçlerinden uly bolsa, suwuklyk gaty jisimiň üstüni ölleýär.
Gaty jisimiň üstüniň öllenmezligi	Suwuklygyň we gaty jisimiň molekulalarynyň arasyndaky dartyş güýçleri suwuklygyň molekulalarynyň özara dartyş güýçlerinden kiçi bolsa, suwuklyk gaty jisimiň üstünü öllemeýär.
Kapillýar hadysa	Suwuklygyň ince turbajylarda – kapillýarda giň gapdaky suwuklygyň derejesine görä gösterilmegi ýa-da peselmegi kapillýar hadysa diýlip atlandyrylýar.
Kapillýarda göterilen (ýa-da düşen) suwuklygyň beýikligi	Doly ölleýän suwuklygyň kapillýarda göteriliş beýikligi ýa-da doly öllemeýän suwuklygyň peseliş çuňlugy aşakdaky formula bilen anyklanýar: $h = \frac{2\sigma}{\rho_s r g}$.
Kristallik jisimler	Atom ýa-da molekulalary giňişlikde belli bir tertipli periodik strukturany düzýän gaty jisimler kristallik jisimler diýlip atlandyrylýar.
Anizatropiýa	Jisimiň fiziki häsiýetleri onuň ýonelişlerine baglylygy anizatropiýa diýlip atlandyrylýar. Kristallik jisimler anizotrop häsiýete eýe.

Polikristal	Bir-birine nisbatan tertipsiz halyndaky köp kristaljyklar dan düzülen jisim polikristal diýlip atlandyrylyar.
Monokristal	Eger jisim ýeke-täk kristaldan ybarat bolsa, şeýle jisim monokristal diýlip atlandyrylyar.
Izotropiýa	Amorf jisimleriň fiziki häsiýetleri ähli ugurlarda birmeňzeş bolýar. Jisimiň fiziki häsiýetleri onuň içki ugurlaryna bagly bolmazlygy izotropiýa diýlip atlandyrylyar. Amorf jisimler izotrop häsiýete eýe.
Deformasiýa	Gaty jisimiň daşky güýjün täsirinde öz şeklini üýtgetmegi deformasiýa diýlip atlandyrylyar.
Maýyşgak deforma-siýa	Daşky güýçleriň täsiri bes edilenden soň jisimiň şekli özünüň başlangyç ýagdaýyna gaýtsa, şeýle deformasiýa maýyşgak deformasiýa diýilýär.
Plastik deformasiýa	Jisime goýlan daşky täsir bes edilenden soň deformasiýa ýok bolmasa, şeýle deformasiýa plastik deformasiýa diýilýär.
Mehaniki güýjenme	Deformirlenen jisimiň birlik kese kesiginiň meýdanyna täsir edýän deformirleyji güýje san taýdan deň bolan fiziki ululyga mehaniki güýjenme diýilýär .
Kristallik jisimiň eremegi	Maddanyň gaty halyndan suwuk halyna geçiş prosesi ereme diýlip atlandyrylyar. Kristallik jisimiň ereýän wagtyndaky temperaturasy şu kristalyň ereme temperaturasy diýlip atlandyrylyar
Bugarma	Maddanyň suwuk ýa-da gaty agregat halyndan gaz halyna geçiş prosesine bugarma diýilýär.
Kondensasiýa	Buguň suwuklyga ýa-da gaty halyna öwrülmek prosesi kondensasiýa diýlip atlandyrylyar.
Gaýnama	Suwuklygyň tutuş göwrümi boýunça bug emele geliş prosesi gaýnama diýlip atlandyrylyar.
Doýgun bug	Özünüň suwuklygy bilen dinamiki deňagramlylykda bolan bug doýgun bug diýlip atlandyrylyar.
Howanyň absolút çyglylygy	1 m ³ howadaky suw bugunyň massasy howanyň absolút çyglylygy diýlip atlandyrylyar. Berlen göwrümde howadaky suw bugunyň massasy arkaly absolút çyglylyk aşakdaky ýaly hasaplanýar: $\rho = \frac{m}{V}$.

OPTIKA

Fizikanyň «*Optika*» bölümünde ýagtylygyň tebigaty, ýagtylyk hadysalarynyň kanunalaýyklyklary, ýagtylyk bilen maddalaryň özara täsiri öwrenilýär. Optika grekçe (*οπτικος*) sözünden alınan bolup *görülen* manysyny aňladýar.

Ýagtylygyň gönüçzykly ýáýraýsy *baradaky düşünjeler* gadymy Müsürde mälim bolupdyr hem-de ondan gurluşyk işlerinde peýdalanylýpdyr. Şekiliň aýnada (zerkaloda) emele gelýändigini mil. öň. III asyrda grek alymlary *Aristotel*, *Platon*, *Yewklid* öwrenipdirler.

Orta asyrлarda ýurdumyzyň alymlary – *Biruny*, *Ibn Sina*, *Ulubek*, *Ali Guşçy* we başgalar ýagtylygyň gönüçzykly ýáýraýşyny, Günün we Aýyň tutulmagyny, älemgoşaryň emele gelmeginiň sebäbinи öwrenipdirler.

1620 – 1630-njy ýyllarda gollandiýaly alym *Willebrod Snellius* we fransuz alymy *Rene Dekart* ýagtylygyň döwülmе kanunyny beýan edip berdi. Robert Guk 1672-nji ýylda Angliya Korollygy jemgyyetiniň ýygнagynda eden çykyşynda ýagtylyk kese tolkun ýaly ýáýraýar diýen pikiri (gipotezany) aýtdy. 1690-njy ýylda golland fizigi Hristian Gýugens ýagtylygyň boý tolkun nazaryétini işläp taýýarlady. Ol şu nazaryéte görä, akustik we optik hadysalaryň bir-birine meňzeşligini düşündirdi hem-de ýagtylygyň tolkun nazaryétini gurşawyň araçäginden serpikmegi we iki gurşawyň araçäginde döwülmegi mysalynda düşündirdi.

Dünýä alymlary tarapyndan optikanyň dürli ugurlarynda giň möçberde ylmy barlag işleri alnyp barylyp, ýokary netijeler gazanyldy. *Projektion apparatlar*, *mikroskop*, *fotoapparat*, *teleskop*, *dürbi* ýaly optiki abzallaryň döredilmegi, *fotografiya*, *telewideniye*, *rentgenografiya*, *lazerler fizikasy*, *süýümlü optika*, *geolioteknika* ýaly ugurlaryň emele gelmegi we ösmegi optika ugrunda alnyp barylan ylmy barlag işleriniň netjesidir.

Özbegistanda hem optikanyň döwrebap ugurlary boýunça amaly ähmiýete eýe bolan ylmy barlag işleri alnyp barylyp, dünýä ylmynyň we tehnikasynyň ösmegine mynasyp goşant goşup gelinýär. Şol sanda, «Fizika-Güneş» ylmy önemçilik birlëşmesinde Gün energiýasından peýdalananmak boýunça giň gerimli ylmy barlag işleri alnyp barylýar hem-de amalyéte ornaşdyrylýar.



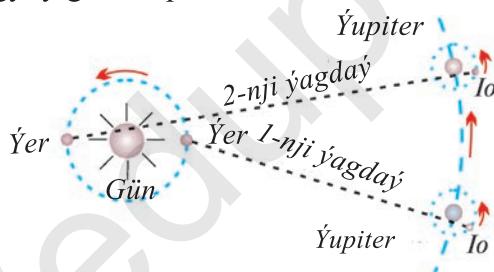
V BAP ÝAGTYLYGYŇ ÝAÝRAMA KANUNLARY. OPTIKI ABZALLAR

44-§. ÝAGTYLYGYŇ TIZLIGINI KESGITLEMEK

Eger gijesine otagyň elektrik çyrasyny ýaksak, bir sellemde otagyň ýagty bolanlygynyň şayady bolýarys. Elimizde wagty ölçeyän abzal (sekundomer), ölçeg lentasy bolsa-da, ýagtylygyň ýaýrayýş tizligini ölçap bilmeyäris. Emma alymlar tarapyndan ýagtylygyň tizligini ölçemegiň birnäçe usullary öwrenilen.

Ýagtylygyň tizligini ölçemegiň astronomik usuly

Ýagtylygyň tizligini birinji bolup daniýaly alym *Olaf Rýomer* 1676-njy ýylda ölçäpdir. Ol ýagtylygyň tizligini Ýupiteriň «Io» hemrasy onuň kölegesine girmegi we ondan çykyşy, ýagny tutulyşy esasynda anyklady. Astronomik gözegçilikler Ýer Ýupitere iň ýakyn bolanda (61-nji surat, 1-nji ýagdaý) Io hemrasynyň tutulmagy ortaça gaýtalanma döwründen takmynan 11 minut öň, Ýupiterden Ýer iň uzak bolanda bolsa (2-nji ýagdaý) takmynan 11 minut soň başlanandygyny görkezipdir.



61 -nji surat.

Bu ýerden $t = (11 + 11)$ minut = 22 minut bolýar. Rýomer bu wagty ýagtylygyň Ýeriň orbitasyny kesip geçmegi üçin giden wagt diýip düşündirdi. Ol Ýeriň Günün daşynda aýlanýan orbitasynyň diametrini $D = 284\,000\,000$ km diýip alyp, $c = D/t$ -dan ýagtylygyň tizligini anyklady.

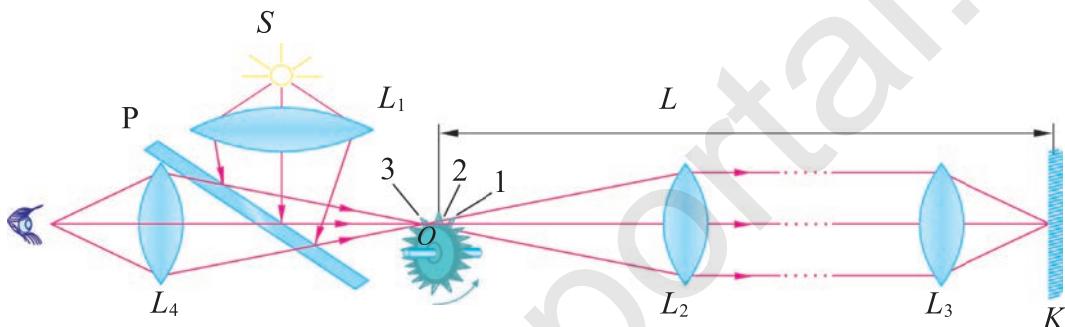


O. Rýomer 1676-njy ýylda birinji bolup ýagtylygyň tizligini kesgitläpdir. Onuň bahasy takmynan $215\,000\,000$ m/s-a deň bolup çykypdyr.

Ýagtylygyň tizliginiň Rýomer kesgitlän bahasy häzirki zamandaky anyklanan bahasyndan uly tapawutlansa-da, bu netije şol döwürde örän uly täzelikdi. Rýomer munuň bilen, birinjiden, ýagtylyk çäklendirilen tizlige eýedigini tejribe-de subut etdi. Ikinjiden, ýagtylygyň tizliginiň iňnän uludygyny anyklady.

Fizonyň tejribesi

Aradan 173 ýyl geçenden soň – 1849-njy ýylda fransuz fizigi **Arman Fizo** tejribe ýoly bilen ýagtylygyň tizligini takygrak ölçemek boýunça üstünlik gazandy. Fizonyň tejribesiniň gurluşy 62-nji suratda şekillendirilen. Ýagtylyk çesmesi S ýoluna goýlan L_1 linzadan geçen şöhleler ýasy cüýše P plastinadan serpilip, O nokada toplanýar. Şöhle toplanan nokada dişli tigir ornaşdyrylan, şöhle onuň dişleriniň arasyndan geçirýär. Tigirden geçen şöhle L_2 linzanyň kömeginde parallel şöhle dessesini emele getirýär. Parallel şöhleleriň ýoluna örän uzak aralyga goýlan L_3 linza şöhleleri ýasy K aýna ýygyp berýär. Aýnadan serpilen şöhleler gelen ýoly boýunça tigiriň dişleriniň arasyndan geçirip, cüýše P plastina we L_4 linza arkaly gözegçiniň gözüne düşyär.



62-nji surat.

Tigir haýalrak aýlandyrylarda serpilen şöhläni gözegçi görüp durýar. Tigiriň aýlanma tizligi barha artdyrylyp, mälim tizlige ýetende serpilen şöhle gözegçä görünümäni galýar. Munuň sebäbi, tigiriň dişleriniň arasyndan geçen şöhle gaýdyp gelýänçe şu dişler mälim burça öwrülip, şöhläniň ýolunu bekleyär.

Tigiriň aýlanyşy mälim ω burç tizlige ýetende gözegçä ýene şöhle görünüp başlapdyr. Tigir şu tizlik bilen aýlap durulanda, serpilen şöhläniň görünümegi dowam ediberýär. Munuň sebäbi, tigiriň 1-nji we 2-nji dişleriniň arasyndan geçen şöhleler gaýdyp gelýänçe tigiriň 1-nji dişiniň ýerini 2-nji dişi, 2-nji dişiniň ýerini 3-nji dişi eýeläp yetişipdir. Netijede serpilen şöhle 2- we 3-nji dişleriniň arasyndan geçiripdir.

Fizo tigiriň aýlanma ýygyligyny v ($v = 12,67 \text{ s}^{-1}$), tigirdäki dişleriň sany N ($N = 720$), tigirden aýna çenli bolan aralygy l ($l = 8,6 \text{ km}$) bilmek bilen ýagtylygyň tizligini $c = 4 N l v$ aňlatma görä anyklady.



Fizonyň tejribesinde ýagtylygyň tizligi $313\,300\,000 \text{ m/s-a deň bolup çykypdyr.}$

Fizonyň tejribesinden soň başga alymlar tarapyndan hem ýagtylygyň tizligini has takygrak ölçemek usullary öwrenildi. Meselem, fransuz fizigi **Jan Fuko** (1819–1868) 1862-nji ýylда Fizonyň tejribesindäki dişli tigiriň ýerine aýlanýan aýnalary ornaşdyryp ýagtylygyň tizligini anyklady we onuň 298 000 000 m/s-e deň bahasyny aldy.

Amerikan fizigi **Albert Maýkelson** (1852–1931) 1927-nji ýylда Fukonyň tejribesini kämilleşdirip, ýagtylygyň tizligi üçin 299 796 000 m/s bahany almagy başsarýar.



Häzirki wagtdaky maglumatlara görä, ýagtylygyň wakuumdaky tizligi 299792458 m/s-a deň.

1983-nji ýylда Halkara ölçeg we birlikler Baş assambleýasynda ýagtylygyň wakuumdaky tizligi $c = 299\ 792\ 458$ m/s-a deňdigini hasaba alyp, metriň täze häsiýeti kabul edilen. «**Metr** – ýagtylygyň wakuumda $1/299792458$ s wagt interwalynda geçen ýolunyň uzynlygyna deň».

Ýagtylygyň tizliginiň kesgitlenisi onuň tebigatyny bilmäge kömek etdi. Älemdede hiç bir jisim ýagtylygyň wakuumdaky tizliginden uly tizlik bilen hereketlenip bilmeýär.

Ýagtylygyň wakuumdaky ýaýraýış tizligini latyn harpy c bilen belgilemek kabul edilen (latynça *celeritas* – tizlik). Ýagtylygyň tizligini tegelekläp, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s diýip alýarys.



1. Ýagtylygyň tizligi astronomik usulda nähili kesgitlenendigini düşündürip beriň.
2. Ýagtylygyň tizligini kesgitlemek boýunça Rýomeriň işleri nähili ähmiýete eýe?
3. Ýagtylygyň tizligini kesgitlemek boýunça Fizonyň tejribesi nämeden ybarat?
4. Fukonyň we Maýkelsonnyň tejribesi Fizonyň tejribesinden nähili tapawutlanýar?
5. Ýagtylygyň tizliginiň häzirki zamanda anyklanan bahasy näçe?



1. Yerden Güne çenli ortaça aralyk 149,6 mln km, Ýupiterden Güne çenli ortaça aralyk 778,3 mln km-e deň. Yer Gün bilen Ýupiteriň aralygyndaky ýagdaýda bolsa. Ýupiterden serpilen söhle näçe wagtda Ýere ýetip geler?
2. Gün söhlesi Ýere näçe wagtda ýetip geler? Yerden Aýa çenli ortaça aralyk 384 müň km bolsa, Aýdan ýagtylyk söhlesi näçe wagtda ýetip geler? Yerden Güne çenli bolan aralyk 149,6 mln km.
3. Fizonyň usuly bilen ýagtylygyň tizligini kesgitlemekde dişli tigir aýna-dan 8633 m aralyga ýerleşdirilipdir. Tigir 720 sany diše eýe. Tejribede ýagtylygyň tizligi 313000 km/s bolup çykdy. Tigiriň aýlanma ýygylgy nähili bolupdyr?

45-§. YAGTYLYGYŇ SERPIKME WE DÖWÜLME KANUNLARY

Ýagtylyk şöhlesi

Ýagtylyk çeşmesinden çykýan şöhleleriň ýoluna kiçi ýş goýulsa ince ýagtylyk şöhlesiniň dessesi emele gelýär. Ýagtylyk şöhlesiniň dessesine gözegçilik edilende onuň gönüçzyzkly ýáýraýandygyny görýäris. Ýagtylygyň ýáýraýan ugrunda ýagtylyk energiýasy hem orun üýtgedyär.



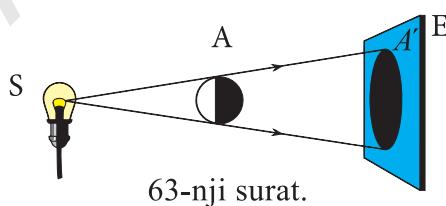
Ugurlary giňišligiň islendik nokadynda ýagtylyk energiýasynyň orun üýtgeden ugru bilen üstme-üst düşen geometrik çyzyga ýagtylyk şöhlesi diýilýär.

Díymek, ýagtylyk şöhlesi geometrik düşünjedir. Ýagtylygyň ýáýrama kanunlaryny öwrenýän bölüm geometrik optika diýlip atlandyrylyar. Tejribe arkaly geometrik optikanyň aşakdaky dört kanunlary esaslandyrylan:

- ýagtylygyň gönüçzyzkly ýáýrama kanunu;
- ýagtylygyň özbaşdaklyk kanunu;
- ýagtylygyň serpikme kanunu;
- ýagtylygyň döwülme kanunu.

Ýagtylygyň gönüçzyzkly ýáýraýsy

S nokatly ýagtylyk çeşmesi bilen ekranyň arasyna A jisimi goýalyň (63-nji surat). Ýagtylyk gönüçzyzkly ýáýraýanlygy üçin A jisim ýagtylyk şöhlesiniň öünü bekleyär, netijede bu jisimiň arkasynda kesik konus şeklindäki kölege emele gelýär. Bu kesik konusyň içindäki hiç bir nokada S çeşmeden gelýän ýagtylyk düşmeyär. Şonuň üçin şeýle konusyň okuna dik edip goýlan E ekranda A jisimiň A' kölegesi emele gelýär. Bu ýerden ýagtylygyň gönüçzyzkly ýáýraýsyna gözegçilik edilýär. Güneşli günde agaçlaryň, jaylaryň kölegesi ýagtylygyň gönüçzyzkly ýáýramagy netijesinde emele gelýär.



Ýagtylygyň özbaşdaklygy

Synp otagyny ýa-da uly binany gowy yşyklandyrmak maksadynda birnäçe ýagtylyk çykarýan çeşmeler ornaşdyrylyar. Olar işlände her birinden ýagtylyk şöhlesi çykýar we töwerege ýáýraýar. Yagtylyk şöhleleri özara kesişende bir-birine hiç hili täsir etmeýär. Bu bolsa, ýagtylyk şöhlesiniň özbaşdaklyk prinsipine eýedigini aňladýar.

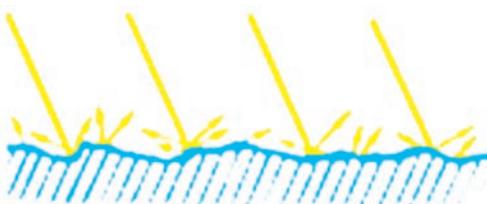
Ýagtylygyň serpikmegi

Günden, lampadan we başga çeşmelerden gelýän ýagtylyk diwara, ýere we predmetlere düşende olardan serpilýär. Serpilen şöhle gözüme düşensoň, biz onuň şeklini, reňkini duýýarys.

Eger üst tekiz bolmasa, şöhläniň dessesi üstüň araçagine ýaýraýar. Üstden serpilen ýagtylyk şöhleleri dürli ugurlarda ýaýrap başlaýar. Ýagtylygyň şeýle serpikmegi **dargama serpikme** ýa-da **diffuzion serpikme** diýlip atlandyrylyar (64-nji surat).



Ýagtylyk ýylmanak bolmadyk, ýagny büdür-südür üstden dargap (diffuzion) serpigýär.



64-nji surat.

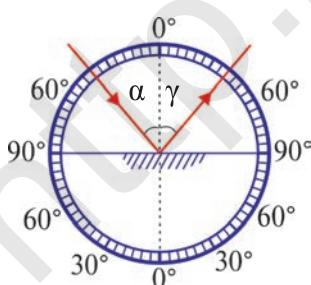


65-nji surat.

Ýagtylygy gowy serpikdirýän ýylmanak üste **aýna** (zerkalo) diýilýär. Eger aýnanyň üsti tekiz bolsa, oňa **tekiz aýna** diýilýär. Tekiz aýna düşen parallel şöhleleriň dessesi serpilenden soň hem parallel şöhleler dessesi görnüşinde galýar (65-nji surat). Ýagtylygyň şeýle serpikmesini **tekiz serpikme** ýa-da aýna şekilli (zerkal) serpikme diýip atlanyrmak kabul edilen.



Eger üst tekiz (ýylmanak) bolsa, şeýle üstden ýagtylyk aýna şekilli (zerkal) serpigýär.



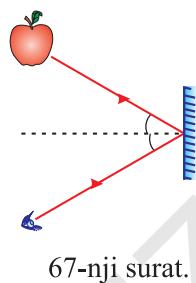
66-njy surat.

Üstden şöhleleriň zerkal serpikmegi aşakdaky serpikme kanunyna boýun egýär (66-njy surat):

1. Düşen şöhle, serpilen şöhle we iki gurşawyň araçagine şöhläniň düşme nokadyna geçirilen perpendikulyar bir tekizlikde ýatýar.
2. Serpikme burçy γ düşme burçy α deň, ýagny:

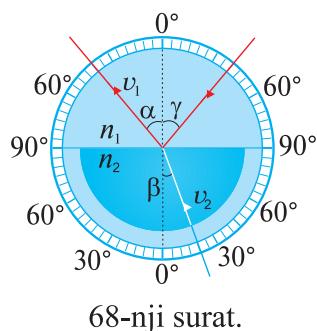
$$\alpha = \gamma. \quad (1)$$

Tekiz aýna arkaly käbir zadyň aýnadaky suratyny görmek ýagtylygyň serpikme kanunyna esaslanandyr (67-nji surat).



Ýagtylygyň döwülme kanunu

Ýagtylyk şöhlesiniň dessesi çüýše, suw we başga dury maddalaryň üstünden hem serpilýär, hem döwlüp ikinji gurşawa geçýär. İki gurşawyň araçagında şöhläniň döwülmegi aşakdaky döwülme kanunyna boýun egýär (68-nji surat):



1. Düşen şöhle, döwlen şöhle we iki gurşawyň araçagine şöhläniň düşme nokadyna geçirilen perpendicular bir tekizlikde ýatýar.

2. Düşme burçy sinusynyň döwülme burçy sinusyna gatnaşygy berlen iki gurşaw üçin hemişelik ululykdyr.

Bu hemişelik ululyk n_{21} ikinji gurşawyň birinji gurşawa görä *otnositel şöhle döwülme görkezijisi* diýilýär we aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (2)$$

Bu ýerde n_{21} – ikinji gurşawyň birinji gurşawa görä otnositel şöhle döwülme görkezijisi, α – şöhläniň düşme burçy, β – şöhläniň döwülme burçy.

Köp ýagdaylarda otnositel şöhle döwülme görkezijisiniň ýerine **absolut şöhle döwülme görkezijisi** ulanylýar. Maddanyň absolut şöhle döwülme görkezijisi n aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$n = \frac{c}{v}. \quad (3)$$

Bu ýerde $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – ýagtylygyň wakuumdaky tizligi, v – ýagtylygyň berlen maddadaky tizligi. Ýagtylygyň käbir maddalardaky tizligi (v) we şu maddalaryň absolut döwülme görkezijisi (n) jedwelde getirilen.

Nº	Madda	$v, 10^{-8}$ m/s	n	Nº	Madda	$v, 10^{-8}$ m/s	n
1	Buz	2,29	1,31	4	Kwars	1,95	1,54
2	Suw (20° C)	2,25	1,33	5	Ýakut	1,70	1,76
3	Çüýše	2,0	1,5	6	Almaz	1,24	2,42

Ýagtylygyň howadaky tizligini wakuumdaky tizligine takmynan deň diýip almak mümkün. Şonuň üçin amalda maddalaryň şöhle döwülme görkezijisi wakuma görä däl, eýsem howa görä alynýar.

Eger şöhle düşyän gurşawda ýagtylygyň tizligi v_1 , döwülme görkezijisi n_1 , şöhle döwlen gurşawda ýagtylyk tizligi v_2 , döwülme görkezijisi n_2 bolsa, aşakdaky gatnaşygy ýazmak mümkün:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (4)$$

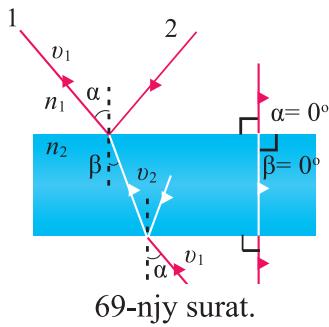
Şöhle düşyän gurşawyň şöhle döwülme görkezijisi n_1 , şöhle döwlen gurşawyňky n_2 ekenligi hasaba alynsa, $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ bolýar. Onda (2) formulany aşakdaky ýaly aňlatmak mümkün:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \quad (5)$$

Ýagtylyk şöhlesiniň döwülme görkezijisi kiçi bolan gurşawdan döwülme görkezijisi uly bolan gurşawa geçende döwülme burçy düşme burçundan kiçi bolýar. Yogsam döwülme burçy düşme burçundan uly bolýar. Bu şerti aşakdaky ýaly aňlatmak mümkün: $n_2 > n_1$ -de $\beta < \alpha$ we $n_2 < n_1$ -de $\beta > \alpha$.

Ýagtylyk şöhlesi howadan ($n_1 = 1$) çüýşä ($n_2 = 1,5$) α burç astynda düşüp, ondan ýene howa geçsin (69-njy surat, 1-nji şöhle). Munda şöhle çüýşeden howa geçendäki döwülme burçy hem α deň bolýar.

Iki gurşawyň araçägine perpendikulýar düşende şöhle döwülmeýär, çünkü düşme burçy $\alpha = 0$ we döwülme burçy $\beta = 0$ bolýar (69-njy surat, 2 -nji şöhle).



1. Ýagtylyk şöhlesi näme?



2. Ýagtylygyň dargama serpikmeginiň sebäbi nämede?
3. Bir jynsly dury gurşawda ýagtylygyň ýaýraýsy nähili kanuna esaslanan?
4. Ýagtylygyň serpikme kanunu nämeden ybarat?
5. Ýagtylyk şöhlesiniň gurşawyň araçäginde döwülmegine sebäp näme?
6. Ýagtylygyň döwülme kanunyny aýdyp beriň.
7. Absolýut şöhle döwülme görkezijisiniň fiziki manysyny düşündiriň.
8. Näme üçin gündizine ýyldyzlary görmeýäris?
9. Biz ýagtylygy çüýše arkaly synlasak şöhle biziň gözümize gelýänçe näçe esse döwülyär?
10. Şöhle döwülme görkezijisi şöhläniň gurşawda ýaýrama tizligine baglylygy nähili aňladylýar?



1. Stakanyň içine teňne salyp, onuň üstünden suw guýuň. Stakandaky suwuň derejesiniň artmagy bilen teňne göýä ýokary galan ýaly bolýar. Munuň sebäbini düşündiriň.

46-§ MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Yagtylyk şöhlesiniň birinji gurşawdan ikinji gurşawa geçende düşme burçy 60° , döwülme burçy bolsa 30° -a deň. Ikinji gurşawyň birinji gurşawa görä döwülme görkezijisi näçä deň?

Berlen:

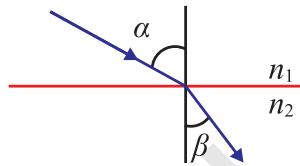
$$\alpha = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

Tapmaly:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = ?$$

Çyzgysy:



Formulasy:

$$n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

Hasaplamak:

$$n_{21} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}.$$

Jogaby: $n_{21} = \sqrt{3}$.

2-nji mesele. Eger ýagtylyk tolkuny nähilidir wagtyň dowamynda wakuumda 45 cm aralygy geçse, käbir suwuklykda bolsa şonça wagtda 30 cm aralygy geçýär. Bu suwuklygyň şöhle döwülme görkezijisi nämä deň?

Berlen:

$$n_1 = 1$$

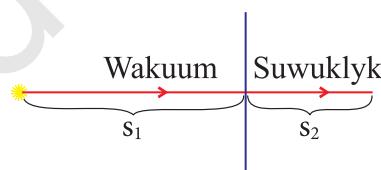
$$s_1 = 45 \text{ cm}$$

$$s_2 = 30 \text{ cm}$$

Tapmaly:

$$n_2 = ?$$

Çyzgysy:



Formulasy:

$$v_1 = \frac{c}{n_1} \quad \text{we} \quad v_2 = \frac{c}{n_2}$$

Hasaplamak:

$$n_2 = \frac{45 \text{ cm} \cdot 1}{30 \text{ cm}} = 1,5.$$

$$v_1 \cdot n_1 = v_2 \cdot n_2 \quad v_1 = \frac{s_1}{t} \quad v_2 = \frac{s_2}{t}$$

Jogaby: $n_2 = 1,5$.

$$\frac{s_1}{t} \cdot n_1 = \frac{s_2}{t} \cdot n_2 \quad n_2 = \frac{s_1 \cdot n_1}{s_2}.$$

3-nji mesele. Ýagtylyk şöhlesi birinji gurşawdan ikinji gurşawa 45° burç bilen düşüp, ikinji gurşawa 30° burç bilen döwlüp geçýär. Birinji gurşawyň absolýut şöhle döwülme görkezijisi $\sqrt{2}$ -ä deň bolsa, ýagtylygyň ikinji gurşawdaky tizligi nämä deň?

Berlen:

$$\alpha = 45^\circ$$

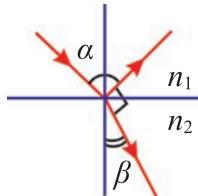
$$\beta = 30^\circ$$

$$n_1 = \sqrt{2}$$

Tapmaly:

$$v_2 = ?$$

Cyzgysy:



Formulasy:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad n_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot n_1.$$

$$v_2 = \frac{c}{n_2}.$$

Hasaplamak:

$$n_2 = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} \cdot \sqrt{2} = \frac{\sqrt{2}/2}{1/2} \cdot \sqrt{2} = 2.$$

$$v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 1,5 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

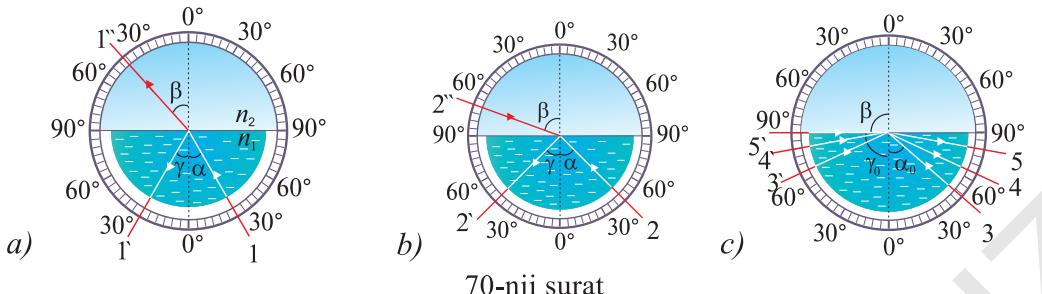
Jogaby: $v_2 = 1,5 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$

**M
25**

1. Düşen we serpilen şöhleleriň arasyndaky burç 70° bolmagy üçin tekiz aýna şöhle nähili burç astynda düşmeli?
2. Tekiz aýnada predmetiň şekili aýnadan 60 cm aralykda emele gelse, predmet bilen onuň şekiliň arasyndaky aralyk nähili bolar?
3. Absolýut döwülme görkezijisi 2-ä deň bolan gurşawda ýagtylyk nähili tizlik bilen ýáýraýar?
4. Howadan çüýşä düşen we serpilen şöhleleriň arasyndaky burç 60° -a deň. Eger çüýşaniň döwülme görkezijisi 1,5-e deň bolsa, döwülme burçy nähili bolar?
5. Şöhle suwdan çüýşä geçýär. Suwuň döwülme görkezijisi 1,33-e, çüýşaniňki 1,5-e deň. Birmeňzeş wagtyň içinde şu maddalardan ýagtylyk şöhlesiniň geçen aralyklarynyň gatnaşygy nähili bolar?

47-§. DOLY İÇKI SERPIKME

Ýagtylyk şöhlesi döwülme görkezijisi uly bolan gurşawdan döwülme görkezijisi kiçi bolan gurşawa düşende täsin hadysa gözegçilik etmek mümkün. Meselem, ýagtylyk şöhleleriniň dessesini çüýše arkaly howa geçýän edip α burç astynda ugrukdyralyň. Şöhläniň bir bölegi gurşawlaryň araçägindenden serpilýär, galan bölegi β burç astynda ikinji gurşawa – howa geçýär (70-nji α surat).



70-nji surat

Çüýşäniň şöhle döwülme görkezijisi ($n_1 = 1,5$) howanyňkydan ($n_2 = 1$) uly bolany üçin şöhläniň döwülme burçy β düşme burçy α -dan uly bolýar.

Şöhläniň düşme burçy barha ulaldylsa, döwülme burçy 90° -a ýakynlaşýar. Döwülme burçuny aşakdaky aňlatma arkaly kesgitlemek mümkün:

$$\sin \beta = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha. \quad (1)$$

Meselem, $\alpha = 30^\circ$ -da $\beta \approx 42^\circ$ (70-nji a surat), $\alpha = 40^\circ$ -da bolsa $\beta = 75^\circ$ (70-nji b surat) bolýar. Şöhläniň düşme burçuny barha artdyryp, mälim $\alpha = \alpha_0$ araçák baha ýetende döwülme burçy $\beta = 90^\circ$ bolýar (70-nji c surat).

Düşme burçunyň araçák bahasy α_0 aşakdaky ýaly aňladylýar:

$$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}. \quad (2)$$

Şöhläniň çüýşeden howa düşendäki α_0 araçák burçuny kesgitlәliň:

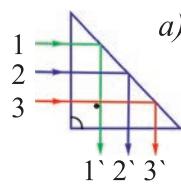
$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{1,5} \approx 0,667 \text{ bu ýerden } \alpha_0 \approx 42^\circ.$$

Düşme burçy α_0 -dan islendik uly bahalara deň bolan ýagdaýlarda döwlen şöhle iki gurşawyň araçägindenden şu gurşawyň içine doly serpilýär, ýagny **doly içki serpikme** hadysasy ýuze çykýar.

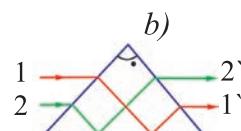


Döwülme görkezijisi uly bolan gurşawdan döwülme görkezijisi kiçi bolan gurşawa ýagtylyk ugrukdyrylanda düşme burçy mälim burçdan uly bolanda şöhle iki gurşawyň araçägindenden doly serpilýär.

Doly içki serpikme hadysasynyndan ýagtylyk şöhlelerini käbir ugra öwürmek (71-nji a surat) ýa-da şöhleleriň dessesiniň ýerini çalşyrmak (71-nji b surat) üçin peýdalanylýar.

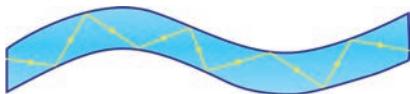


71-nji surat.



Doly içki serpikme hadysasy informasjón tehnologýa ugrunda giň ulanylýar. Bu hadysa «şöhle süyümler optikasy» diýip atlandyrylyan optikanyň aýratyń ugruň hünärmenleri tarapyndan giň öwrenilýär. Bu ýerde optiki şekil belli bir tertip bilen ýerleşdirilen şöhle süyümler kabelleri arkaly geçirijilýär.

Her bir süyümdeň şöhläniň geçişini 72-nji suratda görkezilişi ýaly göz öňüne getirmek mümkün. Süyüm döwme görkezijileri bir-birinden tapawutlanýan silin-



72 -nji surat.

dr şeklindeki çýýe ýa-da plastik özen hemde ony gurşaýan gabykdan düzulen. Özeniň döwülme görkezijisi gabygyňkydan uly bolýar. Şu sebäpli özen bilen gabygyň araçagında ýagtylygyň doly içki serpikme hadysasy ýuze çykýar. Özeniň içine ugrukdyrylan şöhle daşary çykyp gitmezden süyumiň ikinji ujundan çykýar.

Süyumiň özeniniň diametri birnäçe mikrondan ýüzlerce mikrona çenli, gabygyň galyňlygy onlarça mikrondan ýüzlerce mikrona çenli bolýar. Şeýle kabeliň bir ujundan signal (şekil) iberilse, onuň ikinji ujundan şu signalyň özünü kabul edip almak mümkün. Şöhle süyümli kabeller arkaly iberilen signal iňňän az ýitgi we ýokary hil bilen uzak aralyklara geçirilýär.

Şöhle süyümli aragatnaşy磕 kabelleri Ýuwaş we Atlantik okeanlaryň suw astyndan geçirilen. Häzirki wagtda kabeller Aziýany we Ýewropany Amerika kontinenti bilen, Ýewropany Özbegistan arkaly Hytaý bilen baglap dur.

Şöhle süyümli optikasy lukmançylykda hem giňden ulanylýar. Şöhle süyümli kabeliň kömeginde adamyň içki agzalaryny görmek, surata almak mümkün.

Bu ýerde şöhle süyümli kabel gyzylödek arkaly aşgazana düşürilýär. Kabeldäki bir süyümdeň ýagtylyk berilýär, ikinjisinden aşgazanyň diwarlaryndan serpilen ýagtylyk kabul edilýär.



1. Doly içki serpikme hadysasy nähili ýüze çykýar?
2. Şöhle süyümli kabellerde şekiller nähili geçirijilýär?
3. Doly içki serpikmäniň ulanylysy barada nämeleri bilyärsiňiz?
4. Temperaturanyň artmagy bilen suwuň döwülme görkezijisi birneme kemelýär. Bu ýerde suw üçin doly gaýnatmagyň araçák burçy nähili üýtgär?
5. Howa görä arassa suw, çüýşä we almazyň döwme görkezijileri 1,33; 1,5 we 2,42-ä deň. Şu maddalardan haýsysynda doly içki serpikmäniň araçák burçy iň kiçi?
6. Şöhle howadan suwa düşýär. Bu ýerde doly içki serpikme hadysasyna gözegçilik etmek mümkünmi?

48-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Ўагтылык шöhlesiniň iki gurşawyň araçägine düşme burçy 30° боланда, дöwülmey burçy 45° bolýandygyny bilmek bilen, doly içki serpikmäniň araçäk burçy näçä deň bolýandygyny anyklaň.

Berlen:	Çyzgysy:	Hasaplamak:
$\alpha = 30^\circ$		$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 45^\circ} = \frac{1/2}{\sqrt{2}/2} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$
$\beta = 45^\circ$		$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{\sqrt{2}}.$
$Tapmaly:$ $\alpha_0 = ?$	Formulasy: $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \quad \sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}.$	Jogaby: $\alpha_0 = 45^\circ.$

2-nji mesele. Çüýše – howa araçägindäki ýagtylygyň doly içki serpikme araçäk burçy 37° bolýandygyny bilmek bilen ýagtylygyň çüýshedäki tizligini anyklaň.

Berlen:	Çyzgysy:	Hasaplamak:
$\alpha = 37^\circ$		sinusyň 37° burçdaky bahasyny jedwelden alýarys, ýagny $\sin 37^\circ = 0,6$
$n_2 = 1$		$v_i = \frac{3 \cdot 10^8}{1} \cdot \sin 37^\circ =$
$\beta = 90^\circ$	Formulasy: $\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}; \quad n_1 = \frac{n_2}{\sin \alpha_0};$ $v_i = \frac{c}{n_1} = \frac{c}{n_2} \cdot \sin \alpha_0.$	$= 3 \cdot 10^8 \cdot 0,6 = 1,8 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$
$Tapmaly:$ $v_i = ?$		Jogaby: $v_i = 1,8 \cdot 10^8 \text{ m/s.}$



- Şöhle dessesi suwdan ($n = 1,33$) howa geçip dur. Doly içki serpikme yüze çykmagy üçin suwuň içinden düşýän şöhle nähili burç astynda düşmeli?
- Ýakut üçin doly serpikmäniň araçäk burçy 34° -a deň. Ýakudyň döwülmey görkezijisini anyklaň.
- Eger almaz üçin döwülmey görkezijisi 2 bolsa, ýagtylyk şöhlesiniň almazdaky doly içki serpikme araçäk burçy nähili?
- Şöhle dessesi döwülmey görkezijisi 1,5 bolan bir gurşawdan ikinji gurşawa

53° burç astynda düşende, doly içki serpikme bolýar. Ikinji gurşawyň döwülmeme görkezijisi nähili bolupdyr?

5. Şöhle dessesi bir gurşawdan şöhle döwülmeme görkezijisi 1,2 bolan ikinji gurşawa 47° burç astynda düşende doly içki serpikme bolýar. Birinji gurşawyň şöhle döwülmeme görkezijisi nähili bolupdyr?

49-§. LABORATORIÝA IŞI. ÇÜÝŞÄNIŇ ŞÖHLE DÖWÜLME GÖRKEZIJISINI KESGİTLEMЕК

Maksat: çüýşäniň şöhle döwülmeme görkezijisini kesgitlemegi öwrenmek.

Gerekli enjamlar: ýagytylyk çeşmesi, yşly päsgelçilik, üçburçlukly çüýşe prizma, iňneler, transportir.

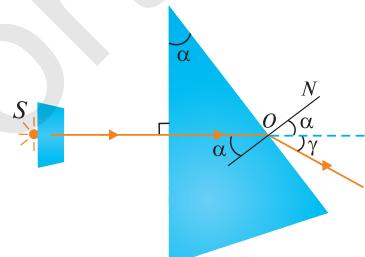
Işin ýerine ýetiriliş tertibi

1. Şöhle dessesiniň ýoluna üçburçly çüýše prizmany 73-nji suratda görkezilişi ýaly ýerleşdiriň. Prizmanyň ýokary ujundaky α burçy bellik ediň (bu burç prizma ýazylan bolýar).

2. Prizma goýlanda şöhle dessesi O nokatda döwülyär we öz ýoluny üýtgedip, γ burça gyşarýar. Şöhläniň döwlen ýoluny iňneler bilen bellik ediň we γ burçy transportiriň kömeginde ölçän.

3. Şöhle döwülmeme görkezijisi n bolan çüýše prizmadan howa geçiş ýagdaýy üçin ýagytylygyň döwülmeme kanunyny aşakdaky ýaly aňlatmak mümkün:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \gamma)} \quad (1) \quad \text{ýa-da} \quad n = \frac{\sin(\alpha + \gamma)}{\sin \alpha} \quad (2)$$



73-nji surat.

bu ýerde α – çüýşe bilen howa araçägine şöhläniň düşme burçy bolup, onuň ululygy prizmanyň ýokarky burçuna deň. α we γ -nyň ölçenen bahasyny (2) formula goýup, berlen çüýşäniň şöhle döwülmeme görkezijisini anyklaň.

4. Tejribe prosesindäki ölçeg we hasaplama netijelerini jedwele ýazyň.

Nº	α	$\sin \alpha$	γ	$\sin(\alpha + \gamma)$	n	n_{ort}
1						
2						

1. Tejribedäki ýagytylyk şöhlesiniň ýoluny derňän, düşme we döwülmeme burçlaryny görkeziň.

2. Tejribe prosesini we netijelerini derňän.

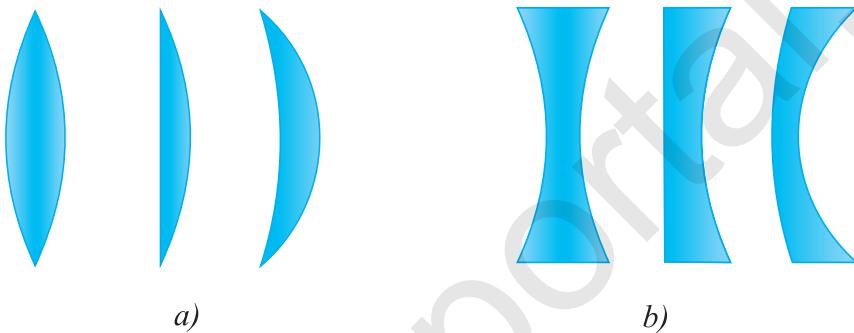
50-§. LINZALAR

Güberçek we oýuk linzalar



Bir ýa-da iki tarapy sferik üst bilen çäklenen dury jisim *linza* diýlip atlandyrylýar.

Linzalar güberçek ýa-da oýuk bolýar. Orta bölegi çetki böleklerine garanda galyň bolsa – *güberçek linza*, ýuka bolsa – *oýuk linza* diýilýär. İki hili linzanyň hem üç sanydan görnüşi bar (74-nji surat).

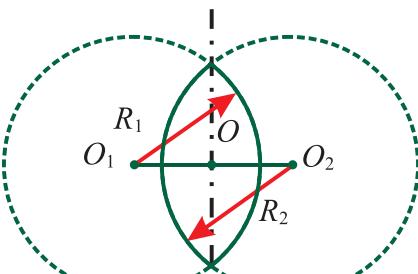


74-nji surat.

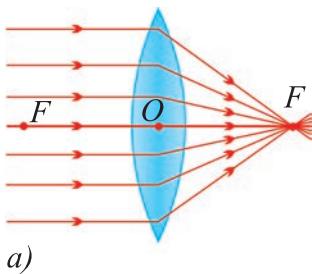
Güberçek linzanyň üstünü R_1 we R_2 radiusly sferalaryň özara kesishmegindenden emele geilen üst diýip garamak mümkün (75-nji surat). Bu ýerde R_1 we R_2 linzanyň egrilik radiuslary. Sferalaryň O_1 we O_2 merkezlerinden geçirilen O_1O_2 göni çyzyga *linzanyň baş optiki oky* diýilýär. Linzanyň ortasyndaky O nokada *linzanyň merkezi* diýilýär.

Eger güberçek linza onuň baş optiki okuna parallel ugrukdyrylan şöhleleri ugrukdysak, linzadan geçen şöhleler baş optiki okuň üstündäki bir nokatda toplanýar (76-nji a surat). Ynha şu F nokada linzanyň *baş fokusy* diýilýär. Güberçek linza şöhleleri bir nokada ýygmak aýratynlygyna eýe bolany üçin ol ýygnaýjy *linza* diýip hem atlandyrylýar.

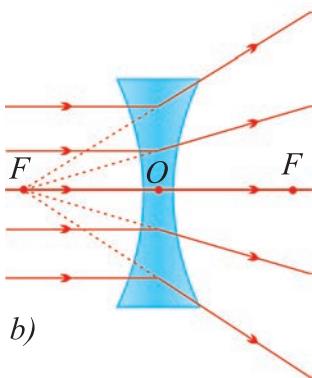
Eger güberçek linzanyň ýerine oýuk linza şöhleleri edil şeýle ugrukdyrylsa, linzadan geçen şöhle bir tekiz dargaýar (76-nji b surat). Şonuň üçin oýuk linza *dargadyjy linza* diýip hem atlandyrylýar. Dargadyjy linzadan geçen şöhleler ters tarapa dowam etdirilse, olar baş optiki okuň bir nokadynynda kesişyär. Ine şu F nokada oýuk linzanyň *hyýaly fokusy* diýilýär.



75-nji surat.



b)



76-njy surat.

Linzalar iki fokusa eýe bolup, olar linzanyň iki tara-pynda merkezinden birmenzeş aralykda ýatýar. Linzanyň merkezinden fokusuna çenli bolan aralyga linzanyň **fokus aralygy** diýilýär we F harpy bilen belgilenýär.



Fokus aralygyna ters ululyga linzanyň optiki güýji diýilýär we D harpy bilen belgilenýär.

$$\text{Linzanyň optiki güýji: } D = \frac{1}{F}, \quad (1)$$

aňlatma görä anyklanýar. Optiki güýjüň esasy birligi edip *dioptriýa* (1dptr) kabul edilen. Fokus aralygy 1 m bolan linzanyň optiki güýji 1 dptr-a deň bolýar: 1 dptr = 1/m.

Ýygnaýy linzada optiki güýç we fokus aralygyny položi-tel, dargadyjy linzada bolsa ikisi-de otrisatel bolýar.

Egrilik radiusy R_1 we R_2 hem-de döwülme görkezijisi n bolan linzanyň fokus aralygyny aşakdaky formula arkaly tapmak mümkün:

$$F = \frac{1}{(n-1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}. \quad (2)$$

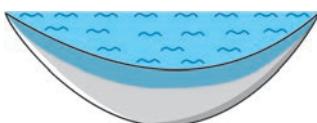
Bu ýerde şöhle howadan linza düşýär we howanyň şöhle döwülme görkezijisi 1-e deň diýip alynýar.



1. Linza diýip nähili jisime aýdylýar?
2. Güberçek we oýuk linzalaryň bir-birinden tapawudy nämeden ybarat?
3. Güberçek we oýuk linzalaryň nähili esasy görnüşleri bar?
4. Linzanyň baş optiki oky, baş fokusy, hyály fokusy, fokus aralygy diýip nämä aýdylýar? Olary 76-njy suratdan görkeziň.
5. Linzanyň optiki güýji diýip nähili ululyga aýdylýar? Ol nähili birlikde aňladylýar?



1. Güberçek-oýuk linzany suratda görkezilişi ýaly gorizontal goýuň. Oňa suwklyk guýulsa linzanyň optiki güýji nähili üýtgär? Tejribede barlap görüp. Netije ýazyň.

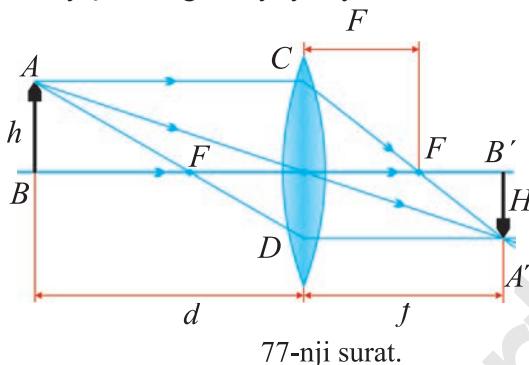


2. Dürli hili optik güýje eýe bolan dargadyjy we ýygnaýy linzalar berlen. Olaryň haýsysynyň optiki güýjüniň uludygyny nähili anyklaýarsyňz?

51-Ş. YÜKA LINZANYŇ KÖMEGINDE ŞEKIL GURMAK

Linzada şekil gurmak

Käbir AB predmet ýygnaýy linzadan d uzaklyga goýulsa (77-nji surat), onuň şekili nähili emele gelýär? Jisimiň (ýa-da predmetiň) şekilini linzanyň kömeginde gurmak üçin aşakdaky şöhle ugurlaryny saýlamak maksada laýykdyr:



77-nji surat.

1. Linzanyň baş optiki okuna parallel bolan (AC) şöhläni alýarys. Bu şöhle linzadan döwlüp geçensoň (CA şöhle) onuň fokusyndan geçýär (77-nji surat).

2. Linza düşyänce onuň fokusyndan geçen (AD) şöhle alynýar. Bu şöhle linzadan geçensoň, baş optiki oka parallel (ýagny DA şöhle) ugurda gidýär.

3. Linzanyň optiki merkezinden geçýän (AO) şöhle alynýar. Bu şöhle linzadan geçensoň başlangyç ugryny üýtgetmeýär (ýagny OA').

Linzadan geçen şöhleleriň kesişmegindenden emele gelen şekil, hakyky şekil bolup hasaplanýär. 77-nji suratdaky linzanyň kömeginde alınan ($A'B'$) şekil dünderilen hakyky sekildir.

Linzanyň formulasy

Linzanyň formulasy predmetden linza çenli bolan d aralygyň, linzadan şekile çenli bolan f aralygyň we linzanyň F fokus aralygynyň arasyndaky baglanyşygy aňladýär, ýagny:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad \text{ýa-da} \quad D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}. \quad (1)$$

Ýygnaýy linzalar üçin F , d , f ululyklar položitel. Predmet linzadan $d < F$ aralykda bolanda f otrisatel bolup, şekil hyýaly bolýar.

Linzanyň çyzykly ulaldyşy

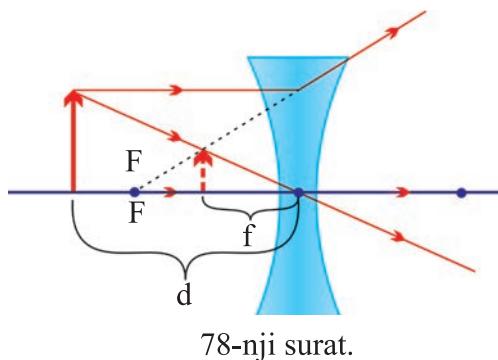


Predmetiň şekiliniň ölçeginiň öz ölçegine bolan gatnaşygyna linzanyň çyzykly ulaldyşy diýilýär.

Kesgitlemä görä: $K = \frac{H}{h} = \frac{A'B'}{AB}$. Şonuň ýaly-da, linzanyň çyzykly ulaldышы linzadan şekile çenli bolan aralyk (f) we predmetden linza çenli bolan aralyk (d) arkaly hem anyklanýar, ýagny: $K = \frac{f}{d}$.

Eger $K > 1$ bolsa, predmetiň linzadaky şekili ulalan bolýar. $K < 1$ bolanda bolsa şekil kiçeldilen bolýar.

Dargadyjy linzada şekil gurmak



Dargadyjy linzada predmetiň şkilini almagyň çyzgysy 78-nji suratda görkezilen. Suratdan görnüşi ýaly, şekil dargadyjy linzadan geçen şöhleleriň dowamynyň kesişmeginden emele gelýär. Şonuň üçin şekil hyýaly, şol bir wagtda dogry şekildir.

Dargadyjy linzalarda bolsa, f we F hemise otrisatel we şekil hyýaly bolýar. Dargadyjy linzanyň formulasy:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}. \quad (2)$$

- 1. Linzada şekil gurmak üçin nähili şöhleler saýlanýar?
- 2. Linzanyň formulasy nähili ululyklary bir-birine baglaýar?
- 3. Linzanyň çyzykly ulaldышы nähili aňlatmalar arkaly anyklanýar?
- 4. Ýygnaýjy linzada nähili şekilleri almak mümkün?
- 5. Ýygnaýjy linza nähili ýagdaýda hyýaly şekilli emele getiryär?
- 6. Dargadyjy linzada nähili şekilleri almak mümkün?



Jedweli dolduryň.

Ýygnaýjy linza

d	f	K	Şekiliň görnüşi
$d=\infty$	$f = F$	$K < 1$ (kiçelen)	Şekil hakyky, emma ol nokat şekilli we linzanyň fokusunda ýerleşýär
$d > 2F$	$F < f < 2F$	$K < 1$ (kiçelen)	Şekil hakyky, emma ters
$d = 2F$			
$F < d < 2F$			
$d < F$			

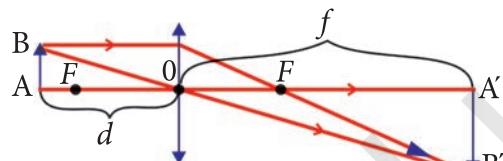
52-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Predmet fokus aralygy 7,5 cm bolan ýygnaýy linzadan 10 cm aralykda ýerleşyär. Onuň şekili linzadan nähili aralykda emele geler? Linzanyň ulaldyşy nähili?

Berlen:
 $F = 7,5 \text{ cm}$
 $d = 10 \text{ cm}$.

Tapmaly:
 $f = ?$ $K = ?$

Cyzgysy:



Formulasy:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f};$$

$$f = \frac{d \cdot F}{d - F}.$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}.$$

Hasaplamak:

$$f = \frac{d \cdot F}{d - F} = \frac{10 \cdot 7,5}{10 - 7,5} = 30 \text{ cm}.$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{30 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 3.$$

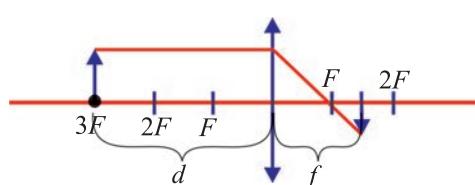
Jogaby: $f = 30 \text{ cm}$, $K = 3$.

2-nji mesele. Predmet ýygnaýy linzadan üç fokus aralyk uzakda dur. Onuň çyzykly ölçegi özünden näçe esse kiçi bolýar?

Berlen:
 $d = 3 \cdot F$

Tapmaly:
 $K = ?$

Cyzgysy:



Formulasy:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad f = \frac{d \cdot F}{d - F}$$

$$K = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F}$$

Hasaplamak:

$$K = \frac{F}{d - F} = \frac{F}{3F - F} = \frac{1}{2}.$$

$$\text{Jogaby: } K = \frac{1}{2}.$$

3-nji mesele. Linzadan 50 cm uzaklykdaky jisimiň hyýaly şekili 2 esse kiçeldilen ýagdaýda emele geldi. Linzanyň optiki güýjüni anyklaň.

Berlen:

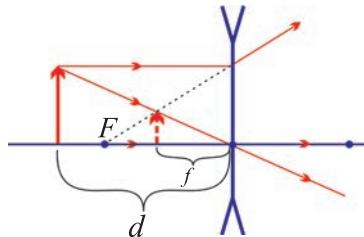
$$d = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$$

$$K = 1/2$$

Tapmaly:

$$D = ?$$

Çyzgysy:



Formulaşy:

$$K = \frac{f}{d} \quad f = d \cdot K$$

$$D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \frac{1}{d \cdot K} = \frac{K-1}{d \cdot K}$$

Hasaplamak:

$$D = \frac{0,5-1}{0,5 \cdot 0,5} \text{ dptr} = -2 \text{ dptr.}$$

Jogaby: $D = -2 \text{ dptr.}$

M
27

1. Fokus aralygy 40 cm, 25 cm, 10 cm, -10 cm, -25 cm, -40 cm bolan linzanyň optiki güýjüni anyklaň.
2. Howa görä şöhle döwülme görkezijisi 1,5-e deň çüýşeden ýasalan üstüň egrilik radiuslary 20 cm we 25 cm bolan iki taraplaýyn güberçek linzanyň optiki güýjüni tapyň.
3. Fokus aralygy 10 cm bolan linzadan 15 cm bärde goýlan predmetiň şekili linzadan näçe aralyk aňyrda emele geler? Linzanyň ulaldышы näçä deň?
4. Okuwçy laboratoriýa işini ýerine ýetirmek bilen ekranda ýanyp duran şemiň anyk şekilini aldy. Eger predmetden linza çenli bolan aralyk 15 cm, linzadan ekrana çenli bolan aralyk bolsa 60 cm bolsa, linzanyň fokus aralygy we optiki güýji nähili?
5. Fokus aralygy 50 cm bolan ýygnaýy linzadan predmeti nähili aralyga ýerleşdirende, 4 esse ulalan şekil emele gelýär?
6. Predmetiň hyýaly şekili linzadan 50 cm aralykda emele geldi. Eger predmetden linza çenli bolan aralyk 20 cm bolsa, linzanyň optiki güýjüni anyklaň.
7. Dargadyjy linzadan 1 m uzaklykda duran predmetiň hyýaly şekili linzadan 25 cm aralykda emele geldi. Linzanyň optiki güýji nähili bolupdyr?
8. Ekrandan 1 m uzakda duran ýygnaýy linza, predmetiň ekranda 2 esse ulalan şekilini aldy. Linzanyň optiki güýji nähili bolupdyr?

53-§. LABORATORIÝA IŞI LINZANYŇ OPTIKI GÜÝJÜNI KESGITLEMEK

Maksat: linzanyň fokus aralygyny we optiki güýjüni kesgitlemegi öwrenmek.

Gerekli enjamlar: güberçek linza, elektrik lampa, ekran we masştably çyzgyç.

Işıň ýerine ýetiriliş tertibi

1. Elektrik lampany, linzany we ekrany stoluň üstüne 79-njy suratda görkezilişi ýaly ýerleşdiriň.

2. Lampany ýakyň. Ekrany öňe-yza sürüp, lampanyň süýüminiň iň takygrak şekili emele gelýän aralyggy tapyň. Predmetden (lampadan) linza çenli bolan d_1 aralyggy we linzadan şekile çenli (ekrana çenli) bolan f_1 aralyggy ölçäň.

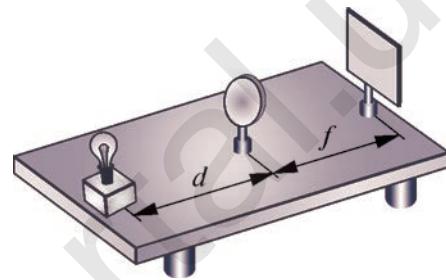
3. Lampa bilen linzanyň arasynda-ky aralyggy d_2 we d_3 -e üýtgedip, tejribäni gaýtalaň. Ekranda lampanyň süýüminiň iň takygrak şekili emele gelen aralykda f_2 we f_3 -leri ölçäň.

4. Linzanyň formulasyndan peýdalanylп her bir tejribeden alınan d_1 we f_1 , d_2 we f_2 , d_3 we f_3 üçin fokus aralyggy F_1 , F_2 , F_3 -i hasaplaň.

5. $F_{\text{ort}} = (F_1 + F_2 + F_3) / 3$ formula goýup, fokus aralygynyň ortaça bahasyny hasaplaň.

6. $D = 1/F_{\text{ort}}$ formuladan linzanyň optiki güýjüniň ortaça bahasyny hasaplaň.

7. Ölçeg we hasaplama netijelerini jedwele ýazyň.



79-njy surat.

Nº	d , m	f , m	F , m	F_{ort} , m	D , dptr
1					
2					
3					

8. Linzany lampadan $d = 2F$ aralyga goýuň. Ekrany öňe-yza sürüp, onda lampanyň süýüminiň şekilini alyň.

9. Linzany lampadan şeýle aralyga goýuň, ýagny bu ýerde $F < d < 2F$ şert ýerine ýetirilsin. Ekrany sürüp, onda lampanyň süýüminiň şekilini alyň.

10. Linzany lampadan $d < F$ aralyga goýuň. Ekranda lampanyň süýüminiň şekilini gözlän. Linzanyň arkasynda şekil emele gelmändigine göz ýetiriň.



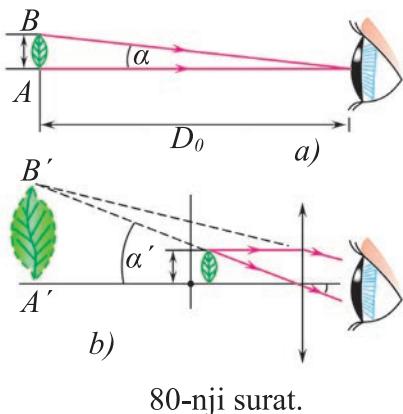
- 8-9-njy bentler boýunça geçirilen tejribelerde ekranda alınan şekiller bir-birinden nähili tapawutlanýar?
- 10-njy bent boýunça geçirilen tejribede näme sebäpden ekranda şekil emele gelmänligini düşündürüp beriň.
- Tejribe netijelerini derňäň we olar boýunça pikir ýörediň.

54-§. OPTIKI ABZALLAR

Lupa



Lupa – predmetleri görüş burçuny ulaldyp berýän kiçi fokus aralykly güberçek linza.



80-nji surat.

$$K = A'B'/AB = \alpha'/\alpha \text{ bolýar.}$$

Lupanyň ulaldышы $K = D_0/F$ formula bilen anyklanýar. Lupalaryň fokus aralygы, adatda, 1-10 cm bolýar. $D_0 = 25$ cm төweregindedigini hasaba alsak, lupa predmetleri 2,5-25 esse ulaldyp görkezýär, diýmek bolar.

Fotoapparat

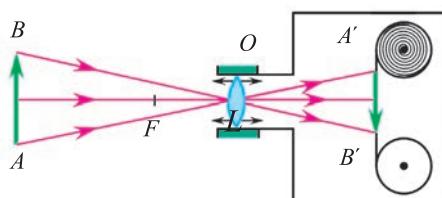


Fotoapparat – obýektiň şékilini fotoplýonka, fotoplastina ýada foto kagyza düşürip, saklaýan edip berýän abzal.

Fotoapparattyň esasy bölegi K kameradan we onda ýerleşýän O obýektiwden ybarat (81-nji surat). Obýektiwdäki L linza kameranyň ekranında AB predmetiň ters, hakyky we kiçelen $A'B'$ şékilini emele getirýär. Fotoapparatda predmetiň şékilini saklap galmak maksadynda kameranyň ekranyna ýagtylygyň täsirinde şékili özünde emele getirýän we saklap galýan mahsus fotoemulsiýa örtülen fotoplýonka ýerleşdirilýär.

Ylmyň we tehnikanyň ösmegi netijesinde plýonkaly fotoapparatlaryň ýerini döwrebap elektron (sifrlı) fotokameralar eýeledi (82-nji surat). Elektron fotokameralarda fotoplýonkanyň ýerine mahsus duýgur element ornaşdyrylýär. Elementde alnan şékiliň nokatlary şekillenýär. Şékiliň bu nokatlary – piksel diýip atlandyrylýär. *Pixel* – iňlisçe (*picture element*) sözlerden alnan bolup, şékiliň

elementti diýen manyny aňladýar. Piksel fotoapparat üçin möhüm hil häsiýetnamasy hasaplanýar. Eger fotoapparatyň pikseli näçe uly bolsa, bu fotoapparatda alnan şekil oňal hilli bolýar. Iň gowy fotoapparatyň şekili bellik ediji elementti birnäçe on mega pikseli düzýär.



81-nji surat.



82-nji surat.

Mikroskop

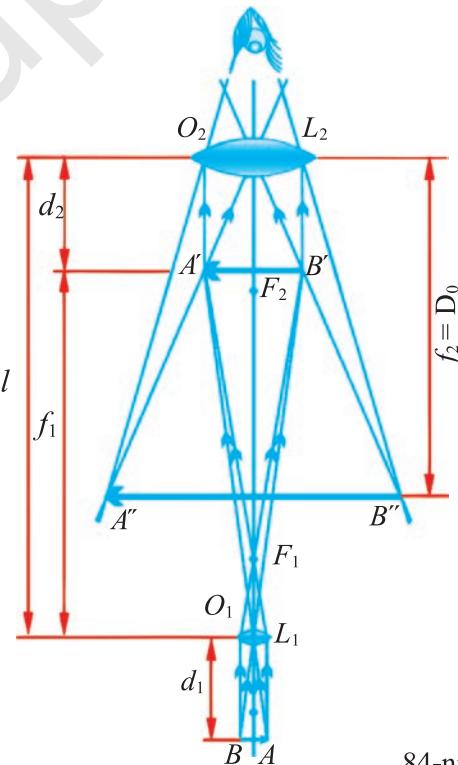


Mikroskop — ýakyn aralykdaky göze gönüden-göni görünmeýän örän maýda obýektleri ulaldyp görkezýän optiki abzal.

Mikroskopdan bakteriyalar, öýjükler ýaly maýda obýektlere gözegçilik etmek üçin hem peýdalanylýar (83-nji surat).



83-nji surat.



84-nji surat.

O_1 okulýardaky L_1 kömeginde AB predmetiň ters, hakyky we ulalan şekili $A'B'$ alynyar (84-nji surat). Mikroskopyň O_2 obýektiwindäki L_2 linza lupa ýaly görüş burçuny artdyryp berýär. Mikroskopyň obýektiwine garalanda L_1 linza emele getiren $A'B'$ şekil gözün iň gowy görüş aralygy bolan D_0 uzaklykda has-da ulalan $A''B''$ ýagdaýda görünüyär.

Mikroskopyň ulaldyşy

$$K = \frac{l \cdot D_0}{F_1 \cdot F_2}$$

formula bilen anyklanýar. Bu ýerde l – linzalaryň arasyndaky aralyk, F_1 we F_2 – linzalaryň fokus aralygy.

Kämilleşdirilen şeýle mikroskoplaryň kömeginde göz görmeýän maýda obýektleri 3 müň essä çenli ulaldyp görmek mümkün. Soňky ýyllarda döredilen mahsus mikroskoplaryň ulaltma koeffisiýenti 100 müňe çenli bolýar.

-  1. Lupada şekil nähili alynyar? Onuň ulaldyşy nähili anyklanýar?
 2. Fotoapparatyň gurluşyny we işleyşini düşündirip beriň.
 3. Mikroskopda şekil nähili alynyar? Onuň ulaldyşy nähili anyklanýar?
 4. Optiki teleskoplar barada nämeleri bilýärsiňiz?



1. Fokus aralygy 2,5 cm bolan lupa predmeti näçe esse ulaldyp görkezip bilyär? Şu we soňky meselelerde $D_0 = 25$ cm diýip alyň.
2. Predmeti 20 esse ulaldyp görkezip bilyän lupanyň fokus aralygy näçe?
3. Mikroskopyň linzalarynyň fokus aralyklary degişlilikde 1,5 cm we 2,5 cm, linzalaryň arasyndaky aralyk 30 cm. Şeýle mikroskop obýekti näçe esse ulaldyp görkezer?
4. Fokus aralygy 30 cm bolan linza, predmetiň 3 esse kiçeldilen hakyky şekilini aldy. Predmet linzadan nähili aralyga goýlan?
5. Birinji fotoapparatyň obýektiwiniň fokus aralygy 5 cm, ikinjisiniňki 4 cm. Birmeňzeş aralykdan durup bir obýektiň fotosuraty alnanda obýektiň haýsy fotoapparatda alınan suraty ulurak çykar?
6. Fokus aralygy 40 cm bolan gübercek linzadan predmet 50 cm aralykda dur. Linzanyň çyzykly ulaldyşy näçä deň?
7. Fokus aralygy 20 cm bolan gübercek linza ekrandan 60 cm aralykda duranda, ekranda predmetiň ulalan hakyky şekili emele geldi. Predmet bilen ekranyň arasyndaky aralyk nähili bolupdyr?

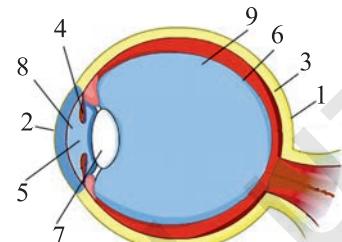
55-§. GÖZ WE GÖRÜŞ

Gözüň gurluşy

85-nji suratda adamyň gözünüň kesigi şekillendirilen. Göz şarynyň daşky gabygy sklera (1), onuň dury öň bölegi *buýuz bardasy* (2) diýilýär. Sklera içki

tarapdan *damarly gabyk* (3) bilen örtülen. Damarly gabyk gan damarlaryndan düzülen.

Damarly bardanyň öň bölegi *älemeşar gabyga* (4) utgaşýar. Onuň ortasynda tegelek deşik – *garaçyk* (5) bar. Damarly gabyk astynda *torjumak barda* (6) bolup, ol dykyz ýerleşyän nerw süyümeleriniň uçlaryndan ybarat. Älemeşar bardanyň arkasynda dury jisim – *hrustalik* (7) ýerleşyän bolup, oňa utgaşýan mahsus myşsalar hrustaligiň egrilik radiusyny üýtgedip durýar. Hrustaligiň garşylykly tarapyndaky torjumak bardanyň üsti ýagtylyga duýgur sary madda bilen örtülen. Buýnuz barda bilen hrustaligiň aralygy reňksiz *suw şekilli suwuklyk* (8) bilen dolan. Hrustalik bilen torjumak bardanyň arasyны ýumşak *aýna görnüşli jisim* (9) düzýär. Suw şekilli suwuklyk bilen aýna görnüşli jisimiň arasynda ýerleşyän hrustaligiň şöhle döwülme görkezijisi 1,5-e deň. Hrustalik iki taraplaýyn güberçek linza wezipesini ýerine yetirýär.

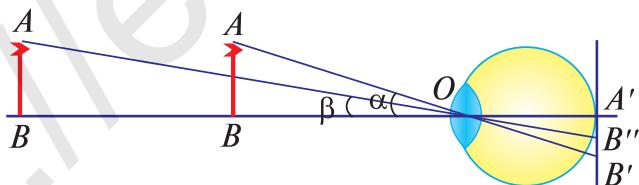


85-nji surat.

Görüş

Predmete garalanda ondan gelýän şöhle göze düşyär we torjumak bardada predmetiň hakyky, kiçeldilen we dünderilen şekili emele gelýär. Torjumak bardadaky nerw süyümeli predmetiň şekli we reňki baradaky informasiýany beýnä geçirýär. Şeýlelikde adam şol predmetiň şeklini we reňkini duýyár.

Towerekdäki predmetler adamyň gözünden dürli aralykda ýerleşyän bolsa-da, torjumak bardada anyk şekil emele geliberyär. Munuň sebäbi, göz hrustaliginiň egrilik radiusy, şeýle hem, fokus aralygynyň üýtgeýjiligidir.



86-nji surat.

Örən uzakdaky predmetleri duýup bilmeýär. Aýdaly, gözün hrustaliginiň optiki merkezi *O* nokatda bolsun. Ýakynrakda duran *AB* ululykdaky predmete α burç astynda garanymyzda onuň şekili torjumak bardada *A'B'* ululykda emele gelýär (86-nji surat). Eger şu *AB* predmeti uzagrak aralyga goýup oňa garasak, emele gelen *A'B''* şekil we β görüş burçy kiçiräk bolýar. Munda şekiliň astyna kemräk sanly nerw uçlary gabat gelýär. Şonuň üçin predmetiň daşky görünüşi boýunça kemräk informasiýa alýarys.

AB predmet näçe uzak aralykda bolsa, şekil we görüş burçy şonça kiçi bolýar, daşky görünüşi boýunça hem şonça kem informa-

siýa alýarys. Eger AB predmet örän uzakda bolsa, bardanyň süyümindäki şekil şonça kiçi bolup, ol şekil diňe bir nerw süyüminiň ujuna düşyär. Bir nerw süyumi diňe bir nokat barada informasiýa berýär.

Iki göz bilen görmekde predmetiň şekili iki gözde birmeňzeş emele gelýär. Eger barmagymyzy dik ýagdaýda burnumyzyň garşysynda saklap dur-sak, ol ikilenip görünýär. Yöne barmagymyz 15–20 cm uzaklyga baranda bu ikilenme ýityär. Şu aralykdan başlap gözlerimiz görende bir-birine kömek edýär. Bir göz bilen giňišligiň üç ölçegliliginı, predmetleriň uzak-ýakynlygyny, ýoluň büdür-südürligini duýmak kyn. Bu ýerde iki göz bilen görüş kömek edýär.

Görüşdäki defektler. Äýnek

Kadaly görýän adamyň gözünde predmetiň şekili torjumak bardada emele gelýär (87-nji *a* surat). Käbir adamlar uzagy erbet görýär. Şeýle adamlaryň gözünde uzakdaky predmetiň şekili torjumak bardadan bärräkde emele gelýär we predmetler bulaşyk görünýär (87-nji *b* surat). Şeýle goze **ýakyndan görmeklik** (şowalyk)diýilýär.

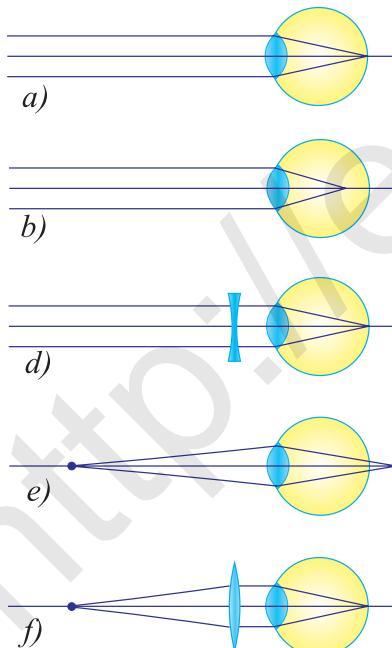
Ýakyndan görmeklik gözlerde hrustaligiň fokus aralygy normadan kem, ýagny optiki güýji ulurak bolýar. Görüşi gowulandyrmak üçin oýuk linzaly äýnekden peýdalanylýar. Äýnekdäki optiki güýji otrisatel bolan şeýle

linza şekili torjumak barda tarap süýşürip berýär (87-nji *d* surat). Şeýle äýnegiň kömeginde predmeti gowy görmek mümkün.

Käbir adamlar, aýratynam, uly ýasdayky adamlar okanda we ýazanda kynçlyk çekýärler. Şeýle adamyň gözünde predmetiň şekili torjumak bardadan aňyrراكda emele gelýär we bulaşyk görünýär (87-nji *e* surat). Şeýle goze **uzakdan görüpilik** diýilýär.

Uzakdan görüpilik gözlerde fokus aralygy normadan uly, ýagny optiki güýji keçiräk bolýar. Görüşi gowulandyrmak üçin gübercek linzaly äýnekden peýdalanylýar. Äýnekdäki optiki güýji položitel bolan linza şekili torjumak barda tarap süýşürip berýär (87-nji *f* surat). Netijede şeýle äýnegiň kömeginde adam predmeti normal göz ýaly gowy görýär.

87-nji surat.



1. Gözde şekil nähili emele gelýär?
2. Iki göz bilen görmegiň bir göz bilen görmekden tapawudy nämeden ybarat?



3. Gözlerdäki ýakyndan görmeklik we uzakdan görüşjilik kemçiligi nä meden ybarat? Şeýle gözler gowy görmegi üçin nähili äýnekden peýdalanylmaǵy mümkin?

56-§. MESELELER ÇÖZMEK

1-nji mesele. Adam 4,5 m uzaklykdan surata alnanda, onuň şekiliniň beýikligi 40 mm-e deň boldy. Fotoapparatyň obýektiwiniň fokus aralyggy 10 cm-e deň bolsa, adamyň boýy näçe bolupdyr?

Berlen:

$$d = 4,5 \text{ m}$$

$$h = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$$

$$F = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m.}$$

Tapmaly:

$$H = ?$$

Formulasy:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \quad \frac{h}{H} = \frac{f}{d};$$

$$H = \frac{d}{f} \cdot h = \frac{d}{\frac{F \cdot d}{d - F}} \cdot h = \frac{d - F}{F} \cdot h.$$

Hasaplamak:

$$H = \frac{4,5 \text{ m} - 0,1 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$\cdot 0,04 \text{ m} = 1,76 \text{ m}$$

Jogaby: $H = 176 \text{ cm.}$

2-nji mesele. Mikroskopyň linzalarynyň fokus aralyklary degişlilikde 0,5 cm we 2,5 cm, linzalaryň arasyndaky aralyk 40 cm. Şeýle mikroskop obýekti näçe esse ulaldyp görkezer?

Berlen:

$$F_1 = 0,5 \text{ cm} = 0,005 \text{ m}$$

$$F_2 = 2,5 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

$$D_0 = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

$$l = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

Tapmaly:

$$K = ?$$

Formulasy:

$$K = \frac{l \cdot d_0}{F_1 \cdot F_2}.$$

Hasaplamak:

$$K = \frac{0,4 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m}}{0,005 \text{ m} \cdot 0,025 \text{ m}} = 800$$

Jogaby: $K = 800.$

3-nji mesele. Ýakyndan görýän adam 12,5 cm aralykdan kitaby okap bilse, ol normal okap bilmegi üçin optiki güýji nähili bolan äýnek dakynmaly?

Berlen:

$$a = 0,125 \text{ m}$$

$$d_0 = 0,25 \text{ m}$$

Tapmaly

D_{äýnek}=?

Çözülişi:

$$D_n = \frac{1}{d_0} = \frac{1}{0,25 \text{ m}} = 4 \text{ dptr}.$$

$$D_n = \frac{1}{a} + D_{äýnek}$$

$$D_{äýnek} = D_n - \frac{1}{a} = 4 \text{ dptr} - \frac{1}{0,125 \text{ m}} = 4 \text{ dptr} - 8 \text{ dptr} = -4 \text{ dptr}$$

Jogaby: kişi linzanyň optiki güýji – 4 dptr bolan äýnek dakynmaly.

M
29

1. Beýikligi 3 m bolan agaç surata alnanda onuň şekiliniň beýikligi 12 mm boldy. Eger fotoapparatyň obýektiwiniň fokus aralygy 20 cm bolsa, surat nähili aralykdan alnypdyr?
2. Mikroskopyň obýektiwiniň fokus aralygy 2 mm, okulýaryň fokus aralygy 30 mm. Obýektiw bilen okulýaryň arasyndaky aralyk 20 cm bolsa, mikroskopyň ulaldышыny tapyň.
3. Fokus aralygy 50 cm bolan oýuk linzaly äýnegiň optiki güýji näçe bolýar? Şeýle äýnek nähili maksatda dakylýar?
4. Okuwçy çaga optiki güýji – 4 dioptriýa bolan äýnekde okaýar. Onuň äýneksiz iň gowy görüş aralygy nähili?
5. Okuwçy çaga äýnegini alyp, kitaby gözünden 16 cm uzaklykda okaýar. Ol dakan äýnegiň optiki güýji nähili bolupdyr?
6. Okuwçy optiki güýji – 2 dptr bolan äýnekde okaýar. Onuň äýneksiz iň gowy görüş aralygy nähili bolar?
7. Howa görä şöhle döwme görkezijisi 1,5-e deň çüýşeden ýasalan üstüň egrilik radiuslary 25 cm we 40 cm bolan iki taraplaýyn güberçek linzanyň optiki güýjünü tapyň.

57-§. GELIOTEHNIKA. ÖZBEGISTANDA GÜN ENERGIÝASYNDAN PEÝDALANYLYŞY

Günden gelýän ýagtylyk energiýasyny ýylylyk ýa-da elektrik energiýasyna öwrüp, ondan dürli maksatlarda peýdalanylmagy mümkün.



Gün energiýasyny başga görnüşdäki energiýalara öwrüp berýän gurluşlar *geliotehniki gurluşlar* diýlip, Gün energiýasından peýdalanylyşynyň gelejegi bilen meşgullanýan ugur bolsa *geliotehnika* diýlip atlandyrylýar.

Grekçede «*Gelios*» — «*Gün*» diýmekdir.

Ýeriň üstüne ýetip gelýän Gün şöhleleri örän uly ýylylyk çeşmesi hasaplanýar. Ynha şu çeşmeden netijeli peýdalannmak usullaryny tapmak, dürli gurluşlary, energiýa çeşmelerini döretmek *geliotehnikanyň esasy wezipesi* hasaplanýar.

Mälim bolşy ýaly, Gün Ýer ýüzünü geografik giňlikler boýunça dürlüce ýagtylandyrýar. Ýlyň dowamynda Ýeriň 1 m² meýdanyna dogry gelýän Günün energiýasy 300 W/m² -dan 1340 W/m² çenli üýtgap durýar. Merkezi Aziýa ýurtlarynda Günün energiýasından peýdalananmak üçin geografik, optiki we energetik taýdan tebigy şertler bar. Mysal üçin, iýun aýynda ýagty günüň uzynlygy 16 saqat, dekabrda bolsa 8–10 sagady düzýär. Tomusda aýyna 320–400 sagat açık Gün şöhlesi dogry gelýär. Bu ýerlerde geliotehniki gurluşlardan peýdalanyl magy netijesinde köp mukdardaky ýangyçdan we başga çeşmelerden alynýan energiýa tygşytlanmagy mümkün. Güneşli Özbegistanda geliotehnikadan netijeli peýdalanan mak mümkinçiligi uly.

Özbegistanda Günün energiýasından öňden peýdalanyp gelnen. Adamlar gadymdan miweleri we gök öňümleri Günün şöhlesinde kakadypdyrlar. Meselem, üzümi güneşde guradyp, iň ýokary hilli kişişiler taýýarlanypdyr. Erik, gawun, alma, şetdaly we başgalary guradyp, olaryň kak taýýarlanypdyr.

Beyik akyldarlarymyz Günün ýylylygynyň Ýer yüzünde geçýän hadysalara baglydygy barada pikir ýoredipdirler. Meselem, *Abu Ali ibn Sina* özüniň «*Danişnama*» kitabynda «Linzanyň ot aldyrmagynyň sebäbi, onuň bir tarapdan gelýän şöhleleri bir nokada ýygmagyndadır. Bu nokat güýcli ýagtylandyrylýar we güýcli gyzýar», diýip ýazýar.

Günün energiýasy bilen işleyän geliotehniki gurluşlar XX asyryň başlarynda gurlup başlanan. Bu döwürde Özbegistanda Günün energiýasy bilen işleyän geliotehniki gurluşlar (temmäki ekstraktyny Gün şöhlesinde bugartmak, tejribe ysyanalar) guruldy.

Geliotehnika ugrunda ylmy barlaglary alyp barmaga-da üns berlip başlandy. 1934-nji ýylda Daşkentde *Geliotehnika laboratoriýasy* işläp başlady.

1943-nji ýylda Özbegistan Ylymlar akademiyasynyň Fizika-tehnika institutynda *Geliotehnika laboratoriýasy* döredildi. Bu laboratoriýada alnyp barylan

ylmy barlaglar esasynda Gün energiýasyndan peýdalanyп suw gyzdyryjy gurluşlar, miwe guradyjylar, pile eziжiler we guradyjylar, kükürdi suwuk ediji gurluşlar döredildi.

1946-njy ýylda Fizika-tehnika institutynda diametri 10 m-lik aýna şekilli *paraboloid gurluş* döredildi. Gün energiýasyny ýygyp berýän bu gurluşdan bug we buz almak işlerinde peýdalanyldy.

1963-nji ýylda Özbegistan Ylymlar akademiýasynyň *Geofizika bölümü* döredildi. Alnyp barylan ylmy barlaglar esasynda Gün şöhlesini ýgymak we ondan peýdalanmaga niýetlenen dürli gurluşlar döredildi. Meselem, ýygylan Gün şöhlesiniň täsirinde násaglary bejerýän lukmançylyk gurluşlary, oba hojalyk ekinleriniň tohumlaryna Gün şöhlesi bilen işläp bejeriji gurluşlar döredildi.

Respublikamyzda Günüň energiýasyndan peýdalanmak babatda uly üstünlikler gazanyldy. 1960 – 1970-nji ýyllardan başlap bu ugurda alymlarymuz *U.O.Oripow, S.A.Azimow* we başgalar esaslandyran geliofizika mekdebi şekil lenipdi.

1976-njy ýylda *S.A.Azimowyň* başlangyjy bilen hökumetimiziň kararyna görä Özbegistan Ylymlar akademiýasynyň «*Fizika-Gün» ylmy önumçilik birleşmesi* döredildi. Bu birleşme tarapyndan amaly ähmiýete eýe bolan ylmy barlaglar alnyp barylyp, netijeleri amalyýete ornaşdyryldy. Yokary peýdaly täsir koeffisiýentine eýe bolan Gün gurluşlary esasynda işleyän suw nasoslary, lukmançylykda ulanylýan enjamlar, suw süýjediji gurluşlar, yssyhanalar, gradyjylar we sowadyjylar döredildi we halk hojalygynyň dürli ugurlarynda, aýratynam, binalary yssy suw bilen üpjün etmekde ulanmaga berildi.

Gün energiýasyndan has-da netijeli peýdalanmak maksadynda 1987-nji ýylda Daşkent welaýatynyň Parkent tümeninde «Fizika-Gün» YÖB-ne garaşly ýylylyk kuwwaty 1 MW bolan *Gün sandaly* guruldy. Şeýle gurluş şu wagta çenli diňe Odeo (Fransiá) şäherinde bardy. Gurluşyň konsentratorynyň fokus aralygy 18 m bolan paraboloid zerkalolar sistemasyndan ybarat bolup, onuň ölçegi 54×42 m-i düzýär. Gün sandalynda ýygylan energiya yssa çydamly materiallary almak, yssa we sürtülmä çydamly elektrik izolirleýji häsiyetlerine eýe bolan materiallary döretmekde peýdalanylýar. Şonuň ýaly-da, ýerli çig mal we senagat çykyndylary esasynda keramiki yssa çydamly materiallary almak we olaryň esasynda lukmançylyk, energetika, nebit we gaz, ýeňil senagat üçin zerur predmetleri öndürmek tehnologiýalaryny döretmek ýaly ylmy-tehniki işlenmeler gurulýar. Gün sandalynyň kömeginde garyndylary bolmadık arassa metallary eredip alynýar.

Kosmos stansiýalaryndaky uly kuwwatly gurluşlarda Günüň energiýasyndan peýdalanylýar. Kiçi kuwwatly elektron gurluşlarda (mikrokalkulýatorlar, sagatlar, mobil telefon apparatlar) hem fotoelementlerden peýdalanylýar.

Günün energiýasyndan peýdalanmagyň gelejegi uludyr. Gün energetikasy ekologik arassa bolup, onuň mümkünçilikleri uludyr.



1. Nähili gurluşlar geliotehniki gurluşlar diýlip atlandyrylýar? Geliotehnika ugrý nämeleri öwrenýär?
2. Náme sebäpden Özbegistanyň çägi Gün energiýasyndan peýdalanylmagy üçin amatly çäk hasaplanýar?
3. Ülkämizde gadymdan Günüň energiýasyndan nähili peýdalanylypdyr?
4. Özbegistanda geliotehnika ugruny ösdürmek we ondan amalyýetde peýdalanmak boýunça nähili işler amala aşyrylypdyr?

V BABY GAÝTALAMAK ÜÇIN TEST YUMUŞLARY

1. Ýagtylyk şöhlesi howadan suwa düşyär. Düşme burçy α bolsa, döwülme burçy β -ny aşakdaky şertlerden haýsysy dogry kanagatlandyryýar?

- A) $\beta > \alpha$; B) $\beta > \alpha$; C) $\beta = \alpha$; D) $\beta < \alpha$.

2. Ýagtylyk şöhlesi çüýşeden howa geçýär. Düşme burçy 30° . şöhle geçende, öz ugruny 30° -a üýtgeden bolsa, çüýşaniň döwülme görkezijisi nämä deň bolar?

- A) 1,5; B) 2; C) $\sqrt{2}$; D) $\sqrt{3}$.

3. Ýagtylyk şöhlesiniň 1-nji gurşawdan 2-nji gurşawa geçmeginde düşme burçy 60° -a, döwülme burçy bolsa 30° -a deň. 2-nji gurşawyň 1-nji gurşawa görä döwülme görkezijisi näçä deň?

- A) 0,5; B) 2; C) $\sqrt{3}/3$; D) $\sqrt{3}$.

4. Linzadan 50 cm uzaklykda predmetiň 5,5 esse kiçelen hyýaly şekili emele geldi. Linzanyň optiki güýjüni tapyň (dptr).

- A) -9; B) -5; C) -8; D) -2.

5. Käbir predmet fokus aralygy 12 cm-lik linzadan 16 cm uzaklykda goýylan. Linzanyň ulaldышы näçä deň bolar?

- A) 2; B) 3; C) 4; D) 5.

6. Jisim optiki güýji 10 dioptriýa bolan güberçek linzadan 20 cm aralıykda dur. Linzanyň ulaldышыny tapyň.

- A) 0,5; B) 1; C) 0,8; D) 1,5.

7. Fokus aralygy 36 cm bolan linzada 18 cm uzaklykda ýerleşýän predmetiň ulalan hyýaly şekili linzadan nähili aralıykda emele geler (cm)?

- A) 9; B) 18; C) 36; D) 12.

8. Linzadan 10 cm aralıykda ýerleşýän predmetiň 2 esse kiçeldilen hyýaly şekili emele geldi. Linzanyň optiki güýjüni anyklaň (dptr).

- A) 5; B) 10; C) -10; D) -5.

9. Eger fokus aralygy 5 cm-lik fotoapparatyň kömeginde 8 m-lik binanyň alnan suraty 4 cm bolsa, bina nähili uzaklykdan (m) surata alnypdyr?

- A) 4; B) 10; C) 41; D) 13;

10. Fokus aralygy 2 cm bolan lupanyň ulaldyşyny anyklaň.

- A) 9; B) 9,5; C) 10; D) 12,5.

11. Bäş esse ulaldylan lupanyň optik güýjüni (*dptr*) tapyň.

- A) 150; B) 15; C) 25; D) 20.

12. Lupada nähili şekil emele gelýär?

- A) hakyky, ters, ulalan; B) hyýaly, ters, ulalan;
C) hakyky, dogry, ulalan; D) hyýaly, dogry, ulalan.

13. Adamyň iň gowy görüş aralygy 60 cm bolsa, özünüň aýnadaky şekilini gowurak görmek üçin ol aýnadan nähili aralykda durmaly (cm)?

- A) 25; B) 15; C) 30; D) 60.

14. Okuwçy çaga optiki güýji -2,25 dioptriýa bolan äýnekde okaýar. Onuň äýneksiz iň gowy görüş aralygyny tapyň (cm).

- A) 10; B) 16; C) 15; D) 12,5.

15. Äýnekli çaga äýnegini alyp, kitabı 20 cm aralykdan okady. Çaganyň äýneginiň optik güýjüni anyklaň (*dptr*).

- A) -1,5; B) -1; C) -2; D) +2.

16. Predmet fokus aralygy 12 cm bolan linzadan nähili aralyga goýlanda, onuň şekili öz ölçeginden üç esse uly bolar (cm)?

- A) 16; B) 18; C) 20; D) 15.

V BAP BOÝUNÇA MÖHÜM NETİJELER

Olaf Rýomer tejribesi	O. Rýomer ýagtylygyň tizligini birinji bolup astronomik usulda ölçüpdir.
Arman Fizonyň tejribesi	A.Fizo laboratoriýa şertinde ýagtylygyň tizligini ölçemegi başardy.
Ýagtylygyň tizligi we «metr» uzynlyk ölçegine täze häsiýetnama	1983-nji ýýlda Halkara ölçeg we birlikler Baş assambleýasynda ýagtylygyň wakuumdaky tizligi $c = 299\ 792\ 458 \text{ m/s}$ -e deňligini hasaba alyp, metriň täze häsiýeti kabul edilen. « <i>Metr</i> – ýagtylygyň wakuumda $1/299792458$ s wagt interwalynda geçen ýolunyň uzynlygyna deň».
Ýagtylygyň dargama serpikmegi	Ýagtylyk şöhlesi büdür-südür üstden dargama serpilýär.
Ýagtylygyň tekiz serpikmegi	Eger üst ýeterli derejede tekiz (ýylmanak) bolsa, şeýle üstden ýagtylyk şöhlesi tekiz (ýa-da aýna şekilli) serpilýär.
Ýagtylygyň serpikme kanunu	<p>1. Düşen şöhle, serpilen şöhle we iki gurşawyň araçágine şöhläniň düşme nokadyndan geçirilen perpendikulýar bir tekizlikde ýatýar.</p> <p>2. Serpikme burçy α, düşme burçy β deň.</p>
Ýagtylygyň döwülme kanunu	<p>1. Düşen şöhle, döwlen şöhle we iki gurşawyň araçágine şöhläniň düşme nokadyndan geçirilen perpendikulýar bir tekizlikde ýatýar.</p> <p>2. Düşme burçunyň sinusynyň döwülme burçy sinusyna gatnaşygy berlen iki gurşaw üçin hemişelik ululykdyr, ýagny:</p> $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$
Ýagtylygyň doly içki serpikmegi	Şöhle döwülme görkezijisi uly bolan gurşawdan şöhle döwülme görkezijisi kiçi bolan gurşawa ýagtylyk ugrukdyrylanda ($n_1 > n_2$) we şöhläniň düşme burçy araçák burçdan uly bolanda şöhle iki gurşawyň araçáginden doly serpilýär. Doly içki serpikmede düşme burçunyň araçák bahasy α_0 aşakdaky ýaly aňladylýar: $\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$ bu ýerde n_1 we n_2 birinji we ikinji gurşawlaryň şöhle döwülme görkezijisi.

Linza	Bir ýa-da iki tarapy sferik üst bilen araçäklenen dury jisim linza diýlip atlandyrylyar. Olar tebigatyna görä iki görnüşe bölünýär, ýagny ýygnaýjy we dargadyjy linzalara.
Linzanyň optiki güýji	Fokus aralygyna ters ululyga linzanyň <i>optiki güýji</i> diýilýär. $D = \frac{1}{F}$.
Linzanyň formulasy:	$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ d we f -ler degişlilikde predmetden linza çenli we linzadan şekile çenli bolan aralyklar.
Linzanyň çyzykly ulaldышы	Predmetiň şekiliniň ölçeginiň öz ölçegine bolan gatnaşygyna linzanyň çyzykly ulaldышы diýilýär. Kesgitlemä görä: $K = \frac{f}{d} = \frac{A'B'}{AB}$ Şonuň ýaly-da, linzanyň çyzykly ulaldышы linzadan şekile çenli bolan aralyk (f) we predmetden linza çenli bolan aralyk (d) arkaly hem anyklaňyar, ýagny: $K = \frac{f}{d}$.
Lupa	Lupa – predmetleri görüş burçuny ulaldyp berýän gübercek linza. Lupanyň ulaldышы $K = \frac{D_0}{F}$ formula bilen anyklaňyar. Bu ýerde D_0 – iň gowy görüş aralygy. $D_0 = 25$ cm.
Fotoapparat	Fotoapparat – obýektiň şekilini fotoplýonka, fotoplastina ýa-da fotokagyza düşürip, saklaýan edip berýän abzal.
Mikroskop	Mikroskop – ýakyn aralykdaky göze gönüden-göni görünmeýän örän maýda obýektleri ulaldyp görkezyän optiki abzal. Mikroskopyň ulaldышы $K = l D_0 / F_1 F_2$ formula bilen anyklaňyar. Bu ýerde l – linzalaryň arasyndaky aralyk, F_1 we F_2 – obýektiwiň we okulýaryň fokus aralyggy.
Ýakyndan görüşilik	Ýakyndan görüşilik gözlerde görüşi gowulandyrmak üçin optiki güýji otrisatel bolan linzalı äýnekden peýdalanylýar.
Uzakdan görüşilik	Uzakdan görüşilik gözlerde görüşi gowulandyrmak üçin optiki güýji položitel bolan linzalı äýnekden peýdalanylýar.

DÜNYÄNIŇ FİZIKI KEŞBI. FİZİKANYŇ WE TEHNIKANYŇ ÖSÜŞİ

58-§. DÜNYÄNIŇ YEKE-TÄK FİZIKI KEŞBI

Dünýäniň mehaniki keşbi

Dünýäniň keşbi barada gadymdan başlap alymlar pikir ýöredipdirler. Yöne olar diňe pikirlenmä daýanyň, tejribeden we gözegçilikden gelip çykýan umumylaşdyrmagy nazardan gaçyrypdyrlar.

Tebigatyň hadysalaryny öwrenende tejribe netijelerine esaslanmagy birinji bolup G.Galileý başlap berdi. Şonuň üçin fizikanyň ylym hökmünde şekillenmegi Galileýden başlanan diýlip garalýar. Bu ýerde ol inersiya, otnositellik prinsipi baradaky taglymlary aýdyp, olaryň tassyklamasyny tejribede gözegçilik etdi. Bu babatdaky işler I. Nýuton tarapyndan dowam etdirildi. Şeýlelikde XVII asyrda tebigaty öwrenişden mehanika bölünip çykdy we dünýäniň mehaniki keşbi döredildi.



Dünýäniň mehaniki keşbi materiýa, hereket, giňislik, wagt, özara täsir, sebäp we netije kanunalaýyklygy ýaly elementlerden düzülen bolup, onda tebigatdaky dürli prosesleri mehanikanyň kanunlary esasynda düşündirmek mümkün diýip garaýar.

Dünýäniň mehaniki keşbine görä, *materiýa* bölejiklerden düzülen madda diýip düşündirilen; älem hereketlenýän materiýadan düzülen we ähli görnüşdäki hereketler mehaniki *herekete* gelýär; *giňislik* we *wagt* absolýut mazmun bolup, materiýa we herekete bagly däl diýip garalýar (Nýuton), XX asyrda şeýle garayýış inkär edildi (Eýnsteýn); *özara täsir* uniwersal dartyş kanuny esasynda bolup, ol bir sellemde bolýar; *netije* elbetde *sebäp* bilen bagly (wakalar sebäpli baglanyşyga eýe, bir ýagdaý mälim bolsa, soňky ýagdaýy sebäp-netije prinsipi esasynda kesgitlemek mümkün); Nýuton tarapyndan döredilen klassyky mehanika düşünjesine görä ilki aýry-aýry bolan hadysalar, prosesler, deliller bir ulgama getirilýär, olar bir-biri bilen *mehaniki kanunalaýyklyklar* esasynda baglanyp, umumy ýeke-täk keşbi düzýär.

Dünýäniň elektromagnit keşbi

XIX asyrda elektromagnit hadysalary öwrenmek, olaryň kanunalaýyklyklaryny açыş etmek başlandy. Yöne olary mehaniki nukdaý nazardan nähilidir fluid (çak edilen mahsus suwuklyk, gurşaw) esasynda düşündirmäge synanyşyklar

boldy. Şeýle garaýyşlar tankyda duçar bolup, inkär edilip başlandy. Şonda M.Faradeý *elektromagnit meýdany* düşünjesini girizdi. Bu ylymда möhüm öne gidişlik boldy. Soňra bu taglymy ösdürüp, J. Makswell *elektromagnit meýdany nazaryyetini* döretti. Aýry-aýry diýlip garalýan elektrik we magnit hadysalary mälim tertibe getirildi. Bu ýerde elektromagnit meýdany giňišlikde üzük-siz üýtgeýär diýip garaldy.

Dünýäniň mehaniki keşbi boýunça materiya *maddadan* ybarat diýlip garalan bolsa, dünýäniň elektromagnit keşbinde materiya *meýdan* şeklärinde bolmagy-da mümkündegىi nygtaldy. *Hereket* diňe madda we onuň bölejikleriniň hereketinden ybarat bolmazdan, eýsem meýdan we onuň elektromagnit tolkunlarynyň hereke-ti hökmünde hem garalmagyny talap etdi. Özara täsir diňe grawitasion meýdan arkaly *bir sellemde* däl, eýsem *çäkli* tizlik bilen ýaýraýan elektromagnit meýdany arkaly hem bolmagy ykrar edildi. Şeýdip, Dünýäniň elektromagnit keşbi şekillendi.



Şunuň bilen birlikde tebigatda iki fundamental özara täsir – grawitasion we elektromagnit özara täsiriň bardygy anyklandy.

Dünýäniň häzirki zaman fiziki keşbi

XIX asyryň ahyrlary we XX asyryň başlaryna gelip, atom fizikasy ugrunda-ky ylmy baragalar, elektromagnit meýdany porsiýalardan – kwantlardan ybarat ekenligi baradaky nazaryyet, bölejikleriň tolkun tebigaty baradaky taglymatlar klassyky fizikanyň kanunlary ähli fiziki hadysalar üçin ýerlikli bolubermeýänligi ni görkezdi. Materiyanyň üzükli gurluşa eýe bolan *madda* we üzüksiz *meýdana* bölünmegi özüniň absolvut manysyny ýitirdi.

Korpuskulýar-tolkun dualizmi («dualizm» – «iki taraplaýynlyk» diýmek-dir) materiyanyň ähli sekillerine – madda we meýdana mahsuslygy anyklandy. Bularyň netijesinde materiyanyň *kwant* häsiyetleri açyş edildi.

Mikrobölejikleriň hereketini häsiyetlendirýän *kwant fizikasy* peýda bolandan soň dünýäniň ýeke-täk fiziki keşbinde täze elementler göze ilip başladы. Kwant nazaryyetiniň prinsipleri düýpgöter umumy bolup, ähli bölejikleri, olaryň arasyn-daky özara täsirleri we olaryň özara öwrülmelerini häsiyetlendirmek üçin ulanylýar.



1. Dünýäniň mehaniki keşbi nähili elementlerden düzülen?
2. Dünýäniň mehaniki we elektromagnit keşpleriniň arasyndaky tapawut nämeden ybarat?
3. Dünýäniň ýeke-täk fiziki keşbi barada nämeleri bilyärsiňiz?

59-§. FIZIKANYŇ WE TEHNIKANYŇ ÖSÜŞİ. ÖZBEGISTANDA FIZIKA UGRUNDAKY YLMY BARLAGLAR

Fizikanyň we tehnikanyň ösüsü

Ilkidurmuş obşina düzümünde deslapky daş gurallar, soňluk bilen ok-ýáý, laýdan ýasalan gaplar, daşpalta we mis gurallar peýda boldy. Mil. öň. 4-3-nji mün ýyllykda latundan ýasalan zähmet gurallary döredildi. Soňrak demirden peýdalan-maga geçildi. Daýhançylyk ösüp başlansoň, suw çykaryjy gurluşlar we ýer sürýän gurallar peýda boldy. Gurluşykda dürli yük göteriji rycaglar oýlanyp tapyldy. Adamlar agajyň bedeninden gaýyk ýasap, sunda yüzüp başladylar. Soňluk bilen ýelkenli gämiler peýda boldy. Dokmaçylyk stanoklary döredildi. Hünärmentçilik ösüp başladı.

XV–XVI asyrlara gelip domna peçleri guruldy. Harby tehnikada ot açýan ýaraglar, maşynlar we mehanizmler peýda boldy. XVIII asyryň ahyrynda bug maşyny we dokmaçylyk stanoklary döredildi. XIX asyrda çap ediji stanok, telegraf apparaty, fotografiýa, içinden ot alýan dwigatel, radio, telefon, kinemato-grafiyá, awtomobil döredildi, harby tehnika, demir ýol transpoty ösdi.

Fizika we tehnika XX asyryň dowamynda misli görülmedik derejede ösdi. Elektrik energiýa öndürmek we ondan peýdalanmak giň möçberde amala aşdy, elektrik energiýa ähli ugurlara girip bardy. Maşyngurluşyk, awiasiýa, atom tehnikasy, kibernetika we hasaplaýış tehnikasy, elektronika, telewideniýe, raketa gurluşygy, awtomatika, kosmonawtika, informasion tehnologiyasy we başga ugurlar ýokary derejede ösdi. Senagat, oba hojalyk, hyzmat etme, ylym, bilim, medeniýet, sport, gurluşyk, transport, aragatnaşyk, energetika we başga ugurlar tehnikanyň gazananlary bilen ýaraglandyryldy.

XXI asyrda insormasion tehnologiyá, biofizika we nanotehnologiyá ugurlarynda beýik açýşlar edilmegine garaşylýar.

Özbegistanda fizika ugrundaky gözlegler

Faraby, Biruny, Ibn Sina, Ulugbek ýaly beýik alymlar ýetişip çykan ýurdu-mydzaky uniwersitetlerde we institutlarda hem-de Ylymlar akademiyasyň ylmy edaralarynda fizika ylmynyň ähli diýen ýaly ugurlarynda giň möçberde ylmy barlag işleri alnyp barylýar.

Özbegistanda 1920–30-njy ýyllarda fizika ugrunda ylmy barlag işleri ýokary okuw mekdeplerindäki laboratoriýalarda alnyp barylýdy. 1932-nji ýylда Özbegistanyň Ylym Komiteti döredi. 1943-nji ýylда Özbegistan Ylymlar akademiyasy döredildi. Şol ýylда ÖzYA-nyň Fizika-tehnika instituty, 1956-nji ýylда Ýadro fizikasy instituty, 1966-nji ýylда Astronomiýa instituty, 1967-nji ýylда Elektronika instituty, 1976-nji ýylда «Fizika-Güneş» ylmy önemçilik birleşmesi döredildi. Fizika boýunça ylmy barlag edaralarynyň hataryna 1977-nji ýylда ÖzYA-nyň Ýilylyk fizikasy Bölümü, 1992-nji ýylда «Kosmos» ylmy önemçilik birleşmesi, 1993-nji ýylда Materialşynaslyk instituty goşuldy. Şu ylmy barlag

edaralarynda, şonuň ýaly-da, Daşkent Döwlet uniwersiteti (hazırkı Özbegistan Milli uniwersiteti), Samarkant Döwlet uniwersiteti, Garagalpak Döwlet uniwersiteti, Daşkent Döwlet tehnika uniwersiteti we başga ýokary okuň mekdeplerinde fizika ylmynyň dürli meselelerine degişli ýokary barlag işleri alnyp barylyp, dünä möçberinde fizikanyň ösüſine degişli goşant goşulýar.

Özbegistanda Günüň energiýasyndan peýdalanmak we ýadro fizikasy ugrunda alnyp barylan ýokary barlag işleri bilen tanyşsyňyz (32- we 37-ş-lara garaň). Fizikanyň başga ugurlarynda hem ýurdumyz alymlary gazanan üstünlikler biçakdyr. Ýarymgeçiriji häsiyetine eýe bolan gaty erginleriň birnäçe görnüşi alyndy we olaryň fiziki häsiyetleri öwrenildi. Ylmy barlaglaryň netijeleri esasynda iňnän ýokary ýygylykly diodlarda, ýarymgeçirijilerde tiz geçyän elektron prosesleri öwrenmek üçin niýetlenen abzallar, sekili iberiji fotodiód matrisalar, kremniýili detektor we başga abzallar döredildi.

Ýurdumyzyň ýokary barlag edaralarynda we ýokary okuň mekdepleriniň laboratoriýalarynda gaty jisimler fizikasy, ýylylyk we molekulýar fizika, optika we akustikanyň döwrebap fundamental ugurlary boýunça amaly ähmiýete eýe bolan ýokary barlaglar alnyp barylyar. Şol sanda, maddalaryň ýokary temperaturadaky sintezi, strukturasy we häsiyetlerini lazer şöhlesi bilen dolandyrmagyň täze usulalary işlenip taýýarlandy. $5 - 1000^{\circ}\text{C}$ we $80 - 2000^{\circ}\text{C}$ temperatura interwalynada işleyän pirometr, infragyzyl şöhle çykarýan jisimiň şöhlelenişini bellik edip bilyän täze görnüşdäki kabul edijiler döredildi.

Kondensirlenen gurşawlar optikasy ugrundaky örän arassa dury gurşawlarda lazer şöhlesiniň ýaýraýsy bilen bagly optiki hadysalar öwrenilip, onda täze hadysa – tiz giň polosaly luminissensiýa tapyldy. Lazer spektroskopiyasy ugrunda çyzyksız gurşawlarda lazer şöhlesiniň anomal gışarmasy we öz-özünden fokuslanma hadysalary açyş edildi. Çyzyksız modulásiyon şöhleleriň süyümler optimasy döredildi.

Şonuň ýaly-da, ýokary netijeli şöhlelenýän dürli diodlar (akademik M.S.Saidow), Russiya bilen hyzmatdaşlykda kosmiki ýokary barlaglar üçin zerur bolan ençeme materiallar döredildi.

Ýurdumyza fizika ugrunda alnyp barylyan ýokary barlaglar hazırkı zaman fizikasynyň dünä möçberinde ösmegine, halkyň maddy hal-ýagdaýyny gowulandyrmagà hyzmat edýär.

- 
1. Tehnikanyň ösmeginde fizika ylmynyň daýançdygyny esaslandyrıp beriň.
 2. Gadymdan hazırkı döwre çenli fizikanyň we tehnikanyň ösüſi barada gürرүн edip beriň.
 3. Özbegistanda fizika ugrunda alnyp barylyan ýokary barlaglar barada nämeleri bilýärsiň?

GÖNÜKMELERİŇ JOGAPLARY

- 1-nji gönükmə.** 1. $N = 1,2 \cdot 10^{26}$ sany. 2. $d = 2,5 \cdot 10^{-10}$ m. 3. $N = 1,67 \cdot 10^{23}$ sany. 4. $V = 27$ cm³.
5. $N = 2 \cdot 10^{24}$ ta.
- 2-nji gönükmə.** 1. $v = 15$ mol. 2. $m = 352$ g. 3. $N = 1,5 \cdot 10^{23}$ ta. 4. $m_0 = 6 \cdot 10^{-26}$ kg. 6. $M = 44$ g/mol (kömürturşy gazy).
- 3-nji gönükmə.** 1. $N = 1,8 \cdot 10^{24}$ sany. 2. $m = 373$ g. 3. CO₂. 4. $n = 3,33 \cdot 10^{22}$ cm⁻³.
5. $N = 1,05 \cdot 10^{24}$ sany. 6. $S = 0,72$ m². 7. $m = 40$ g. 8. $V = 0,5$ l. 9. $n = 3 \cdot 10^{27}$ m⁻³.
10*. $l = 3 \cdot 10^{13}$ m. Suwuň molekulalary bir hatar edip ýerleşdirilendäki uzynlyk Ýerden Aýa çenli bolan aralykdan ~ 78125 esse uly. **11***. $V = 81$ cm³.
12*. $N \sim 3 \cdot 10^{24}$ sany. **13***. $d = 2,5 \cdot 10^{-9}$ m.
- 4-nji gönükmə.** 1. $p = 800$ Pa. 2. $p = 108$ kPa. 3. $\bar{v} = 120$ m/s. 4. $\bar{E}_k = 4 \cdot 10^{-21}$ J.
5. $\rho = 0,75$ kg/m³. 6. $\bar{v} = 2000$ m/s. 7. $\bar{E}_k = 1,125 \cdot 10^{-21}$ J
- 5-nji gönükmə.** 3. 3 esse artýar. 4. $p = 13,8$ MPa. 5. $n = 5 \cdot 10^{25}$ m⁻³. 6. $N \sim 2,7 \cdot 10^{25}$ sany. 7. $N \sim 265$ sany.
- 6-njy gönükmə.** 1. $\bar{v} = 1765$ m/s. 2. $T = 321$ K. 3. $T = 460$ K. 4. $\bar{E}_k = 6 \cdot 10^{-22}$ J.
5. $n = 3 \cdot 10^{26}$ m⁻³. 6. $V = 0,5$ m³. 7. $T = 700$ K. 8. $T_0 = 50$ K.
- 7-nji gönükmə.** 1. $V = 3$ m³. 2. $v = 3$ mol. 3. $M = 32$ g/mol Kislorod gazy (O₂).
4. $\rho = 2,5$ kg/m³. 5. $T = 318$ K. 6. $v = 2,4$ mol. 7. $v = 2490$ mol. 8. $T = 700$ K.
- 8-nji gönükmə.** 1. $V = 0,5$ l. 2. $p = 1,2 \cdot 10^6$ Pa. 3. $V = 12,5$ l. 4. $p = 80$ kPa.
- 9-njy gönükmə.** 1. $V_2 = 20$ l. 2. $\Delta T = 216$ K. 3. $V = 4$ l. 4. $\Delta T = 128$ K.
- 10-njy gönükmə.** 1. $T = 400$ K. 2. Basyş 2,2 esse artýar. 3. $p_1 = 125$ kPa.
- 11-nji gönükmə.** 1. $p_2 = 1,5 \cdot 10^6$ Pa. 2. Basyş 1,7 esse kemelen. 3. $t_2 = 99$ °C.
4. Gaz görrümi 30%-e artypdyr. 5. $h = 25$ m. 6. $T_1 = 120$ K. 7. $T_1 = 200$ K
8. $T_2 = 240$ K
- 12-nji gönükmə.** 1. $m = 0,8$ kg. 2. $p = 75$ kPa. 3. $\Delta U = 4487$ J-a kemelen.
 $\Delta U = 12465$ J-a artypdyr. 5. $\Delta U = 59,6$ kJ-a artypdyr. 6. $\Delta U = 30$ J-a artypdyr.
7. 2 esse artypdyr.
- 13-nji gönükmə.** 1. $V = 0,3$ m³. 2. $\Delta t = 70$ °C. 3. $A = 20$ J. 4. $A = 0,25$ J.
- 14-nji gönükmə.** 1. $Q = 67,5$ kJ. 2. $c = 890$ J/(kg · K) alýuminiý. 3. $Q = 504$ kJ.
4. $Q_1 = 7,8$ kJ; $Q_2 = 1,95$ kJ.
- 15-nji gönükmə.** 1. $m = 53$ g. 2. 4,2 esse artypdyr. 3. $\Delta U = 900$ J-a artypdyr.
4. $t_2 = 113$ °C. 5. $A = 200$ J. 6. $T_0 = 100K$; $A = 4155$ J 7. $m_2 = 48$ kg. 8. Wodorod 2 esse köpräk. 9. $t = 20$ °C. 10. $V_1 = 40$ l; $V_2 = 40$ l
11. $\Delta t = 320$ °C.
- 16-njy gönükmə** 1. $m = 200$ g. 2. $m = 72,5$ kg. 3. $Q = 322$ MJ. 4. $Q = 3 \cdot 10^7$ J.
- 17-nji gönükmə** 1. $A = 5$ kJ. 2. $\Delta U = 2,8$ kJ. 3. $A = 1,4$ kJ. 4. $\Delta U = 7,5$ kJ.
5. $Q = 6232$ J. 6. $Q = 500$ J. 7. $v = 1$ mol
- 18-nji gönükmə.** 1. $A = 252$ J. 2. $\eta = 60\%$. 3. $T_1 = 800$ K. 4. $A = 390$ J. 5. $A = 42$ kJ. 6. $\Delta T = 335$ K. 7*. $Q_1 = 900$ kJ. 8*. $\Delta T = 600$ K.
- 19-njy gönükmə.** 1. $\eta = 28\%$. 2. $t = 9$ minut. 3. $m = 0,2$ kg. 4. $m = 37,8$ kg.
5. $T_2 = 300$ K. 6. $A = 20$ kJ. 7. $s = 138$ km. 8. $N = 36$ kW.

20-nji gönükmə. 1. $d = 2,1\text{ mm}$. 2. $r = 0,25\text{ mm}$. 3. $h = 10,2\text{ mm}$. 4. $m = 46,7\text{ mg}$.
 5. $\sigma = 24\text{ mN/m}$. 6. $\sigma = 33\text{ mN/m}$. 7. $N = 285$ sany. 8. $h = 90\text{ mm}$. 9. $\Delta W = 96\text{ }\mu\text{J}$.
 10. $\Delta W = 0,5\text{ mJ}$.

21-nji gönükmə. 1. $\sigma = 95,5\text{ MPa}$. 2. $S = 3\text{ cm}^2$. 3. $h = 12,7\text{ m}$. 4. $E = 196\text{ GPa}$. 5. $d = 7,7\text{ mm}$. 6. $l = 2548\text{ m}$.

22-nji gönükmə. 1. $Q = 10^6\text{ J}$. 2. $m = 0,17\text{ kg}$. 3. $Q = 167\text{ kJ}$. 4. Polatdan.
 5. $m = 1,25\text{ kg}$. 6. $Q = 75\text{ MJ}$.

23-nji gönükmə. 1. $Q = 11,5\text{ MJ}$. 2. $Q = 115\text{ kJ}$. 3. $\varphi = 58\%$. 4. $\varphi = 63\%$.
 5. $\varphi = 65\%$. 6. $\rho = 10,9\text{ g/m}^3$. 7. $\varphi = 62\%$.

24-nji gönükmə. 1. $t = 2095\text{ s}$. 2. $t_1 = 498\text{ s}$, $t_2 = 1,3\text{ s}$. 3. $v = 12,6\text{ s}^{-1}\text{ m}$.

25-nji gönükmə. 1. $\alpha = 35^\circ$, 2. $d = 1,2\text{ m}$. 2. $v = 1,5 \cdot 10^8\text{ m/s}$. 4. $\beta = 20^\circ$.
 5. $s_1 / s_2 = n_2 / n_1 = 1,13$

26-njy gönükmə. 1. $\alpha_0 = 49^\circ$. 2. $n = 1,79$. 3. $\alpha_0 = 30^\circ$. 4. $n = 1,2$. 5. $n = 1,64$.

27-nji gönükmə. 1. $D_1 = 2,5\text{ dptr}$, $D_2 = 4\text{ dptr}$, $D_3 = 10\text{ dptr}$, $D_4 = -10\text{ dptr}$,
 $D_5 = -4\text{ dptr}$, $D_6 = -2,5\text{ dptr}$. 2. $D = 4,5\text{ dptr}$, 3. $f = 30\text{ cm}$, $K = 2$. 4. $F = 12\text{ cm}$,
 $D = 8,3\text{ dptr}$. 5. $d = 62,5\text{ cm}$. 6. $D = 3\text{ dptr}$. 7. $D = -3\text{ dptr}$. 8. $D = 4,5\text{ dptr}$.

28-nji gönükmə. 1. $K = 10$. 2. $F = 1,25\text{ cm}$. 3. $K = 200$. 4. $D = 1,2\text{ m}$. 5. Birinjisida
 6. $K = 4$. 7. $l = 90\text{ cm}$.

29-njy gönükmə. 1. $d \approx 50\text{ m}$. 2. $K \approx 833$. 3. $D = +2\text{ dptr}$. Uzagy görýän
 adamda. 4. $a = 12,5\text{ cm}$. 5. $D = -2,25\text{ dptr}$. 6. $a = 17\text{ cm}$

I babyň test ýumuşlarynyň jogaplary

1.D	2.B	3.D	4.B	5.B	6.B	7.B	8.B	9.D	10.D
11.A	12.D	13.A	14.B	15.C	16.D	17.B	18.C	19.B	20.D
21.A	22.C	23.A	24.B	25.D	26.D	27.D	28.C	29.A	30.B

II babyň test ýumuşlarynyň jogaplary

1.A	2.A	3.B	4.B	5.C	6.B	7.D	8.D	9.C	10.D
11.A	12.A	13.A	14.B	15.A	16.A	17.A	18.D	19.D	20.C
21.C	22.D	23.B	24.C	25.A	26.B	27.A	28.A	29.D	

III babyň test ýumuşlarynyň jogaplary

1.D	2. C	3. B	4.C	5.A	6.C	7.B	8.A	9.C	10.C
11.D	12.B	13.D	14.A	15.C					

IV babyň test ýumuşlarynyň jogapalary

1.D	2.B	3.A	4.A	5.D	6.C	7.D	8.D	9.D	10.A
11.C	12.A	13.B	14.B	15.A	16.A				

V babyň test ýumuşlarynyň jogapalary

1.D	2.D	3.D	4.A	5.B	6.B	7.C	8.C	9.B	10.D
11.D	12.D	13.C	14.B	15.B	16.A				

PEÝDALANYLAN EDEBIÝATLAR

1. P. Habibullayev, A. Boydedayev, A. Bahromov, M.Yuldasheva. FIZIKA 9- sinf darsligi. Toshkent . «G‘.G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi» – 2014-y.
2. N.Sh.Turdiyev. FIZIKA 9 - sınıf darsligi. Toshkent . «G‘.G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi» – 2016-y.
3. В.А. Касьянов. ФИЗИКА 10 – класс. Москва. «Дрофа» – 2005 г.
4. Е.В.Громыко, В.И.Зенкович, А.А. Луцевич, И.Э.Слесарь. ФИЗИКА 10- класс.
Минск. «Адукацыя і выхаванне» – 2013 г.
5. K. Suyarov, A. Husanov, L. Xudoyberdiyev. FIZIKA. Mexanika va molekulyar fizika. Akademik litsey o‘quvchilari uchun o‘quv qo‘llanma. Toshkent. «O‘qituvchi» –2002-y.
6. K.T. Suyarov, Sh.N. Usmonov, J. E. Usarov. Molekulyar fizika. II-kitob. Toshkent. «Yangi nashr» – 2016-y.
7. В.И.Лукашик. Qiziqarli fizika. Savol va masalalar to‘plami. «G‘.G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi» Тошкент – 2016-y.
8. Oliy o‘quv yurtlariga kiruvchilar uchun test savollari. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Davlat test markazi «Axborotnoma» Toshkent . 1996 – 2003-yillar.

MAZMUNY

MOLEKULÝAR FIZIKA WE TERMODINAMIKANYŇ ESASLARY

MOLEKULÝAR FIZIKA

I BAP MADDANYŇ GURLUŞNYŇ MOLEKULÝAR-KINETIK NAZARYÝETINIŇ ESASLARY

1-\$. Maddanyň gurluşynyň molekulýar – kinetik nazaryýeti	4
2-\$. Molekulanyň massasy we ölçügi	7
3-\$. Maddanyň mukdary	12
4-\$. Meseleler çözmek	16
5-\$. Ideal gaz	18
6-\$. Temperatura	21
7-\$. Gazyň molekulalarynyň hereket tizligi	25
8-\$. Meseleler çözmek	28
9-\$. Ideal gaz halynyň deňlemesi	30
10-\$. Izotermik proses	33
11-\$. Izobarik proses	35
12-\$. Izohorik proses	37
13-\$. Amaly sapak. Molekulalaryň ölçegini bahalamak	38
14-\$. Meseleler çözmek	40
I baby gaýtalamak üçin test ýumuşlary	44
I bap boýunça möhüm netijeler.....	47

II BAP İÇKİ ENERGIÝA WE TERMODINAMIKANYŇ ELEMENTLERİ

15-\$. İçki energiýa	50
16-\$. Termodinamikada iş	53
17-\$. Ýylylyk mukdary	55
18-\$. Meseleler çözmek	60
19-\$. Amaly sapak. Jisimlerde ýylylyk deňagramlylgyny öwrenmek	63
20-\$. Laboratoriýa işi. Gaty jisimleriň udel ýylylyk sygymyny kesgitlemek.....	64

21-§. Ýangyjyň udel ýanma ýylylygy.....	65
22-§. Termodinamikanyň birinji kanuny	67
23-§. Meseleler çözmek	70
24-§. Ýylylyk prosesleriniň gaýdymsyzlygy. Termodinamikanyň ikinji kanuny.....	72
25-§. Laboratoriya işi. Dürli temperaturaly suw garylanda ýylylyk mukdarlaryny deňeşdirmek.....	73
II baby gaýtalamak üçin test ýumuşlary	74
II bap boýunça möhüm netijeler	78

III BAP ÝYLYLYK DWIGATELLERI

26-§. Içinden ot alýan dwigatelleri	81
27-§. Ýylylyk dwigatelleriniň işleyiş prinsipi	83
28-§. Meseleler çözmek	86
29-§. Ýylylyk maşynlary we tebigaty goramak.....	87
30-§. Meseleler çözmek	89
III baby gaýtalamak üçin test ýumuşlary	91
III bap boýunça möhüm netijeler	93

IV BAP SUWUKLYK WE GATY JISIMLERIŇ HÄSİÝETLERİ

31-§. Suwuklygyň häsiyetleri	94
32-§. Öllenme. Kapillýar hadysalar	97
33-§. Meseleler çözmek	100
34-§. Laboratoriya işi. Suwuklygyň üst dartyş koeffisiýentini kesitlemek ...	103
35-§. Kristallik we amorf jisimler.....	104
36-§. Gaty jisimleriň mehaniki häsiyetleri	106
37-§. Meseleler çözmek	109
38-§. Gaty jisimleriň eremegi we gatamagy	111
39-§. Maddanyň udel ereme ýylylygy. Amorf jisimleriň eremegi we gatamagy	113
40-§ Bugarma we kondensasiýa	116
41-§. Atmosferadaky hadysalar	119
42-§. Laboratoriya işi. Howanyň otnositel çyglylygyny kesitlemek	124
43-§. Meseleler çözmek	125
IV baby gaýtalamak üçin test ýumuşlary	126
IV bap boýunça möhüm netijeler	128

V BAP OPTIKA

44-§. Ýagtylygyň tizligini kesgitlemek.....	131
45-§. Ýagtylygyň serpikme we döwülme kanunlary	134
46-§. Meseleler çözmek	138
47-§. Doly içki serpikme	139
48-§. Meseleler çözmek	142
49-§. Laboratoriýa işi. Çüýşäniň şöhle döwülme görkezijisini kesgitlemek....	143
50-§. Linzalar	144
51-§. Ýuka linzanyň kömeginde şekil gurmak	146
52-§. Meseleler çözmek	148
53-§. Laboratoriýa işi. Linzanyň optiki güýjünü kesgitlemek	150
54-§. Optiki abzallar	151
55-§. Göz we görüş.....	154
56-§. Meseleler çözmek	156
57-§. Geliofizika. Özbegistanda gün enerjýasyndan peýdalanylyşy	158
V baby gaýtalamak üçin test ýumuşlary	160
V bap boýunça möhüm netijeler	162

VI BAP DÜNYÄNIŇ FİZIKI KEŞBI. FİZİKANYŇ WE TEHNIKANYŇ ÖSÜŞİ

58-§. Dünýäniň ýeke-täk fiziki keşbi	164
59-§. Fizikanyň we tehnikanyň ösüsü. Özbegistanda fizika ugrundaky ylmy barlaglar.....	166

HABIBULLAYEV PO'LAT QIRG'IZBOYEVICH,
BOYDEDAYEV AHMADJON,
BAHROMOV AKBAR DALABOYEVICH,
SUYAROV KUSHARBAY TASHBAYEVICH,
USAROV JABBOR ESHBEKOVICH,
YULDASHEVA MOHIDLXAN KAMALDJANOVNA.

FIZIKA

*Umumiy o'rta ta'lim maktablarining
9-sinfi uchun darslik*

Uchinchi nashr

(Turkman tilida)

Terjime eden *K.Hallyýew*

Redaktor *J.Metýakubow*

Çeber redaktor *Ş. Mirfaýazow*

Tehniki redaktor *H. Hasanowa*

Korrektor *J.Metýakubow*

Kompýuterde sahemplaýy *U. Walijanowa*

Neşirýat lisenziýasy AI.№ 290. 04.11.2016.

Çap etmäge 2019-njy ýylyň 12-nji iýulnda rugsat edildi.

Möçberi $70 \times 100^{1/16}$. Times New Roman garniturasy.

Offset çap ediliş usuly. Şertli çap listi 14,3 Neşir listi 12,5.

1030 nusgada çap edildi. Buýurma № 162.

Özbegistan Respublikasynyň Prezidenti Administrasiýasynyň ýanyndaky Habar

we köpçülikleýin kommunikasiýalar agentliginiň

Gafur Gulam adyndaky neşirýat-çaphana döredijilik öýünde çap edildi

Daşkent, 100128. Labzak köçesi, 86.

Kärendesine berlen dersligiň ýagdaýyny görkezýän jedwel

T/n	Okuwçynyn ady, familiýasy	Okuw ýyly	Dersligiň alnandaky ýagdaýy	Synp ýolbaşçysynyn goly	Dersligiň tabşyrylan-daky ýagdaýy	Synp ýolbaşçysynyn goly
1						
2						
3						
4						
5						

**Derslik kärendesine berlip, okuw ýylynyň ahyrynda gaýtarylyp
alnanda ýokardaky jedwel synp ýolbaşçysy tarapyndan aşakdaky baha
bermek ölçeglerine esaslanlylyp doldurylýar:**

Täze	Dersligiň birinji gezek peýdalanmaga berlendäki ýagdaýy.
Ýagşy	Sahaby bütin, dersligiň esasy böleginden aýrylmadyr. Ähli sahypalary bar, ýyrtylmadyk, goparylmadyk, sahypalarynda ýazgylar we çyzyklar ýok.
Kanagatlanarly	Kitabyň daşy ýenjilen, ep-esli çyzyylan, gyralary gädilen, dersligiň esasy böleginden aýrylan yerleri bar, peýdalanyjy tarapyndan kanagatlanarly abatlanan. Goparylan sahypalary täzeden ýelmenen, käbir sahypalary çyzyylan.
Kanagatlanarsyz	Kitabyň daşy çyzyylan ýyrtylan, esasy böleginden aýrylan ýa-da bütinleyý ýok, kanagatlanarsyz abatlanan. Sahypalary ýyrtylan, sahypalary ýetişmeýär, çyzylyp taşlanan. Dersligi dikeldip bolmaýar.