

An illustration of a rocket launch. A large red cylindrical structure, possibly a launch pad or silo, is in the background. In the foreground, two white rockets are shown ascending. The rocket on the left is angled towards the viewer, while the one on the right is more vertical. Both rockets have yellow flames and white smoke at their bases. The sky is a clear blue.

**Файзи НОРМУРОД  
Сайидчаъфари ҚОДИРИ**

# **Физика 8**

Файзи НОРМУРОД  
Сайидҷаъфари ҚОДИРӢ

# Физика

Китоби дарсӣ барои синфи 8

Вазорати маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон ба чоп  
тавсия кардааст

Душанбе  
«Маориф ва фарҳанг»  
2006

## БОБИ 1. ИМПУЛС. ҚОНУНИ БАҚОИ ИМПУЛС.

Хонандагони арчманд! Шумо як соли омӯзиши физикаи мактабиро паси саркардед, бо як забони нав — бо забони баёнҳои физикӣ, бо мафҳумҳои истилоҳоти физикӣ ва роҳҳои содатарини ба даст овардани донишҳои физикӣ ошно шудед. Дониши физикии шумо, хусусан дониши онҳое, ки дарсҳои риёзиро ба хубӣ аз баркардаанд ва шавқи табиъатфаҳмии худро аз дарс то дарс боло бурдаанд, то дараҷае афзуд. Акнун шумо метавонед, ки на танҳо аз хондани китобҳои физикӣ, балки инчунин аз шунидани гуфтори физикӣ каму беш баҳра бардоред.

Аз сӯи дигар, шумо камобеш дар бораи таҷриба кардан, натиҷа гирифтани ва дар заминаи он на тижҳр мулоҳиза ронда, хулоса баровардан малака ҳосил кардаед. Бино бар ин метавон умед дошт, ки акнун шумо аз рӯи китобҳои дарсӣ ва ғайридарсӣ дар бораи ин ё он мавзӯ бо ёрии омӯзгор ё мустақилона, чунонки мегӯянд, «маъруза тайёр карда», онро ба ҳамсинфҳои худ «дарс гӯед», яъне имкон дорад, ки чанд соҳат омӯзгорӣ кунед. Барои ба хубӣ анҷом додани ин кор шумо бояд ҷиддият нишон диҳед, зеро омӯзгорӣ кардан наҷандон осон аст, ки менамояд.

Мо ҳоло бо шумо як мавзӯи барои сартосари физика муҳими мавриди баррасӣ қарор медиҳем.

### 1.1. Импулс (такон)

Ҳар гуна ҷисм агар аз таъсири ҷисмҳои дигар озод бошад, яъне бо ҷисмҳои дигар додугирифт (ё, чи ҳол ки дар физика мегӯянд, ҳамтаъсирот) нашошта бошад, ҳолати ҳаракат ё оромиши худро бо мурури замон нигоҳ медорад. Ба ёд оред мисоли санги бузургеро, ки шумо онро солҳо боз (аз синфи якум то кунун) дар ҳавлии мактаби худ мēбинед. Он санг солҳои баъдина низ дар ҷои худ собит мемонад, то даме мемонад, масалан, ки онро ягон булдозер аз ҷо наҷунбонад ё оби равоне хоки зери онро шуста набарад.

Аз ин навъ мисолҳо шумо бисёр оварда метавонед. Мо ин маъниро дар мавзӯи "Шести ҳаракат (ҷабр, инертиа)"-и "Физика, 7" баён карда будем.

Барои ҷисме, ки масса (ҷирм)-и  $m$  дорад ва бо суръати  $v$  ҳаракат мекунад, қонуни шести ҳаракатро чунин ифода кардан

мумкин аст:

$$mv = \text{const.} \quad (1)$$

Ин ифодаро ба он маънӣ фаҳмидан мебоҷад, ки агар ба ҷисм ҷисмҳои дигар асар надиҳад, он ҷисм суръати ҳаракати худро тағйир намедихад ва ҳосили зарби массаю суръат  $mv$  собит мемонад. Ишорати «const» дар формулаи (1) ҳамин хосияти собит (дойимӣ) монданро ифода мекунад.

Ҳосили зарби массаи ҷисм ва суръати ҳаракати он, яъне бузургии  $mv$ -ро импульс (такон) ё худ миқдори ҳаракати ҷисм меноманд.

Номи «миқдори ҳаракат» (шакли англисиаш «momentum») - ро *И. Нютон* пешниҳод кардааст.

Импулси ҷисмро маъмулан бо ҳарфи  $p$  ишорат мекунанд. Пас, гуфтаи болоро ин тавр ифода кардан мебоҷад:

$$p = mv. \quad (2)$$

Рангин омадани ҳарфҳои  $p$  ва  $v$  онро ифода мекунанд, ки импульс ва суръат бузургии векторӣ (бузургии бурддор)анд. Аз формулаи (2) рӯшан аст, ки импульси ҷисм бо суръати он ҳамсамт мебошад. Импульс маънои такон, зарб, зарба дорад.

Аз ҳамон формулаи (2) инчунин рӯшан аст, ки ба сифати воҳиди импульс бояд килограмм-метр бар сония ( $\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}$ ) истифода шавад.  $1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$  импульси ҷисм аст, ки массаи  $1 \text{ кг}$  дорад ва бо суръати  $1 \text{ м}/\text{с}$  раван аст.

Масъалаи 1. Мошини сабукрави дорои масса (ҷирм)-и  $m = 1300 \text{ кг}$  дар роҳи рост бо суръати  $v = 72 \text{ км}/\text{с}$  муназзамона раван аст. Ин мошин чӣ қадар импульс дорад?

*Ҳал.* Импулси мошинро аз рӯи формулаи (2) меёбем:

$$p = mv,$$

$$p = 1300 \text{ кг} \cdot 72 \text{ км}/\text{с} = 26000 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}. \quad (\text{Пояни ҳал})$$

Аз ду ҷисми баробармасса импульси ҳамонаш зиёдтар аст, ки бо суръати баландтар ҳаракат мекунад. Аз тарафи дигар, ҳуди шумо ҳам барои ду ҷисм, масалан барои ду мошин санҷида метавонед, ки ҷисми пурмассаатар (пурҷирмтар) импульси зиёдтар дорад.

Масъалаи 2. Маҳзани мошини обпош  $2 \text{ м}^3$  об дорад. Масса (ҷирм)-и ҳуди мошинро  $4 \text{ т}$  гирифта, ёбед, ки мошин дар кадомин ин мавридҳо импульси зиёдтар дорад:

- 1) дар мавриди бо суръати 4 м/с равон будан,
- 2) дар сурати беоб (баъди пошидани об) бо ҳамон суръат ҳаракат нардан?

Додаҳо:

$$m = 4000 \text{ кг},$$

$$V = 2 \text{ м}^3,$$

$$v = 14,4 \text{ км/с} = 4 \text{ м/с},$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$p = ? \quad P = ?$$

Ҳал: Аввал импульси мошини пурборро муъайян мекунем. Массайи обро аз рӯи зичӣ  $\rho$  ва ҳаҷм  $V$  чунин меёбем:

$$m = \rho V.$$

Пас, массайи мошини пурбор

$$M = m + m_{\text{об}} = m + \rho V,$$

аст, яъне

$$M = 4000 \text{ кг} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 2 \text{ м}^3 = 6000 \text{ кг}$$

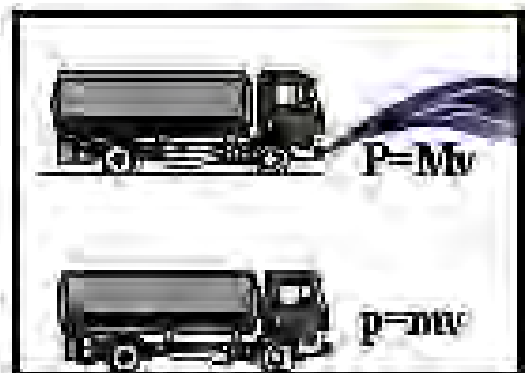
мебошад. Бино бар ин импульси матлуб ин қадар мебарояд:

$$P = Mv = 6000 \text{ кг} \cdot 4 \text{ м/с} = 24000 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Мисли ҳамин, импульси мошини беобро ин тавр меёбем:

$$p = mv = 4000 \text{ кг} \cdot 4 \text{ м/с} = 16000 \text{ кг} \cdot \text{м/с}. \text{ (Поёни ҳал)}$$

Муқоисаи ҳалли ҳарду масъала ва таҳлили натиҷаи онҳоро ба худӣ шумо воғузо р мекунем, хонандагони азиз.



Рас.1.1



1. Импульс (такон, зарб, зарба)-и қисм чист?
2. Импульси қисм бо масса (қирм) ва суръати қисм чӣ алоқамандӣ дорад?
3. Импульс бузургии векторӣ (бурдори) аст ё скалярӣ (яъне ба самт)?
4. Импульс нисбат ба вектори суръат чӣ гуна самт дорад?
5. 1 кг·м/с, ки воҳиди импульс аст, чӣ маъна дорад?

Машқ

1. Импульси қисмеро ёбед, ки массайи 1 г дорад ва бо суръати 200 м/с дар ҳаракат аст. (Ҷавоб: 0,2 кг·м/с).
2. Дар қадом мавридҳо импульси қисм сифрӣ буда (ё шуда) метавонад?
3. Суръати сакон массаваш 200 г бояд чӣ қадар бошад, ки импульси он баробари импульси тирӣ 8 г-и суръаташ 600 м/с шавад? (Ҷавоб: 24 м/с).

## 1.2. Қонуни бақои импульс

Ҳамин тариқ, агар ҷисм бо ҷисмҳои атрофи худ ҳамтаъси-  
роти намоен нашошта бошад ё, чунонки маъмулан мегӯянд, агар  
ба ҷисм аз берун таъсир нарасад, он ҷисм импульси худро со-  
бит (дойиман яқсон) нигоҳ медорад. Дар борҳои ин гуна бузур-  
гиҳо (дар мисоли мо — импульси ҷисм) мегӯянд, ки «ин бузургӣ  
бузургии бобақо аст», яъне бо мурури замон тағйир намеёбад,  
нест намешавад. Ба иборати дигар, *импульси ғурраи системаи  
сарбаст дар ҳама мавридҳо дойимӣ (собит) мемонад*. Ин нукта  
қонуни бақои импульс ном гирифт.

Мафҳуми «системаи сарбаст» маҷмӯъи ҷисмҳоеро ифода  
мекунанд, ки бо ягон ҷисми берунӣ система ё ягон қувваи беру-  
на ҳамтаъсирот надорад. Ҷисмҳо ва зарраҳои системаи сар-  
баст танҳо бо якдигар додугирифт мекунанд.

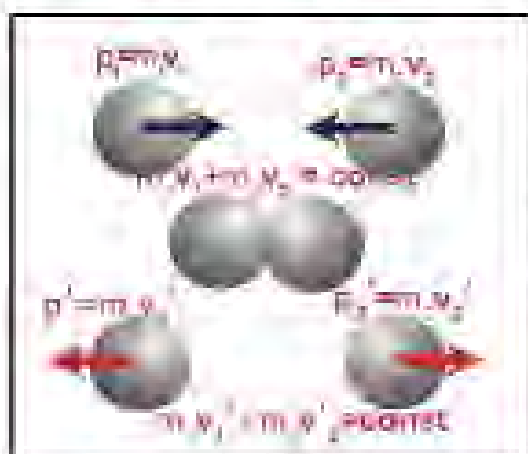
Биевд, ба сифати мисоли мушаххас системаи сарбастеро  
муойина кунем, ки аз ду ҷисми бархӯранда иборат аст. бархӯр-  
ди сақоҳоеро муойина мекунем, ки ба қадди як хати рост му-  
қобили ҳамдигар дарҳаракатанд.

Бигзор, то бархӯрд сақои 1 импульси  $m_1 v_1$  ва сақои 2 им-  
пульси  $m_2 v_2$ -ро соҳиб бошанд. Пас, дар асоси қонуни бақои  
импульс ҳангоми ба система аз берун таъсир нарасидан импул-  
си ғурраи системаи сақоҳо дойиман яқсела мемонад:

$$P = m_1 v_1 + m_2 v_2 = \text{const.}$$

Пас аз бархӯрд импульси ҳар як сақо дар алоҳидагӣ мета-  
вонад тағйир ёбад, вале импульси ғурраи система (ҷамъи им-  
пульсҳои сақоҳо) собит мемонад. Сақоҳои ба қадди як хати рост

ҳаракаткунанда баъди бархӯрд  
самти ҳаракати худро ба  $180^\circ$  (ба  
самти муқобил) иваз мекунанд ва  
агар баъди бархӯрд импульси сақои  
1 ба  $m_1 v_1'$ , импульси сақои 2 ба  
 $m_2 v_2'$  баробар шавад, он гоҳ дар  
асоси қонуни бақои импульси ғур-  
раи система



Расми 1.2.

$P = m_1 v_1' + m_2 v_2' = \text{const}$  меша-  
вад (рас. 1.2). Бино бар ин ҳосил  
мекунем:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'. \quad (3)$$

Формулаи (3) қонуни бақои импульсро барои ду ҷисм ифода мекунад.

Як масъалаи Писарбачае, ки дар пойҳояш чарҳак бастааст, аз камон тир холӣ мекунад (рас.1.3).



Бигзор, массаи тир 0,05 кг бошад ва он бо суръати 108 км/с парвоз кунад. Импулси ақибзании писарбачаро ёбед.

Додаҳо:  
 $m = 0,05 \text{ кг}$ ,  
 $v = 108 \text{ км/с} =$   
 $= 30 \text{ м/с}$   
 $P' = ?$

Ҳал: Импулси пурра, яъне импулси тирандоз ва тир то лаҳзаи паррондани тир сифр аст:  $P = 0$ .

Баъди паррондани тир низ импулси пурра мувофиқи қонуни бақои импульс бояд баробари сифр шавад, яъне

$$P' + p = 0; \quad P' + mv = 0$$

Бино бар ин ҳосил мекунем:

$$P' = -mv = -1,5 \text{ м/с}$$

Аломати "минус" нишон медиҳад, ки импулси тирандоз зидди импулси тирӣ камон раёна аст.

Масъалаи дигар. Мошини сабукраве, ки массаи 1200 кг дошт ва бо суръати 10 м/с дар ҳаракат буд, ба мошини боркаши қароре, ки массаи 2800 кг дорад, бархӯрд. Баъди бархӯрд мошинҳо якҷоя ба самти рафти мошини сабукрав ҳаракат карданд. Суръати онҳоро ёбед (рас. 1.4).

Додаҳо:  
 $m = 1200 \text{ кг}$ ,  
 $v = 10 \text{ м/с}$ ,  
 $M = 2800 \text{ кг}$   
 $V = ?$

Ҳал: Импулси пурраи мошинҳо бо назардошти сифрӣ будани суръати мошини боркаш ( $v_1 = 0$ )

$$P = mv$$

аст. Мошинҳо баъди бархӯрд якҷоя бо суръати  $V$  ҳаракат кардаанд. Пас, импулси пурра ин қадар хоҳад буд:

$$P = (M+m) \cdot V$$

Бино бар ин мувофиқи қонуни бақои импульс



Рас. 1.4

ҳосил мекунем:

$$(M + m)V = mv,$$

ки аз ин ҷо натиҷаи зайл ҳосил мешавад:

$$V = mv/(M+m) = 3 \text{ м/с.}$$

**Масъалаи сеюм.**

Писарбачаи массааш 45 кг ба болои аробачаи массааш 15 кг бо суръати 14,4 км/с

барҷаест (рас.1.5). Суръати якҷояи писарбачаву аробачаро ёбед.

*Додаҳо:*

$$M = 45 \text{ кг,}$$

$$m = 15 \text{ кг,}$$

$$v = 14,4 \text{ км/с} =$$

$$= 4 \text{ м/с}$$

$$V = ?$$

*Ҳал:* Дар ибтидо то лаҳзаи ба рӯи аробача частани писарбача импульси пурра

$$P = Mv$$

аст. Баъди ба аробача савор шудани бача импульси пурра (писарбачаву аробача)

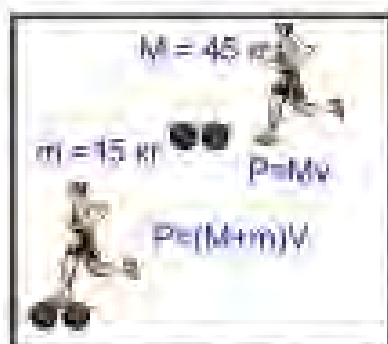
$$P = (M + m)V$$

мешавад. Дар асоси қонуни бақри импульс ҳосил мекунем:

$$(M + m)V = Mv.$$

Он гоҳ суръати писарбачаву аробача ин қадар мебарояд:

$$V = Mv/(M + m) = 3 \text{ м/с.}$$

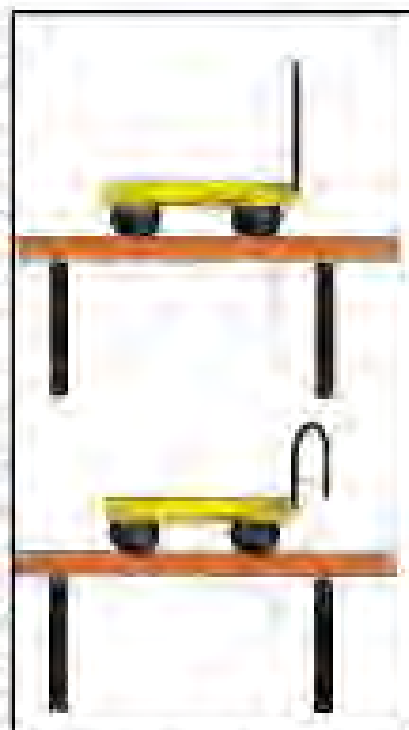


Рас. 1.5

**Масъалаи чорум:** Биёед, ба таҷрибае, ки дар мавзӯи "Ҳамтаъсири ҳисмҳо" дар "Физика-7" муайина кардем, бори дигар рӯ биёрем. Дар канои пеши аробачаи дар рас.1.6 тасвиршуда павҳачаи филизии чандире часпонда шудааст. Онро ҳам карда бо риштае мебандем ва ба он ки ба аробача даст расонем, риштаро месӯзонем. Ришта ки сӯхт, павҳача рафт мешавад. Вале аробача намечунбад. Чаро ин тавр мешавад?



Ҳал: Бо истифодаи қонуни бақои импульс сабаби ба ҳаракат надаромадани аробачаро шарҳ медиҳем. То сӯзондани ришта аробача нисбат ба нишонаи бари миз, ки онро ба сифати нуқтаи сари ҳисоб қабул мекунем, қарор аст ва бино бар ин импульси он низ баробари сифр аст. Ҳангоми сӯзондани ришта павҳача ба ҳаракат мебарояд, вале аробачаро ба ҳаракат намеорад, чунки аробача ҳамроҳи павҳача системаи сарбаст ташкил медиҳад ва азбаски дар ибтидо импульси пурраи онҳо баробари сифр буд, пас, дар асоси қонуни бақои импульс он импульс бояд собит (беағйир) монад. Сабаби қарор мондани аробача низ ҳамин аст.



Рас. 1.6



1. Чӣ гуна системаро системаи сарбаст меноманд?
2. Қонуни бақои импульси пурра чӣро ифода мекунад?
3. Шумо чӣ гуна мисолҳои оварда метавонед, ки дурустии қонуни бақои импульсро тасдиқ кунанд?

#### Машқ

1. Ҷисми массааш  $0,8 \text{ кг}$  ва суръаташ  $v = 4 \text{ м/с}$  ба ҷисми қарори массааш  $0,8 \text{ кг}$  бархӯрда, якҷоя ҳаракат карданд. Суръати ҳаракати ҷисмҳоро баъди бархӯрд ёбед. (Ҷавоб:  $2 \text{ м/с}$ ).

2. Шикорчӣ аз даруни заврақи дарҳаракат ба самти рафти заврақ ду тир ҳалӣ кард ва ҳамроҳи заврақ аз ҳаракат бозмонд. Массаяи шикорчӣ ва заврақро  $200 \text{ кг}$ , массаяи тирро  $20 \text{ г}$  ва суръати тирро  $500 \text{ м/с}$  гарифта, ёбед ки суръати заврақ (ва шикорчӣ) то лаҳзаи тир ҳалӣ кардан чӣ қадар буд? (Ҷавоб:  $0,05 \text{ м/с}$ ).

### 1.3. Истифодаи қонуни бақои импульс

Қонуни бақои импульс дар заросари физика мақоми муҳим дорад. Масъалаҳои физикӣи гуногун, аз ҷумла масъалаҳои



Рас. 1.7

алоқаманд бо бархӯрди ҷиомҳо ва таркишҳоро дар заминаи ҳамин қонун бе муойинаи рӯйдодҳои дохилӣ ҳал кардан имконпазир аст.

Як мисол, Гоҳи аз мили туфанг берун ҷастани тир худ туфанг низ сӯи ақиб

пошна меҳӯрад. Биёед, бо ҳарфи  $M$  массаи туфанг ва бо ҳарфи  $m$  массаи тирро ишорат кунем. То лаҳзаи тирандозӣ ҳам туфанг ва ҳам тир дар ҳолати оромӣ мебошанд, яъне импульси пурраи онҳо баробари сифр аст.

Баъди андохтани тир низ импульси пурраи система, яъне ҷамъи импульси тир ва импульси туфанг дар асоси қонуни бақои импульс бояд баробари сифр бошад. Агар тир аз мили туфанг бо суръати  $v$  барояд, он гоҳ туфанг бо суръати  $V$  пошна меҳӯрад (рас. 1.7). Бино бар ин, дар асоси қонуни бақои импульс ин тавр навиштан мумкин аст:

$$MV + mv = 0$$

Пас, дар ин маврид туфанг бо суръати зайл пошна меҳӯрад:

$$V = -\frac{mv}{M}$$

**Як масъала.** Суръати пошна задани туфангҳо ббед, ки массаи  $5$  кг дорад ва тир  $50$ -гиромиро бо суръати  $150$  м/с берун меандозад.

Агар тирандозе, ки массаи  $70$  кг дорад, туфангро ба китфи худ лаҳш карда, тир андозад,  $u$  чӣ қадар бо туфанги худ бо чӣ гуна суръат ақиб меравад? Соиширо ба эътибор нагиред.

Додаҳо:

$m = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг}$

$m_t = 5 \text{ кг}$

$M = 70 \text{ кг}$

$v = 150 \text{ м/с}$

$v_t = ?$

$V = ?$

Ҳал: 1) Гоҳи берун ҷаҳидани тир аз дули туфанг дар асоси қонуни бақои импульс суръати туфанг  $V$  бо суръати тир  $v$  чунин таносуб дорад (рас. 1.8 а):

$$v_1 = - \frac{m v}{m_1}$$

Бино бар ин

$$v_1 = -1.5 \text{ м/с} \text{ мешавад}$$

2) Дар сурати туфангро ба китфи худ пахшида, тир холӣ кардани тирандоз дар асоси қонуни бақои импульс бояд ин тавр навиҷем (рас. 1.8, б).

$$(m_1 + M)V + m v = 0$$

Дар ин ҷо  $V$ -суръати пешназании туфангу тирандоз аст. Бино бар ин, ҳосил мекунем:

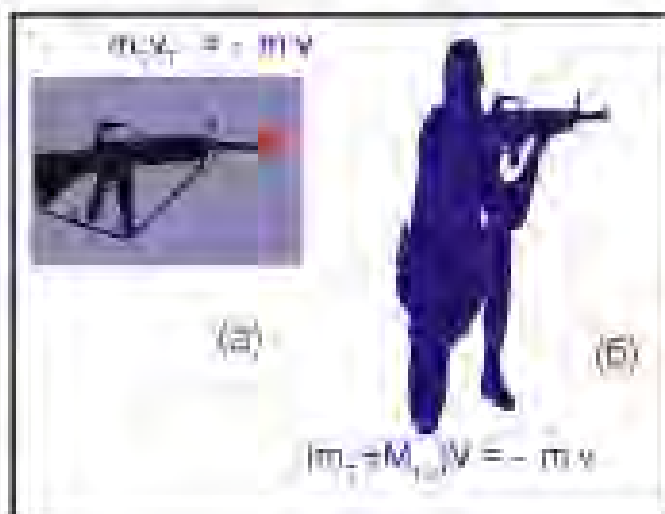
$$V = - \frac{m v}{m_1 + M} = -0.1 \text{ м/с}$$

Ин ҷо аломати "минус" онро ифода мекунад, ки тирандоз яқоя бо туфанг ба самти муқобили ҷасти тир пешна меҳӯрад. Ба ҳар қадаре ки массаи тир зиёд бошад массаи тирандоз кам, суръати пешназанӣ ҳамон қадар зиёд мешавад. (Поёни ҳал).

Хонандагонӣ арҷманд, шумо дар бораи мушакҳо (ракетаҳо) ҳар чиз шунидаед, мушакпарониҳои идонаро тамошо кардаед ва шояд бидонед, ки ҷасти мушак бар кадом падидаи физикӣ асос ёфтааст.

Кори мушак бар падидаи аз шайпураи мушак бо суръати баланд хориҷ гардидани шарраи газҳои баландҳарорат (рас. 1.9) асос ёфтааст.

То оғози гарвози мушак импульси пурраи он (бо сӯзишворинаш) ба сифр баробар аст. Ҳақи ба кор даровардани муҳаррики мушак сӯзишворӣ месӯзад ва газҳои баландҳарорат аз шайпура бо суръати зиёд хориҷ гашта, мушакро ба самти муқобили шарраи газҳои сӯхт ҳаракат медеҳад.



Рас. 1.8



Рас. 1.9

Суръати ҳаракати танай мушак ба суръат ва масси газҳои хориҷшаванда бастагии дорад.

**Масъала.** Фарз мекунем, ки таномии газӣ аз сўзиши сўзишворӣ ҳосилшуда аз мушак на тадричан, балки якбора бо суръати 200 м/с берун партофта шавад. Массаи сўзишворӣ болд чӣ қадар бошад, ки мушаки дорои массаи 2 тонна суръати 8 км/с бахшад?

Додаҳо :

$M_m = 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг}$ ,

$V_m = 8 \text{ км/с} = 8000 \text{ м/с}$

$V_g = 200 \text{ м/с}$

$M_g = ?$

Ҳал: Дар ибтидо импулси пурраи танай мушак бо сўзишворӣ ба сифр баробар аст. Аз ин рӯ қонуни бақои импулс бояд ба шакли зайл навишта шавад:

$$M_m V_m = M_g V_g$$

Пас, барои ба суръати дилхоҳ соҳиб шудан мушак бояд инқадар сўзишворӣ сўзонад:

$$M_g = \frac{M_m V_m}{V_g} = 80 \text{ т}$$



1. Чарост, ки гоҳи аз дўли тўфани берун ҷастани тир тўфанг сўи ақиб пошна мекўрад?
2. Суръати ақиб задани тўфанг гоҳи аз дўли он барҷастани тир бо суръати тир чӣ тавр алоқаманд аст?
3. Суръати мушак ба чӣҳо бастагии дорад?

**Нашр**

1. Ҳангоми аз дўли тўпи массааш 1000 кг берун ҷастани тирӣ массааш 2,6 кг ва суръаташ 600 м/с он бо чӣ гуна суръат пошна мекўрад? (Ҷавоб: 1,6 м/с).

2. Массаи модалӣ мушак (ракета) 260 г буда, массаи сўзишвории он 60 г аст. Агар газҳои сўхта аз шайпураи мушак бо суръати 100 м/с берун партофта шавад, суръати мушак чӣ қадар мешавад? Чунин пинҳон дорад, ки газ якбора берун партофта шудааст. (Ҷавоб: 25 м/с).

## Масъалаҳои тести

1. Қисми дорои массаи 100 г ва суръати 10 м/с чӣ қадар импульс дорад?

1) 1 кг.м/с; 2) 1,5 кг.м/с; 3) 10 кг.м/с; 4) 15 кг.м/с

2. Қисми 200-гиромӣ импульси 3 кг.м/с дорад. Суръати он чӣ қадар аст?

1) 10 м/с; 2) 15 м/с; 3) 1,5 м/с; 4) 1 м/с.

3. Тире парронӣ, ки массаи 50 г ва суръати 100 м/с дошт, ба қисми 5-килограмӣ бархӯрд, дар он дармонд. Суръати ҳаракати қисм ва тире баъди бархӯрд ёбед.

1) ~1 м/с; 2) ~1,8 м/с; 3) ~2 м/с; 4) ~3 м/с.

4. Мошини сабукрави соҳиби импульси 13000 кг.м/с бо суръати 36 км/с ҳаракат мекунад. Массаи мошин чӣ қадар аст?

1) 1300 кг; 2) 2600 кг; 3) 3300 кг; 4) 5000 кг.

5. Ба вагончаи дорои массаи 1000 кг, ки дар роҳи уфуқӣ бо суръати 0,6 м/с ҳаракат карда истодааст, 200 кг шағал рехтанд. Дар ин сурат суръати вагонча чӣ қадар кам мешавад?

1) 0,36 м/с; 2) 0,10 м/с; 3) 0,8 м/с; 4) 0,3 м/с.

6. Суръати пошна хӯрдани туфанги 3-килограммиро барои мавриди аз дули он бо суръати 360 км/с берун ҷастани тире 30-гиромӣ ёбед.

1) 10 м/с; 2) 1 м/с; 3) 1,9 м/с; 4) 3,8 м/с.

7. Вагони 30-тоние, ки бо суръати 3 м/с дар ҳаракат буд, бо вагони 20-тонӣ васл шуд. Вагонҳо баъди васл шудан чӣ гуна суръат мегиранд?

1) 6 м/с; 2) 1,2 м/с; 3) 15 м/с; 4) 1,8 м/с.

8. Одами 70-килограмӣ бо суръати 6 м/с давида, ба рӯи аробачаи 30-килограмӣ ҷаст. Аробача баъди ин бо чӣ гуна суръат ҳаракат мекунад?

1) 6 м/с; 2) 4,2 м/с; 3) 5 м/с; 4) 5 м/с.

## Чанд масъала

1. Ҳангоми тартиб додани қатори вагонҳои роҳи оҳан се вагон ҳамбаста бо суръати 0,8 м/с ҳаракат карда, ба вагони қарор бармехӯранд—дар натиҷа суръати онҳо қадре кам мешавад. Массаи ҳамаи вагонҳоро якхела гуфта, ин суръатро ёбед. (Ҷавоб: 0,6 м/с).

2. Қатори дорои массаи 2000 т ҳаракати шитобдор карда, суръаташро аз 36 то 72 км/с афзуд. Тағйироти импульсро ёбед. (Ҷавоб:  $2 \cdot 10^7$  кг.м/с).

3. Вагони 20-тонӣ бо суръати 3 м/с ҳаракат карда, бо вагони 30-тонӣ бархӯрд, бо он васл шуд. Суръати вагонҳои васлшударо ёбед. (Ҷавоб: 1,2 м/с).

4. Аз тӯпи киштии қарор тире парронданд, ки массаи 70 кг дошт ва бо суръати 100 м/с парвоз кард. Массаи киштиро 75 т гуфта, суръати пошна хӯрдани онро ёбед. (Ҷавоб: 0,093 м/с).

## БОБИ 2. ЭНЕРГИЯ (энержӣ)

### 2.1. Энергия

Дар ҳаёти ҳаррӯза калимаи энергияро шумо борҳо шундаед ва истифода мекунед. Масалан, мегӯянд, ки фалон шахс одами сарҳаракат (бисёр фаъол) аст; дина ба ноҳияи мо нерӯи барқ надоданд; энергияи Офтоб ё, ҷаъ хеле ки маъмулан мегӯянд, гармои Офтобро бевосита барои гарм кардани хонаҳои истиқоматӣ истифода кардан мумкин аст; дар Фаронса энергияи атомро хеле зиёд истифода мекунанд. Ба гуфтан меояд, ки мафҳуми «энергия» дар илму техника яке аз мафҳумҳои муҳимтарин мебошад.

Хуб, мафҳуми энергия чиро ифода мекунанд?

*Ҳама мавҷудоти олам аз хурдтарин зарраҳо то бузургаларин ҷирмҳои осмонӣ дарҳаракатанд, ҳарорӣ надоранд ва ҳамаи онҳо, яке система, дигаре сахлтар, бо якдигар таъсири мутақобил мекунанд. Гуногунии ҳамтаъсирот ва ҳаракат зухуроти ҳосилшудаи шаклҳои гуногуни ҳайуло (материя) аст.*

*Энергия (аз кон. energy) маънои фаъолият дорад. Ба маънои таъсири мафҳуми энергия андоза (мэъёр)-и умумии ҳамтаъсирот ва ҷунбиш (фаъолият)-и ҳамаи шаклҳои ҳайуло ифода мекунанд. Энергия ба монанди импульс дар системаҳои сарбаст бузургии боқимон аст. Энергия аз ҳеч ҷаъ ба на мешавад, он фақат аз як намуд ба намуди дигар бадал мешавад.*

*Воқеа ба шакли сифатан гуногуни ҳамтаъсирот ва ҳаракат энергияро ба намуди гуногун тақсим мекунанд: энергияи механикӣ, энергияи доғилӣ, энергияи электростатикӣ, энергияи химикӣ, энергияи атомӣ ва ғ.*

Барои равшанӣ андохтан ба мафҳуми энергия биед аз нигоҳи алоқамандии энергия ба қори механикӣ мулоҳиза ронем. Чи тавре ки аз «Физика, 7» медонед, агар қисм бо таъсири қувва ба ягон масофа бикӯчад, мегӯянд, ки он қисм қори механикӣ иҷро кард (боби 6). Дар алоқамандӣ бо бузургии қор хотирнишон кардан меояд, ки агар қисм қобилияти қор иҷро кардан дошта бошад, мегӯянд, ки он қисм соҳиби энергия аст. Масалан,

а) бори боло бардошташуда, фанар (пружин)-и фишурда ё ёзида ва, умуман, қисми таъйиқфта (деформатсияшуда);

б) қисми дарҳаракат ва м.ин. имкони кор иҷро кардан доранд.

1) Дар расми 2.1 аробачае тасвир ёфтааст, ки дар қарғояш дар болои поя фарғара дорад. Дар сари расмон, ки ба милаи чархдори аробача печонда шуда ва аз фарғара гузаронида шудааст, бори боло бардошта шудае оғезон аст. Ҳангоми бо таъсири ҷозибаи Замин сӯи поён ҳаракат кардани бор чархҳо ба гардиш даромада, аробачаҳо пеш мебаранд ва аробача кор иҷро мекунад.



Рас. 2.1

Мисоли дигар боре мебошад, ки дар соҳатҳои девории рас. 2.2 истифода мешавад. Бор (санг)-и  $P$ -ро боло бардошта, як миқдор кор иҷро карда, борро энергиядор мекунанд. Ҳангоми тадриҷан ба поён ҳаракат кардани бор энергияи захирашуда барои ба ҳаракат даровардани раққосаку экрабакҳои соҳат сарф мешавад.



Рас. 2.2

2) Фанари фишурда метавонад аробачаҳо то масофаи муъайян кӯчиш диҳад (рас. 2.3), бори боло бардорад (рас. 2.4) ё ин ки тири таппончаи фанари ро парронад, яъне кор иҷро кунад.



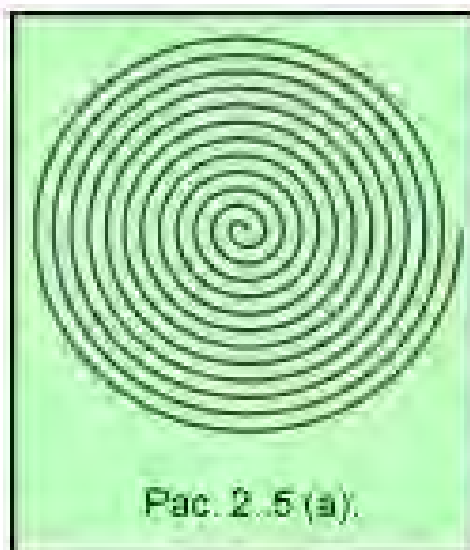
Рас. 2.3

Як мисоли маъмули дар амалия истифодашавандаи энергияи фанари фишурда фанари соҳати механикӣ мебошад (рас. 2.5). Дар ин гуна соҳатҳо маъмулан фанарҳои печонро истифода мекунанд. Фанари соҳатро тобида (фишурда), онро энергиядор мекунанд. Фанар то дами аз ҳоли фишурдагӣ озод шудан энергияи худро тадриҷан сарф карда, кори соҳатро таъмин мекунанд.

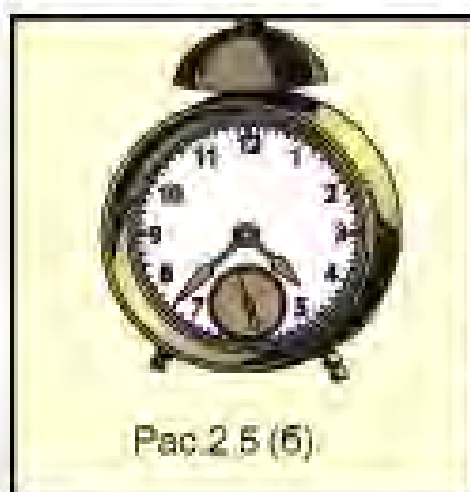


Рас. 2.4

3) Чӣ тавре ки гуфтем, ҳар гуна қисми дарҳаракат низ метавонад кор иҷро



Рас. 2.5 (а).



Рас.2.5 (б).

кунад. Ин гуна ҷисм ҳангоми бо ҷисми дигар додугирифт кардан суръати худро ба ҷисми дигар дода, онро ба ҳаракат меоварад, яъне кор иҷро мекунад. Масалан, тири ба ҷисм бархӯрда метавонад ҳам муқовимати ҷисмро бартараф созад ва ҳам ҷисмро кӯчиш диҳад. Дар ҳарду маврид кор иҷро мешавад. Сақри дарҳаракат ба аробача бархӯрда, метавонад онро ба масофаи муъайян кӯчиш диҳад (рас.2. 6) ва ғ.

*Хулоса, энергияи механикӣ бузургии физикиест, ки имкони кор иҷро карда тавонистани ҷисмро ифода мекунад. Ҷар қадаре ки ҷисм энергияи бештар дошта бошад, вай кори ҳамон қадар зиёд-*

*тар иҷро карда метавонад: кори иҷрошуда ба тағйироти энергия баробар аст.*

Энергия ва кор воҳиди ягона доранд.



Рас.2.6



1. Энергия чист?
2. Соҳатҳои механикӣ ва электронӣ аз ҳисоби кадом навъи энергия кор (иҷро) мекунанд?
3. Воҳиди кор ҳам ҷул (Ҷ) асту воҳиди энергия ҳам. Шумо инро чӣ шарҳ медихед?



## 2.2. Энергияи потенциали

*Энергияе, ки бо вазъи ҷисмҳо (зарраҳо)-и мутақобилан таъсиркунанда алоқаманд мешавад, энергияи потенциали ном дорад (аз лот. *potentia* — нерӯ, қувва)*

Энергияи потенциалии механикии ҷисмҳо дар алоқамандӣ бо ду қувва — қувваи ҷозиба ва қувваи чандирӣ муайян карда мешавад.

### 1. Энергияи потенциалии ҷисми боло бардошташуда.

Ҷисми аз рӯи Замин боло бардошташуда соҳиби энергияи потенциалии мебошад. Ҷисмро ҷозибаи Замин соҳиби ин гуна энергия мегардонад.

Биёед, ба таҷриба рӯ биерем ва вобастагии бузургии кори иҷрошударо ба баландӣ ва вазни бори боло бардошташуда муайян кунем. Ба сифати бори боло бардошташуда кӯбае (болтае)-ро мегирем, ки имкони пирди ин ё он меҳвар гардиш хӯрдан дошта бошад (рас. 2. 7) ва иҷрошудани корро мушоҳида мекунем, ки дар натиҷаи ба телпаки мөҳ задани кӯба анҷом дода мешавад. Таҷриба нишон медиҳад, ки дараҷаи ба тахта ғўтидани мөҳ ба баландии мавқеъи аввалӣ кӯба вобастагӣ дорад, яъне энергияи потенциалии мутаносибан ба баландии бор мезафсояд. Энергияи потенциалии инчунин мутаносибан бо афзоиши вазни ҷисм зиёд мешавад, яъне агар баландиеро, ки кӯба аз он мезафтад, доимӣ нигоҳ дошта, вазни кӯбаро зиёд кардан гирем, мегинем, ки чуқурии дар тахтачӯб фуру рафтани мөҳ вобаста ба вазни кӯба зиёд мешавад.

Ҳамин тариқ, энергияи потенциалии "ҷозиба" ба қувваи вазнинии ҷисм ва баландие вобастагӣ дорад, ки ҷисм то ба он бардошта мешавад.



Рас. 2.7

Агар энергияи потенсиалии ҷисми рӯизаминиро шартан баробари сифр гӯем, он гоҳ энергияи потенсиалии ҷисми боло бардошташуда ба қорре баробар хоҳад буд, ки онро барои то ба ҳамон баландӣ бардоштани ҷисм иҷро кардан зарур меояд. Ба ёд меорем, ки дар сурати ба эътибор нагирифтани муқовимати ҳаво барои аз рӯи Замин то ба баландии  $h$  баровардани ҷисми массааш  $m$  ин қадар кор иҷро кардан меояд:

$$A = P h = m g h$$

Пас, гоҳи аз ҳамон баландӣ афтидани ҳамон ҷисм низ ҳамон қадар кор иҷро мешавад. Бузургии

$$P = m g h$$

энергияи потенсиалии ҷисми ба баландии  $h$  (аз рӯи Замин) бардошташударо ифода мекунад.

**Додаҳо:**

$$\begin{aligned} V &= 1 \text{ м}^3, \\ h &= 300 \text{ м}, \\ \rho &= 1000 \text{ кг/м}^3, \\ g &= 10 \text{ м/с}^2, \\ P &= ? \end{aligned}$$

**Масъалаи 1.** Энергияи потенсиалии як мукаъабметр оби аз шаршараи баландиаш 300 м афтадара ёбед. Зичии обро  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  гиред.

**Ҳал:** Бо назардошти он ки  $m = \rho V$  аст, ҳосил мекунем:

$$P = m g h = \rho V g h = 3000 \text{ кҶ}$$

Ҳамин тариқ, ҳар мукаъабметр об, ки аз баландии 300 м меафтад, қори баробар ба  $A = 3000 \text{ кҶ}$ -ро иҷро мекунад.

**Додаҳо:**

$$\begin{aligned} m &= 40 \text{ кг}, \\ h_1 &= 100 \text{ м}, \\ h_2 &= 150 \text{ м}, \\ g &= 10 \text{ м/с}^2 \\ P_1 &= ? \\ P_2 &= ? \end{aligned}$$

**Масъалаи 2.** Пяёдагарди массааш 40 кг аз доманай тал (теппа) ба қуллай он, ки 150 м баланд аст, баромада, бӯяд ба майдончае мефурояд, ки 100 м поёнтар аз қуллай тал воқеъ гаштааст (рас.2.9). Энергияи потенсиалии пяёдагардро барои майдонча ва қуллай тал (нисбат ба доманай тал) ёбед.

**Ҳал:** Энергияи потенсиалии пяёдагард дар майдонча нисбат ба доманай тал

$$P_1 = m g h_1 = 40 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 100 \text{ м} = 40 \text{ кҶ}$$

мебошад. Ҳамин энергия дар қуллай тал нисбат ба домана

$$P_2 = m g h_2 = 40 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 150 \text{ м} = 60 \text{ кҶ}$$

хоҳад буд.

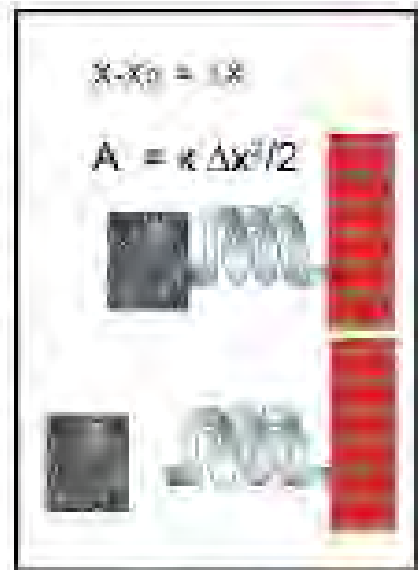


Рас.2.9

2. Энергияи потенциалии ҷисми чандиран тазйиқхӯрда деформатсияшуда). Ҷисмҳои тазйиқхӯрда ба сабаби мавҷудияти қувваи чандирӣ соҳиби энергияи потенциалӣ мебошанд ва имкони кор иҷро кардан доранд. Фанари фишурда (ё ёзида) яке аз мисолҳои маъмули ҷисми тазйиқхӯрда мебошад; ин гуна фанар дар ҳолати фишурда (ё ёзида) дорои энергияи потенциалӣ аст ва метавонад кор иҷро кунад.

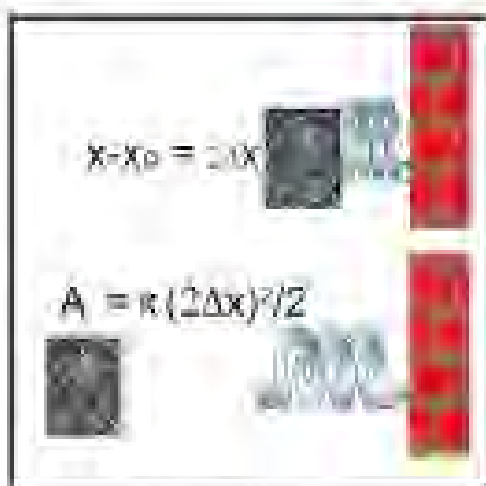
Энергияи потенциалии фанари фишурда ё ёзида ба кадом бузургиҳо баастагӣ дорад?

Биеёд, барои ба ин пурсиш посух додан як мисоли таҷрибавиро мусойина кунем. Фанари аз сими пӯлодин сохташударо ба қадри  $\Delta x$  фишурда, бо ресмон мебандем (рас.2.9) ва бори  $n$ -ро ба сари озоди фанар ҷафс карда, ресмонро мебузем. Бор то масофаи муъайян кӯчиш карда, меистад. Дафъаи дигар фанарро ба қадри  $2\Delta x$  фишурда (рас.2.10), таҷрибаро тақрор мекунем ва мебинем, ки бор нисбат ба мавриди аввала тақрибан 4 бор зиёдтар кӯчиш мекунад. Агар бузургии фишоришро ба  $3\Delta x$  расонем, бор нисбат ба мавриди аввала тақрибан 9 бор зиёдтар мекӯчад. Аз ин гуна таҷрибаҳо хулоса бармеояд, ки кори иҷрошуда ба бузургии  $\Delta x^2/2$  мутаносиби роста будааст, яъне



Рас.2.9

$$A = \frac{\Delta F}{2}$$



Рас. 2.10

Агар ҳамин таҷрибаро дар ҳамин шакл бо фанари мисин тақрор кунем, боз шоҳиди он мегардем, ки дар ҳақиқат кори иҷрошуда ба квадрати бузургии фишориш  $\Delta x$  мутаносиби роста мебошад. Вале бузургии кори иҷрошуда ҳангоми истифода кардани фанари мисин нисбат ба фанари пӯлодин камтар хоҳад буд. Ин хулоса ҳангоми истифода кардани фанари

пӯлодини аз сими бориқтар сохташуда ба даст меояд. Яъне зариф (коэффисент)-и мутаносибӣ, ки онро бо  $k$  ишорат мекунем, сахтии фанарро нишон медиҳад. Бо назардошти зарифи мутаносибӣ

$$A = \frac{k \Delta x^2}{2}$$

мешавад. Ҳамин тариқ, фанар дар ҳолати фишурда (ё ёзида) дорои энергияи потенциалии

$$U = \frac{k \Delta x^2}{2}$$

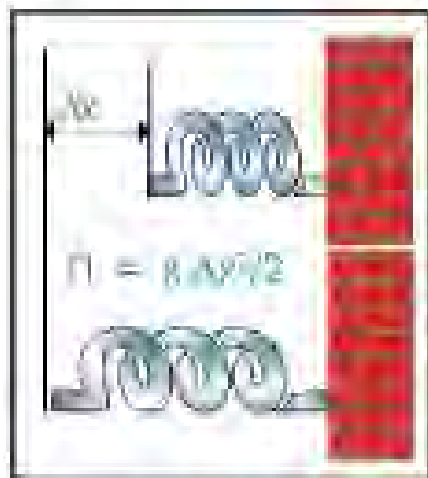


Рис.2.11

мегардад. Қори инроқардаи фанари фишурда (ёзида) ба энергияи дар фанар захирашуда баробар аст.

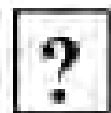
Энергияи потенциалии ҷандирӣ истифодаи бисёр дорад. Аз ҷумла, энергияи потенциалии фанарҳои ёзида, фишурда ва тофтаре дар камонҳо, соъатҳо, релеҳои электрикӣ ва ғ., энергияи газҳои фишурдаро дар муҳаррикҳои қароратӣ, пармаҳои ангишткани, дар санҷаати кӯҳ ва ғ. истифода мекунанд.

**Масъалаи 3.** Фанар (пружин)-и дар рӯи миз хобидаре ба қадри 10 см фишурданд (рис.2.11). Энергияи потенциалии дар ин маърид пайдошавандаре ёбед. Зарифи сахтии фанарро 150 Н/м гиред.

Ҳал: Қоре, ки барои фанарро ба қадри  $\Delta x$  фишурдан сарф мешавад,

$$A = \frac{k \Delta x^2}{2} = 0,75 \text{ Ҷ}$$

мебошад. Бино бар ин фанар дорои энергияи потенциалии  $U = 0,75 \text{ Ҷ}$  мегардад



1. Энергияи потенциалӣ ҷист?
2. Энергияи потенциалии ҷозибавӣ ҷист?
3. Энергияи потенциалии ҷандирӣ ҷист?

4. Формулаҳои энергияи потенциалӣ ва ҷозибаӣ ва ҷандирӣ чӣ фарқ доранд?
5. Обро дар обанбор захира кардан (ё сатҳи онро боло бардоштан) чӣ зарурат дорад?
6. Фанаре (пружине), ки дар дари хона шинонда шудааст, чӣ қорро анҷом дода метавонад?

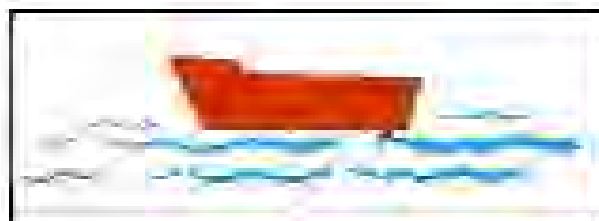
#### Машқ

1. Дар сурати аз баландии 5 м афтидани бори вазнаш 10 Н чӣ қадар кор иҷро мешавад? Ин бор чӣ қадар энергияи потенциалӣ дорад? (Ҷавоб: 50 Ҷ).
2. Сатили 9-литраи пури обро аз ошёнаи 1 ба ошёнаи 5 бароварданд. Баландии ҳар як ошёна се метрӣ асту массаи сатили беоб 1кг. Сатили обдор чӣ миқдор энергияи потенциалӣ дорад? (Ҷавоб: 1200 Ҷ).
3. Ба фанари сахтиаш 10000 Н/м бо қувваи 400 Н таъсир карда, онро ёзиш додаанд. Фанар дар ин маврид ба чӣ қадар энергияи потенциалӣ соҳиб мегардад? (Ҷавоб: 8 Ҷ).
4. Қорро ёбед, ки онро қувваи берунаи 120 Н дарон аз 10 см то 12 см ёзандани фанар иҷро мекунад. (Ҷавоб: 0,12 Ҷ)

### 2.3. Энергияи кинетикӣ

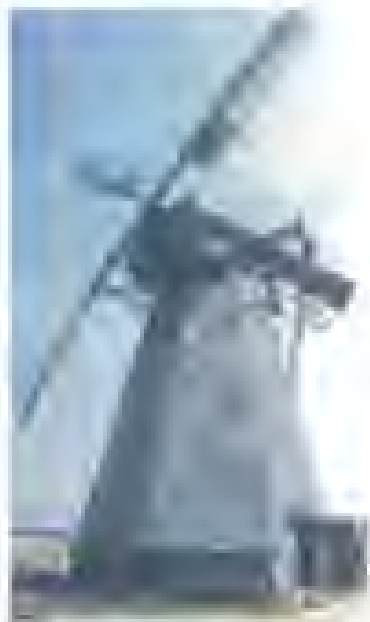
Чӣ тавре ки дар банди 2.1 гуфтем, ҷисмҳои дар ҳаракат ба монанди ҷисмҳои боло бардошташуда ё таъйиқефта (деформатсияшуда) қобилияти кор иҷро кардан доранд ва бино бар ин онҳо соҳиби энергия мебошанд.

**Энергияро, ки бо ҳаракат алоқаманд аст, энергияи кинетикӣ (энергияи ҷунбиш, энергияи ҳаракат) номидаанд.** Мисоли маъмул ва содаи энергияи кинетикӣ механикӣ энергияи оби равон мебошад. Оби равон энергияи кинетикӣ дорад ва бино бар ин метавонад кор иҷро кунад. Масалан, заврақро ҳамроҳи худ барад (рас. 2.12), нархи осеби обиро гардиш диҳад, турбинҳои нерӯгоҳҳои оби барқро гардонад ва м.ин. Шамол низ дорои энергияи кинетикӣ мебошад ва имкони кор иҷро кардан дорад (Рас. 2.13)



Рас. 2.12

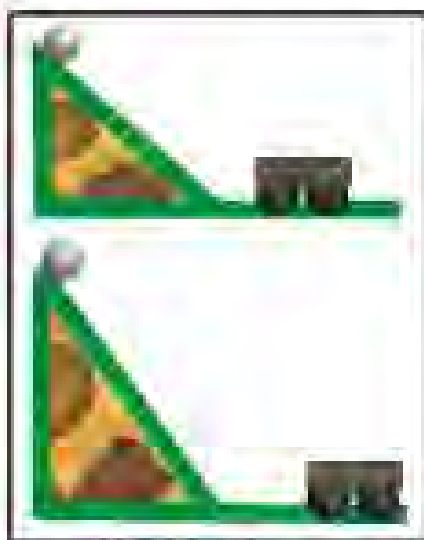
Хуб, энергияи кинетикӣ ба чӣҳо бастагӣ дорад?



Рас. 2.13



Рас. 2.14



Рас. 2.15

Барои посух додан ба ин пурсиш ба таҷриба рӯ меоварем. Суръати сақо, ки онро фанари фишурда тала медахад ( $v$ ), ба бузургии тазйиқ  $\Delta x$  мутаносиби роста аст. Ҳар қадаре ки фанар зиёдтар фишурда шуда бошад, суръати сақо ҳамон қадар зиёд мешавад. Агар дар роҳи сақои бо ин тарз ҳаракатгирифта ва дар рӯи новаи ҳамвор ҳаракаткунанда аробачае ҷой дода, кӯчиши онро вобаста ба тазйиқи фанар мушоҳида кунем, мебинем, ки бузургии кӯчиши аробача (рас. 2.14) ё худ кори иҷрокардаи он ба суръати сақо бастагӣ дорад.

Ҳамин таҷрибаро метавонем бо новаи мойил анҷом диҳем (рас.2.15). Дар ин маврид суръати сақо ба баландие, ки сақо аз он сар дода мешавад, вобаста аст. Ҳар қадаре ки сақо аз ҷои болотари ҳамвори мойил сар дода шавад, суръати он ҳамон қадар зиёдтар мешавад ва аробачаро ҳамон қадар дуртар мекӯчонад, яъне дар ин маврид кори ҳамон қадар бештар иҷро мешавад.

Агар бо сақоҳои гуногунмасса таҷриба кунем, мебинем, ки кори иҷрокардаи сақо бо афзоиши массаи он зиёд мешавад. Ҳамин тавр, ҳар қадаре, ки суръат ва массаи ҷисм зиёд бошанд, энергияи кинетикӣ ҳамон қадар зиёд хоҳад буд.

Энергияи кинетикӣ  $K$ -ро дар шакли формула ин тавр ифода мекунанд:

$$K = \frac{m v^2}{2}$$

ки ин ҷо  $m$  массаи ҷисм асту  $v$  - суръати ҳаракати он.

Кори пурраи иҷрокардаи ҷисм ба тағйироти энергияи кинетикӣ баробар аст:

$$A = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$$

Дар ин ҷо  $v_0$  суръати ибтидоии ҷисм асту  $v$  — суръати интиҳоии он.

**Масъалаи 1.** Энергияи кинетикӣ тӯbero ёбед, ки массаи 200 г дорад ва бо суръати 10 м/с дарпарвоз аст.

**Додаҳо:**  
 $m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг},$   
 $v = 10 \text{ м/с}$   
 $K = ?$

**Ҳал:** Додаҳоро ба формулаи энергияи кинетикӣ

$$K = \frac{m v^2}{2}$$

гузошта, ҳосил мекунем:

$$K = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot (10 \text{ м/с})^2}{2} = 10 \text{ Ҷ}.$$

**Масъалаи 2.** Корero, ки мошини дорoi массаи 1000 кг аз ҳолати оромӣ то лаҳзаи ба суръати 20 м/с соҳиб гардидан иҷро мекунад, ёбед.

**Додаҳо:**  
 $m = 1000 \text{ кг}$   
 $v_0 = 0$   
 $v = 20 \text{ м/с}$   
 $A = ?$

**Ҳал:** Ба формулаи

$$A = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$$

қиматҳoi  $m$  ва  $v$ -ро гузошта, меёбем:

$$A = \frac{1000 \text{ кг} \cdot (20 \text{ м/с})^2}{2} = 200 \text{ кҶ}.$$

**Масъалаи 3.** Туби 100-гиромие, ки бо суръати 20 м/с дарпарвоз буд, ба китфи бозингар зада, ўро ба масофаи 30 см кўчиш дод. Қувваи миёнаи ба китфи бозингар таъсиркардaro ёбед.

<p>Додаҳо:</p> <p><math>m = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}</math></p> <p><math>v = 20 \text{ м/с}</math></p> <p><math>x = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}</math></p> <p><math>F = ?</math></p>
--

Ҳал: Ҳангоми ба китфи бозингар задани тӯби дарпарвоз ин қадар кор иҷро мешавад:

$$F x = \frac{m v^2}{2}$$

Бино бар ин барои  $F$  қимати зайл ҳосил мешавад:

$$F = \frac{m v^2}{2x} = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot (20 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 0,3 \text{ м}} \approx 67 \text{ Н}.$$



1. Энергияи кинетикии ҷисм чист?
2. Энергияи кинетикӣ ба кадом бузургӣҳо бастагӣ дорад?
3. Мисолҳои биеҷед, ки дар онҳо иҷрои кор бо тағйироти энергияи кинетикӣ алоқаманд бошад.

**Машқ**

1. Мошини массааш 1000 кг ва энергияи кинетикаш 200 кҶ бо чӣ гуна суръат ҳаракат мекунад? (Ҷавоб: 20 м/с).
2. Энергияи кинетикии тирӣ массааш 7,8 г ва суръаташ 600 м/с чӣ қадар аст? (Ҷавоб: 14 кҶ).
3. Массаяи тӯби футбол аз тӯбчаи чавгон се бор зиёд, вале суръаташ се бор кам аст. Энергияи кинетикии онҳоро муқоиса кунед.

**2.4. Табдили як навъи энергияи механикӣ ба навъи дигар**

Шумо бо ду навъи энергияи механикӣ – энергияи потенциалӣ ва энергияи кинетикӣ шиносӣ пайдо кардед. Навъҳои дигари энергия – энергияи дохилӣ (ҳароратӣ), электрикӣ, кимиёӣ, атомӣ ва м.ин.–ро дар фаслҳои дигари физика меомӯзем. Дар рӯйдодҳои табиъат энергия ҳамеша аз як навъ ба навъи дигар табдил ёфта метавонад. Аз ҷумла, энергияи кинетикӣ метавонад ба энергияи потенциалӣ ва, баръакс, энергияи потенциалӣ ба энергияи кинетикӣ бадал шавад.

а) Биеҷед дар ибтидо дар мисоли санги амудан боло партофтшуда аз як навъи энергия ба навъи дигар табдил ёфтани энер-



гияи механикиро муойина кунем. Санги амудан боло партофтшуда дар ибтидо дорои энергияи кинетикии зиёди зиёд

$$K_0 = \frac{mv^2}{2}$$

аст, зеро санг дар ин лаҳза суръати зиёдтарин дорад. Минбаъд, ҳар қадаре ки санг болотар барояд энергияи потенциалии он аз ҳисоби кам шудани энергияи кинетикии мезафзояд, яъне гоҳи боло баромадани санг энергияи кинетикии он бефосила ба энергияи потенциалии табдил меёбад. Ҳангоми ба нуқтаи имконпазири баландтарин расидани санг энергияи потенциалии он  $\Pi = mgh$  қимати зиёдтарин мегирад ва энергияи кинетикиаш баробари сифр мешавад. Инро аз расми 2.16 фаҳм кардан осон аст.

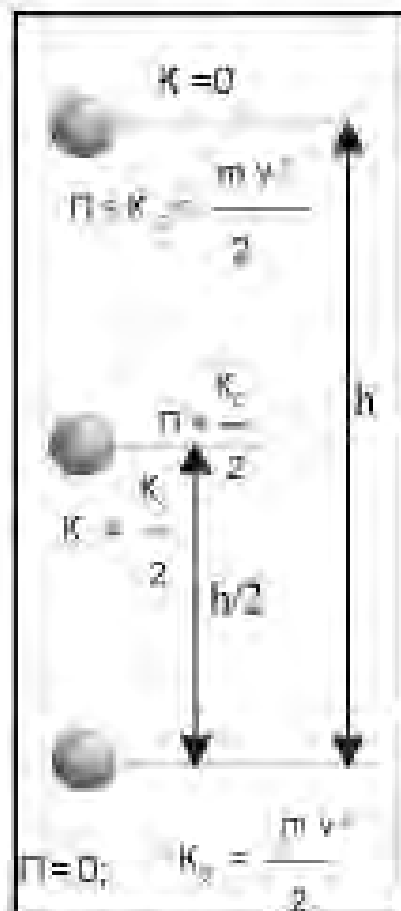
Ҳангоми афтиш баръакс аз ҳисоби тадоиҷан кам шудани энергияи потенциалии энергияи кинетикии мезафзояд ва гоҳи ба рӯи Замин задани санг энергияи кинетикии боз ба қимати зиёдтарин соҳиб мешавад.

Ҷамъи энергияҳои кинетикии ва потенциалии

$$E = \Pi + K$$

барои ҳар гуна баландии дигар низ дойиман яқсон (собит) мемонад. Ҳамин тариқ, дар лаҳзаи ба рӯи Замин задани санг энергияи пурра ба энергияи кинетикии аввала баробар аст. Бузургии, ки дар айни ҳол собит мемонад, энергияи кинетикии ибтидоӣ мебошад. (Саҳеҳтар гӯем, дар ин гуна муойинот муқовимати ҳаворо ба назар гирифташан меояд).

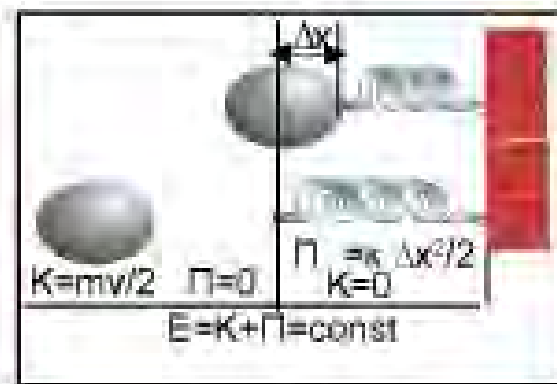
**Мисоли дигар.** Асобачае, ки дар баландии  $h$  (масалан, дар рӯи тал) ҷойгир аст, соҳиби энергияи потенциалии  $\Pi = mgh$  мебошад. Ҳангоми аз рӯи тал сӯи поён ҳаракат кардани аробача энергияи потенциалии он торафт кам мешавад ва аз ин ҳисоб энергияи кинетикиаш мезафзояд. Агар муқовимати ҳаво ва қувваи сойишро ба назар нагирем, энергияи потенциалии



Рас. 2.16



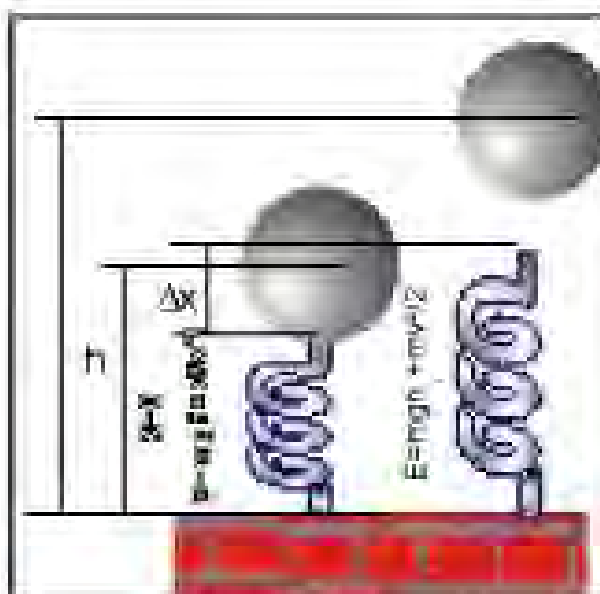
Рас. 2. 17



Рас. 2. 18

гоҳи ба доманаи тал фуромадани аробача пурра ба энергияи кинетикӣ табдил меёбад (рас.2.17). Дар ҳаракати минбаъда аробача ҳангоми боло рафтан энергияи кинетикӣ худро тадриҷан ба энергияи потенсиалӣ табдил медиҳад. Яъне дар сурати маънуд набудани қувваи сойиш энергияи пурраи механикӣ (ҷамъи энергияҳои кинетикӣ ва потенсиалӣ) собит мемонад.

б) Аз як навъ ба навъи дигар табдил ёфтани энергияро мо инчунин метавонем дар мисоли *фанари фишурда* намоиш диҳем. Фанари фишурда дорои энергияи потенсиалии ҷандирӣ аст ва ин энергия метавонад ба энергияи кинетикӣ табдил ёбад (рас.2.18). Масъаларо сода карда, тасаввур мекунем, ки фанар фанари бевазни ҳаёлий бошад ва ҳамаи энергияи потенсиалии дар он захирашуда ба энергияи кинетикӣ табдил ёбад. Дар ин маврид энергияи потенсиалии фанар



Рас. 2. 19

$$\Pi = \frac{k \Delta x^2}{2}$$

аст. Агар ба ҷисм ғайр аз қувваи ҷандирии фанар боз қувваи вазнинӣ таъсир биёрад, он гоҳ энергияи

пурраи механикӣ аз ҷамъи энергияҳои потенсиалии ҷозибавӣ, ҷандирӣ ва кинетикӣ иборат мебуд (рас.2.19). Ва ин бузургӣ бақо дорад.

Ҳамин тавр, дар сурати вуҷуд доштани қувваҳои ҷозиба ва ҷандирӣ энергияи пурраи механикӣ (бе назардошти қувваи сойиш), яъне ҷамъи энергияҳои кинетикӣ ва потенсиалӣ  $E = K + П$  бузургии бобақо ба шумор меравад.

Ин нукта яке аз мавридҳои хусусии қонуни бақои энергия мебошад.

**Масъалаи 1.** Ҷисми массааш 1 кг аз баландии 10 м ба рӯи замин афтид. Энергияи кинетикии ҷисм дар лаҳзаи ба замин задан чӣ қадар мешавад? Муқовимати ҳаворо ба эътибор нагиред.

Додаҳо:  
 $m = 1 \text{ кг}$   
 $h = 10 \text{ м}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $K = ?$

Ҳал: Ҳангоми ба рӯи Замин афтидани ҷисм энергияи потенсиалӣ пурра ба энергияи кинетикӣ табдил меёбад:

$$K = П$$

ё ин ки

$$K = mgh = 100 \text{ Ҷ}$$

**Масъалаи 2.** Энергияи потенсиалии санги 50-гиромии ба суръати 30 м/с амудан партофтшуда дар нуқтаи баландтарини роҳи рафти худ чӣ қадар мешавад? Муқовимати ҳаворо ба назар нагиред.

Додаҳо:  
 $m = 50 \text{ г} = 0.05 \text{ кг}$   
 $v = 30 \text{ м/с}$   
 $П = ?$

Ҳал: Дар асоси қонуни бақои энергия дар нуқтаи баландтарини рафти санг  $П=K$  мебошад. Пас,

$$П = m v^2 / 2 = 0.05 \text{ кг} (30 \text{ м/с})^2 / 2 = 22.5 \text{ Ҷ}$$

**Масъалаи 3.** Лижарони массааш 40 кг аз теппаи баландиаш 50 м поён меояд (рас.2.20). Энергияи кинетикии ӯро дар доминаи теппа ёбад. Қувваи сойишро ба эътибор нагиред.



Рас.2.20

Ҳал: Аз қонуни бақои энергия истифода карда, меёбем:

Додаҳо:

$$h = 50 \text{ м,}$$

$$m = 40 \text{ кг,}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$K = ?$$

$$K = mgh = 40 \text{ кг} \cdot 50 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 20 \text{ кҶ.}$$

**Масъалаи 4.** Таппончаи фанари бачагона ба қадри 5 см фишурда шудааст. Энергияи кинетикиро ёбед, ки гоҳи паҳш кардани куланг аз тарафи фанар ба тӯбчаи таппонча дода мешавад. Фанарро бевазн пиндоред, яъне чунин пиндоред, ки ҳамаи энергияи фанари фишурда ба тӯб дода мешавад. Зариби сахтии фанарро 160 Н/м гиред.

Додаҳо:

$$K = 160 \text{ Н/м,}$$

$$x = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$K = ?$$

Ҳал: Дар асоси қонуни бақои энергия

$$K = П$$

мебошад. Азбаски

$$П = \frac{kx^2}{2}$$

аст, бино бар ин

$$K = \frac{kx^2}{2} = 160 \text{ Н/м} \cdot (0,05 \text{ м})^2 / 2 = 0,2 \text{ Ҷ.}$$

?

1. Табдили энергияи кинетикиро ба энергияи потенциалӣ дар мисоли санги боло партофтшаванда шарҳ диҳед.
2. Ҷисме, ки дар қуллайи кӯҳ ҷойгир аст, чӣ қадар энергия дорад? Оё энергияи он ҷисм метавонад пурра ба энергияи кинетикӣ табдил ёбад?
3. Табдили энергияи потенциалӣ чандириро ба энергияи кинетикӣ шарҳ диҳед.
4. Табдили як навъи энергияро ба навъи дигар дар мисоли фанари дарпӯшӣ шарҳ диҳед.

**Машқ**

1. Ҷисми массааш 0,5 кг бо суръати 4 м/с амудан боло партофт шудааст. Гоҳи ба нуқтан имконпазири баландтарин расидани ҷисм энергияи потенциалӣ он чӣ қадар мешавад? (Ҷавоб: 4 Ҷ).

2. Ҷисм бо суръати 10 м/с амудан боло партофт шудааст. Дар чӣ

қадар баландй энергияи кинетикӣ он ба энергияи потенциалӣ баробар мешавад?  
(Ҷавоб: 2,5 м).

3. Ҷисми массааш  $m$  ба фанари сахтиаш  $k$  ва ба қадри  $x_0$  фишурдашуда маҳкам карда шудааст. Ҳангоми раҳо кардани фанар ҷисм гоҳ мейзаду гоҳ фишурда мешавад, яъне пешу қафо ҳаракат мекунад. Қонуни бақои энергияро барои ин маврид баррасӣ кунед ва онро бо ҳамин гуна қонунро муқоиса кунед, ки барои ҷисми боло партофтшуда навишта шуда бошад.

## 2.5. Энергияи оби равон

Дар марҳилаи имрӯза навъҳои асосии энергия инҳоянд:

1) энергияе, ки ҳангоми сӯختани нафт, газ ё ангишт ҳосил мешавад; 2) энергияи оби равон ё оби ғалтон; 3) энергияе, ки ҳангоми пора шудани ҳастаҳои атомии вазнин хориҷ мешавад ва ғ. Дар баъзе мавридҳо энергияи шамол ва энергияи офтоб низ истифода мешавад. Ҳоло масъалаи бевосита ба навъҳои қобили истифода табдил додани энергияи нури офтоб ба пуррагӣ ҳал нашудааст. Дар сурати ёфтани ҳали хуби ин масъала шояд истифодаи бевоситаи гармои офтоб ба қатори навъҳои маъмулан истифодашавандаи энергия дохил гардад.

Сарзамини Тоҷикистон офтобӣ ва сердарё мебошад. Мо имкон дорем, ки аз ин ду неъматӣ худодод бебарқаш истифода кунем. Барои сохтани нерӯгоҳҳои обии барқ оби дарёҳоро ба василаи дарғотҳо дар ҳамиҳову дараҳои баландмавқеъ захира мекунанд ва бо ин роҳ энергияи потенциалӣ зиёдеро дар ихтиёри худ нигоҳ медоранд.

Энергияи потенциалӣ об ҳангоми поён ғалтидани он ба энергияи кинетикӣ табдил ёфта, турбинҳои нерӯгоҳҳои барқиро, ки бо генераторҳои барқвасл шудаанд, ба ҳаракат дароварда метавонад.

Дар ҷумҳурии мо бузургтарин нерӯгоҳи барқӣ нерӯгоҳи Норақ мебошад. Обанбори ин нерӯгоҳ масоҳати 98 км<sup>2</sup>-ро фаро гирифтааст ва тақрибан 10,5 км<sup>3</sup> об дорад. Тавони умумии нерӯгоҳ 2700 Мвт мебошад ва он ба қатори нерӯгоҳҳои бузурги дунё дохил мешавад.

Манбаъи дигари табиъии энергия энергияи бод (шамол)

ба ҳисоб меравад. Ҳаракатдиҳандаи бодиро барои ба манорҳои обфишор баровардани об, барои гарм кардани хонаҳову гармхонаҳо ва, умуман, барои ҳосил кардани энергияи электрикӣ ба кор бурдан мумкин аст.

**Як масъала.** Нерӯгоҳи оби Норақ нӯҳ дастгоҳи истеҳсоли барқ дорад, ки тавони ҳар яки онҳо 300000 кВт аст, яъне тавони умумии нерӯгоҳ  $N = 2700$  МВт мебошад. Бигзор 0,2 ҳиссаи энергияи оби ғалтон ба энергияи барқ бадал шавад. Баландии афтиши обро  $h = 300$  м гирифта, ёбед, ки дар муддати 1 с ба парраҳои табақмонанди ҳар як дастгоҳи нерӯгоҳ чӣ қадар об меғалтад.

Додаҳо :

$h = 300$  м ,  
 $N = 2700$  МВт,  
 $\eta = 0,2$ ,  
 $g = 10$  м/с<sup>2</sup>,  
 $t = 1$  с,  
 $m = ?$

Ҳал: Энергияи потенциалии оби ғалтон ба ҳар дастгоҳ  $\Pi = mgh$  аст. Мувофиқи шарти масъала

$$N = \frac{9\eta\Pi}{t}$$

мебошад. Бино бар ин ҳосил мекунем:

$$9mgh\eta = Nt,$$

ё ин ки

$$m = \frac{Nt}{9gh\eta} = 125 \text{ т.}$$

?

1. Дар роҳи оби равои даррот сохтан чӣ зарурат дорад?
2. Кори нерӯгоҳи оби барқ чӣ заминаи физикӣ дорад?

### Масъалаҳои тестӣ

1. Аробачаи 5-килограммӣ бо таъсири қувваи 20Н 10м кӯчид. Қувваи сойиши байни чархҳои аробача ва сатҳи роҳро 5 Н гирифта, кори иҷрошударо ёбед.

1) 150 Ҷ; 2) 100 Ҷ; 3) 200 Ҷ; 4) 125 Ҷ.

2. Писарбачаи соҳиби массаи 40 кг аз ошёнаи 1 ба ошёнаи 3, ки 8 м баландӣ дорад, баромад. Кори иҷрошударо ёбед.

1) 320 Ҷ; 2) 3500 Ҷ; 3) 3200 Ҷ; 4) 4000 Ҷ.

3. Муҳаррики барқӣ метавонад бори 200 кг-ро то баландии 10 м дар 2 с бардорад. Тавони муҳаррикоро ёбед.

1) 10000 Ҷ; 2) 15000 Ҷ; 3) 100 Ҷ; 4) 20000 Ҷ.

4. Тавони мошини сабукрав 120 кВт аст. Ин мошин дар

муддати 2 дақ чӣ қадар қор иҷро карда метавонад?

1) 14400 кҶ; 2) 100000 Ҷ; 3) 7200 Ҷ; 4) 2400 Ҷ.

5. Аз баландии 60 м дар муддати 10 дақ 1000 т об поён меафтад. Тавони оби ғалтонро ёбед.

1) 1 МВт; 2) 3 МВт; 3) 1,5 МВт; 4) 4 МВт.

6. Энергияи потенциалии ҷисме, ки массаи 50 кг дорад ва нисбат ба сатҳи Замин дар баландии 10 м ҷойгир аст, чӣ қадар аст?

1) 5000 Ҷ; 2) 3000 Ҷ; 3) 2500 Ҷ; 4) 6000 Ҷ.

7. Куба (болға)-и дорои массаи 5 кг-ро чӣ қадар баланд бардоштан лозим аст, ки энергияи потенциалми он 40 Ҷ шавад?

1) 1 м; 2) 10 м; 3) 0,8 м; 4) 0,2 м.

8. Ҷисме, ки массаи 100 г дорад ва бо суръати 72 км/с ҳаракат мекунад, чӣ қадар энергияи кинетикӣ дорад?

1) 40 Ҷ; 2) 72 Ҷ; 3) 100 Ҷ; 4) 20 Ҷ.

9. Шиҳобпора (метеор) ба атмосфераи Замин бо суръати 30 км/с ворид мешавад. Энергияи кинетикии зарраи 2-гиромии шиҳобпораро ёбед.

1) 70 кҶ; 2) 70 Ҷ; 3) 50 Ҷ; 4) 50 кҶ.

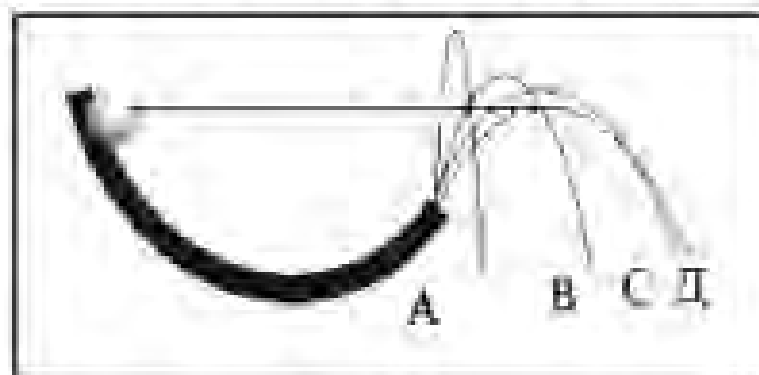
10. Радифи сунъии Замин массаи 2000 кг дорад ва бо суръати 8 км/с гирди замин дар ғардиш аст. Энергияи кинетикии онро ёбед.

1) 6400 кҶ;

2) 6,4 ГҶ;

3) 64000 кҶ;

4) 40000 Ҷ.



Рас.2.21

11. Сақои дар рас.

2.21 тасвиршуда бо кә-

дом роҳ ҳаракат карда метавонад? (Муқовимати ҳаво ва қувваи сойишро ба назар нагиред).

1) А; 2) В; 3) С; 4) Д.

12. Ҷисми дорои массаи 4 кг агар аз баландии 11,25 м ба рӯи Замин афтад, соҳиби чӣ қадар энергияи кинетикӣ мегардад? Муқовимати ҳаворо ба эътибор нагиред.

1) 450 Ҷ; 2) 4500 Ҷ; 3) 45 Ҷ; 4) 45000 Ҷ.

13. Баландии зиёдтаринеро ёбед, ки мушаки бо суръати 8 км/с амудан боло ҳаракаткунанда ба он соҳиб мешавад.

- 1) 3200000 м; 2) 3000 м; 3) 320000 м; 4) 350 м.

14. Кӯбаи 2000-килограмӣ аз баландии 4,9 м озодона меафтад. Энергияҳои кинетикӣ ва потенциали кӯбаро барои ибтидои ҳаракат ёбед.

- 1) 0; 48 кҶ; 2) 0; 96 кҶ; 3) 0; 104 кҶ; 4) 0; 24 кҶ.

15. Кӯбаи 2000-килограмӣ аз баландии 4,9 м озодона меафтад. Энергияҳои кинетикӣ ва потенциалии кӯбаро барои нуқтаи миёнаи роҳи ҳаракат ёбед.

- 1) 24 кҶ; 24 Ҷ; 2) 48 кҶ; 48 Ҷ; 3) 96 кҶ; 96 Ҷ;  
4) 100 кҶ; 100 Ҷ.

16. Кӯбаи 2000-килограмӣ аз баландии 4,9 м озодона меафтад. Энергияҳои кинетикӣ ва потенциалии кӯбаро барои охири роҳи ҳаракат ёбед.

- 1) 96 кҶ; 0; 2) 48 кҶ; 0; 3) 24 кҶ; 0; 4) 100 кҶ; 0;

17. Тавони муҳаррики барқии троллейбус 40 кВт ва суд (коэффисенти кори фойданок)-и он 80 % мебошад. Тавоне, ки муҳаррик аз шабака мегирад, чӣ қадар аст?

- 1) 45 кВт; 2) 50 кВт; 3) 60 кВт; 4) 55 кВт.

18. Тулумба (насос)-и обкаширо муҳаррик (мотор)-и барқие ба гардиш мебарорад, ки тавони он 10 кВт аст. Тулумба метавонад 5000 кг моеъро дар 3 дақ ба баландии 24 м барорад. Суди тулумбаро ёбед.

- 1) 60 %; 2) 66 %; 3) 20 %; 4) 30 %.

19. Аз дарғоти нерӯгоҳи оби барқ ҳар сония 510 т ба қадри 10 м поён меафтад. Тавони барқии нерӯгоҳ 10 Мвт аст. Суд (ККФ)-и оби ғалтон чӣ қадар аст?

- 1) 10 %; 2) 30 %; 3) 20 %; 4) 15 %.

### Чанд масъала

1. Барои кӯчондани куттӣ ба масофаи 12 м чӣ қадар кор иҷро кардан мебояд. Қувваи сойиши байни сатҳи куттӣ бо сатҳи роҳ 150 Н аст. (Ҷавоб: 1,8 кҶ).

2. Барои ба қадри 12 м боло бардоштани бори 60-килограмӣ чӣ қадар кор иҷро кардан мебояд? (Ҷавоб: 7,2 кҶ).



3. Оё қуввае, ки нисбат ба кӯчиши ҷисм амудан (перпендикуларан) равона аст, кор иҷро мекунад? Шарҳ диҳед ин мавридро.

4. Трактор плугро ҳангоми шудгор кардани замин бо қувваи 10000 Н мекашад. Трактор дар фосилаи 500 м чӣ қадар кор иҷро мекунад? (Ҷавоб: 5000 кҶ).

5. Барои бардоштани бори 25-килограмӣ кори 120 Ҷ иҷро шуд. Бор чӣ қадар баланд бардошта шудааст? (Ҷавоб: 0,8 м).

6. Варзишгари соҳиби массаи 70 кг ба баландии 150 см дар муддати 0,3 с ҷаҳиш мекунад.  $\bar{U}$  чӣ қадар тавон дорад? (Ҷавоб: 3500 Вт).

7. Лифти 300-килограмӣ то баландии 20 м дар муддати 30 с мебарояд. Тавони муҳаррики лифт чӣ қадар аст? (Ҷавоб: 2 кВт).

8. Крани борбардорӣ бори 1500 кг-ро бардошта метавонад. Агар барои бардоштани бор муҳаррики кран тавонашро то ба 10 кВт вусъат диҳад, барои то баландии 15 м бардоштани бор чӣ қадар вақт лозим мешавад? (Ҷавоб: 22,5 с).

9. Санге, ки вазни 60 Н дорад ва то баландии 20 м боло бардошта шудааст, чӣ қадар энергияи потенциалӣ дорад? (Ҷавоб: 1200 Ҷ).

10. Энергияи кинетикии қаторайи массааш 1000 т, ки бо суръати 15 м/с раван аст, чӣ қадар аст? (Ҷавоб: 112500 кҶ).

11. Тӯби футбол, ки массаи 0,7 кг дорад, бо суръати 10 м/с дарпарвоз аст. Энергияи кинетикии тӯб чӣ қадар аст? (Ҷавоб: 35 Ҷ).

12. Бо кӯба (болға)-и массааш 0,5 кг дар чӯб меҳ мекӯбанд. Суръати кӯба гоҳи зарба задан 3,0 м/с аст. Қувваи миёнаи муқовимати чӯбро барои мавриде муайян кунед, ки бо як зарба меҳро дар чӯб 4,5 см дарорад. (Ҷавоб: 50 Н).

13. Ҷисм аз баландие ба рӯи Замин афтид ва дар лаҳзаи афтиш суръати 30 м/с дошт. Ҷисм аз чӣ қадар баландӣ афтидааст? (Ҷавоб : 46 м).

14. Ҷисми массааш 30 кг аз баландии 20 м ба рӯи Замин афтид. Энергияи кинетикии ҷисмро барои лаҳзаи афтидани он ёбед. (Ҷавоб: 600 Ҷ).

## Б О Б И 3. ПАДИДАҶОИ ҲАРОРАТӢ

### 3.1 . Энергияи дохилӣ

Хонандагони азиз! Шумо аз "Физика,7" медонед, ки дар асоси тасаввуроти ҳозира дар бораи ҷунбишҳои молекулаҳои ҳамаҷисмҳо аз молекулаҳо (атомҳо) таркиб ёфтаанд ва бузургии энергияи миёнаи кинетикии молекулаҳо бо ҳарорати ҷисм алоқаманд аст. Ҳар қадаре ки ҳарорат баланд бошад, энергияи миёнаи кинетикӣ ва масофаи миёнаи байни молекулаҳо ҳамон қадар зиёд мебошад. Афзоиши ҳарорат сабабгори афзоиши энергияи кинетикӣ ва масофаи миёнаи байни молекулаҳо мегардад. Ҳамин энергияи ҳароратии ҷисмро (ки онро энергияи молекулаҳои таркибаш ташкил медиҳад) бо истилоҳи энергияи дохилӣ низ ифода мекунанд. Яъне энергияи дохилӣ ин энергияи ҳаракат ва энергияи потенциалии таъсироти мутақобили молекулаҳоест, ки ҷисмро таркиб медиҳанд.

Энергияи дохилӣ ба ҳолати воғардиш (ҳолати агрегатӣ)-и модда бастагӣ дорад. Ин энергия ҳангоми аз як ҳолати воғардиш ба ҳолати дигар гузаштан тағйир меёбад.

Биёед, барои рӯшантар гардондани мафҳуми энергияи дохилӣ ҳамин гуна энергияи гази ҳаёли (гази идеалӣ)-ро муойина кунем. Гази ҳаёлиро молекулаҳои ташкил медиҳанд, ки бо ҳамдигар таъсири мутақобил (ҳамтаъсирот) намекунанд ва бетартибона ҳаракат мекунанд. Бино бар ин энергияи дохилии гази ҳаёли ба ҷамъи энергияҳои кинетикии молекулаҳои газ баробар аст. Қимати миёнаи энергияи кинетикии молекулаҳои газ  $K = mv^2/2$  аст. Ва агар гази муойинашавандаи система аз  $N$  молекула таркиб ёфта бошад, энергияи дохилии газро чунин ифода кардан мумкин аст:

$$U = NK = N \frac{m v^2}{2} \quad (1)$$

Дар ин ҷо  $m$  массаи як молекула асту  $v^2$  – қимати миёнаи квадрати суръати молекулаҳо. Аз тарафи дигар, дар асоси назарияи ҷунбишҳои молекулаҳои газҳо энергияи миёнаи молекулаҳо

$$K = \frac{3}{2} k T \quad (2)$$

аст. Ин ҷо  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Ҷ/К ва  $T$  ҳарорати мутлақ мебошанд.

Бино бар ин формулаи (1)-ро метавонем дар ин шакл нависем:

$$U = \frac{3}{2} N k T \quad (3)$$

Хотирнишон мекунем, ки харорати мутлак бо харорати Селсий ин тавр алоқаманд аст:

$$T (K) = t (^{\circ}C) + 273.$$

**Масъала.** Энергияи кинетикии ҳаракати молекулаҳои газ дар ҳарорати  $27^{\circ}C$  чӣ қадар аст?

<p><i>Додаҳо:</i>  <math>t = 27^{\circ}C</math>  <math>k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ/К}</math>  <math>U = ?</math></p>
---

*Ҳал:* Ҳарорат бо миқёс (шкала)-и Келвин

$$T = t + 273 = 300 \text{ К}$$

мебошад. Энергияи кинетикии миёна ин қадар хоҳад буд:

$$K = \frac{3}{2} k T = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \text{ К} \approx 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ Ҷ}$$

Ҳамин тавр, энергияи кинетикии як молекула энергияи ночиз аст.

**Масъалаи дигар.** Адади молекулаҳои гази ҳидроген ба  $6 \cdot 10^{23}$  баробар аст. Ҳарорати газро  $27^{\circ}C$  гуфта, энергияи дохилии онро ёбед.

<p><i>Додаҳо:</i>  <math>N = 6 \cdot 10^{23}</math>  <math>t = 27^{\circ}C</math>  <math>U = ?</math></p>
---

*Ҳал:* Ҳарорат бо миқёси Келвин

$$T = t + 273 = 300 \text{ К}$$

аст. Пас, энергияи дохилии газ ин қадар мебарояд:

$$U = \frac{3}{2} N k T = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 300 \text{ Ҷ} = 3726 \text{ Ҷ}.$$

?

1. Энергияи дохилӣ чист?
2. Чаро мегӯем, ки энергияи дохилии гази ҳаёӣ танҳо аз энергияи кинетикии молекулаҳо иборат аст?

3. Формулае, ки алоқамандии энергияи дохилии гази ҳаёлиро бо ҳарорати мутлақ ифода мекунад, чӣ гуна аст? Шумо дар бораи ин формула чӣ гуфта метавонед?

Машқ

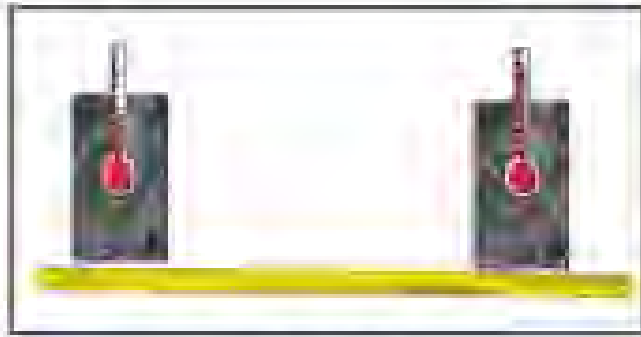
1. Коре, ки онро қувваи 500 Н барои ба масофаи 40 м кӯчондани аробачае иҷро мекунад, ба чӣ қадар энергияи дохилӣ мувофиқ меояд? (Ҷавоб: 20 кҶ).

2. Ҳангоми аз баландии 4 м эфтидани ҷисми массааш 50 кг энергияи дохилӣ чӣ қадар тағйир меёбад? (Ҷавоб: 2 кҶ).

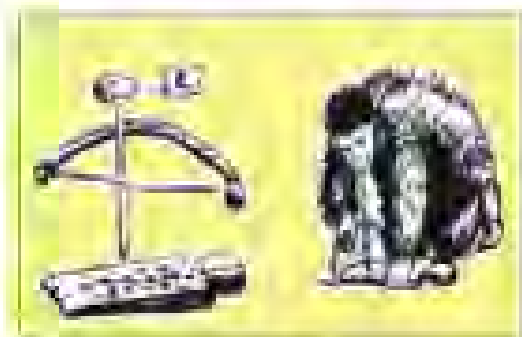
### 3.2. Табдили энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ

Чунонки дар боби 1 гуфтем, энергияи механикии пурраи ҷисм ба ҷамъи энергияҳои кинетикӣ ва потенциалӣ баробар аст ва як навъи энергияи механикӣ ба навъи дигари он табдил ёфта метавонад. Дар баробари ин инчунин табдили энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ имконпазир аст.

Биёед, табдили энергияи механикиро ба энергияи дохилӣ дар мисоли ҷисми боло партофтшуда мавриди баррасӣ қарор диҳем. Хотирнишон мекунем, ки ҳангоми сӯи боло ҳаракат кардани ҷисм энергияи кинетикӣ тадриҷан ба энергияи потенциалӣ табдил меёбад ва ҳангоми поён ҳаракат кардани ҷисм, баръакс, энергияи потенциалӣ ба энергияи кинетикӣ бадал мешавад. Агар муқовимати ҳаво намебуд, ҷисм дар ин гуна рафтумад энергияи пурраи худро, умуман, бетағйир нигоҳ медошт. Вале ба сабаби буди муқовимати ҳаво ҳангоми боло рафтани поён омадани ҷисм энергияи механикии пурраи ҷисм кам мешавад. Дар ин маврид як миқдор энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ табдил меёбад. Ба иборати дигар, гуфтан мумкин аст, ки коре, ки муқобили қувваи сойиш иҷро мешавад,



Рас.3.1.



Рас.3.2

ба энергияи дохилӣ мубаддал мегардад. Дар ин гуна мавридҳо ҳарорати ҷисмҳои сойишхӯранда меафзояд.

Гарм шудани ҷисмҳо гоҳи сойиш хӯрдани онҳо яъне табибли энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ дар ҳаёти ҳаррӯза бисёр мушоҳида мешавад. Аз ҷумла, ду пораи чӯб ё кафҳои даст агар бо ҳамдигар молиш (сойиш) дода шаванд, гарм мешаванд.

Агар тахтачӯbero дар рӯи миз гузошта онро ҳаракат диҳем (рас. 3.1), он гоҳ ҳароратсанҷи дар тахтачӯб ҷошуда нишон медиҳад, ки дар ин маврид тахтачӯб гарм мешавад. Яъне дар ин маврид энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ (энергияи ҳароратӣ) табдил меёбад.

Ҳарорате, ки ҳангоми сойиш хӯрдани ҷисмҳо пайдо мешавад, метавонад хеле зиёд бошад. Дар ҳамин замина дар давраҳои қадим оташро, масалан, дар натиҷаи сойиш додани ду пора чӯби хушк ҳосил мекарданд (рас.3.2). Шиҳобпораҳои нисбатан хурде, ки бо суръати зиёд (даҳҳо км/с) ба атмосфераи Замин ворид мегарданд, дар натиҷаи бо ҳаво сойиш хӯрдан "сӯхта" нест мешаванд. Дар мавриди ба сӯи Замин бозгаштани радиёҳои сунъӣ онҳо дар натиҷаи сойиш бо ҳаво то садҳо градус гарм мешаванд. Ҳамин тавр, ҷисми ҳаракаткунанда ҳангоми сойиш хӯрдан энергияи механикӣ (энергияи кинетикӣ ҳамъи энергияи потенсиалӣ)-и пурраи худро кам мекунанд ва,

бино бар ин, энергияи дохилии он ҷисм тағйир меёбад.

**Масъала:** Тири 50-гиромӣ бо суръати 300 м/с ҳаракат карда, ба ҷисм мезанад ва дар он дармемонад. Тағйироти энергияи дохилиро муъайян кунед.

<p>Додаҳо: <math>m = 50 \text{ г} = 0,05 \text{ кг},</math> <math>v = 300 \text{ м/с}</math> <math>U = ?</math></p>
---

**Ҳал:** Дар ин маврид энергияи кинетикии пурра  $mv^2/2$  ба энергияи дохилии  $U$  табдил меёбад, яъне

$$U = \frac{mv^2}{2}$$

аст. Бино бар ин ҳосил мекунем:

$$K = \frac{0,05 \text{ кг} \cdot (300 \text{ м/с})^2}{2} = 2250 \text{ Ҷ}$$



1. Сабаб чист, ки сойиш энергияи механикии пурро кам мекунад?
2. Чарост, ки ҳарорати ҷисмҳои сойишхӯранда меафзояд?
3. Оё қонуни бақои энергия дар табдилоти энергияи механикӣ ба энергияи дохилӣ риоя мешавад?

#### Машқ

1. Аз ҳисоби талафи пурраи энергияи кинетикии ҷисми дарҳаракати массааш 1 кг энергияи дохилӣ ба қадри 5 кҶ тағйир ёфт. Суръати ҷисм дар ибтидо чӣ қадар буд? (Ҷавоб: 100 м/с).
2. Тири энергияи кинетикиаш 7000 Ҷ ва массааш 1 кг баъди талаф додани 2000 Ҷ энергияаш бо чӣ қадар суръат ҳаракат мекунад? (Ҷавоб: 100 м/с).

### 3.3. Гарм шудани ҷисм ҳангоми иҷро шудани кор

Чунонки дар банди 3.2. қайд кардем, ҳангоми сойиш хӯрдани ду ҷисм онҳо гарм мешаванд. Ҷисми ҳаракаткунанда муқобили қувваи сойиш кор иҷро карда, энергияи механикии худро қисман ва ё пурра ба энергияи дохилӣ табдил дода менамояд. Ҷ.Ҷоул тағйироти ҳарорати аз ҳисоби кори иҷрошуда рӯйдодаро бевосита дар таҷриба чен кардааст. Тарҳи асбобе, ки Ҷоул бо ёрии он натиҷаҳои таҷрибавӣ ба даст овардааст, дар рас.3.3 тасвир шудааст.



Рас.3.3

Борҳои  $W$  ҳангоми поён фурумадан меҳвари паррадороро, ки дар зарфи  $A$  ҷойгир аст, гардиш медиҳанд. Сохти даруни зарфи  $A$  дар рас 3.4 тасвир шудааст. Ин зарф об дорад.

Зиёд шудани ҳарорат аз ҳисоби сойиши парраҳо бо об дар даруни зарф ба воситаи ҳароратсанҷ чен карда мешавад. Кори иҷрошуда ба ҳосили зарби вазни ҷисм  $P$  ва баландии афтиши он  $h$  баробар аст:

$$A = Ph = mgh.$$



Рас.3.4

Дар ибтидо ва интиҳои таҷриба борҳо, парраҳо, об ва, умуман, ҳама қисмҳои асбоб дар ҳолати оромӣ мебошанд. Пас, ҳама кори иҷрошуда барои гарм кардани об ва дигар қисмҳои асбоб сарф мешавад. Аз рӯи натиҷаи санҷиш Ҷоул дарёфт, ки барои ба  $1^\circ\text{C}$  гарм кардани 1 гиром об кори 4,186 Ҷ-ро иҷро кардан лозим меояд.

Барои муқаррар кардани ҳамбастагии дараҷаи гарм шудани ҷисм ва кори иҷрошуда Ҷоул таҷрибаҳои зиёде анҷом дод. Ҷамъбасти натиҷаи ин таҷрибаҳо нишон дод, ки энергияи механикӣ барои тағйир додани ҳарорати ҷисм сарф мешавад, яъне энергияи механикӣ баробар ба 4,186 Ҷ ҳарорати 1 гиром обро  $1^\circ\text{C}$  зиёд мекунад. Ҳамин тариқ, таҷрибаи Ҷоул дойираи амали қонуни бақои энергияро васеътар кард: ҳосили ҷамъи энергияҳои кинетикӣ ва потенциалӣ ва энергияи дохилии системаи физикӣ сарбаст бузургии бобаҳо мебошад. Ин энергияро энергияи пурраи система мегӯянд.



1. Ҳарорати ҷисм аз ҳисоби иҷро шудани кор чӣ тағйирот мебинанд?
2. Дар таҷрибаи Ҷоул чӣ гуна бузургӣ чен карда шудааст?
3. Дар дойираи ин маъзӯъ 4,186 Ҷ чӣ маъниро ифода мекунад?

### 3.4. Нақли гармо. Гармоноқилият

Дар бандҳои пешина мо масъалаи аз ҳисоби қори иҷрошаванда тағйир ёфтани энергияи дохилиро муайян кардем. Вале иҷрои қор роҳи ягонаи тағйир хӯрдани энергияи дохилӣ нест. Энергияи дохилии қисмро ба тараҳҳои дигар низ тағйир додан имкон дорад. Масалан, вақте ки чойники обдор дар рӯи оташ гузошта мешавад ё ин ки таҳти таъсири шуъҳои офтоб қарор мегирад ҳарорати он тағйир меёбад (зиёд мешавад).

**Қарабни тағйир ёфтани энергияи дохилиро ба иҷрошудани қор нақли гармо меноманд.**

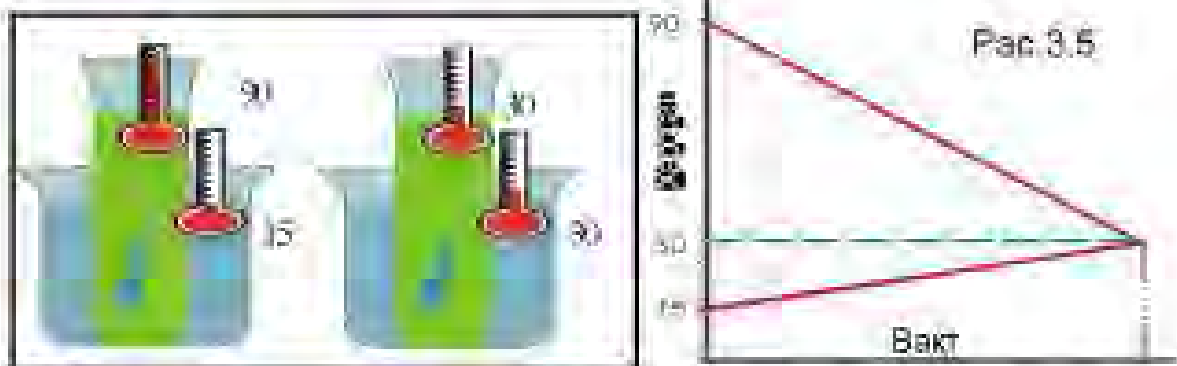
Энергияи дохилӣ бо роҳи нақли гармо аз як қисм ба қисми дигар ё худ аз як ҷой ба ҷои дигар бо се тарз дода шуда метавонад: гармоноқилият, ҳамрафт (конвексия) ва нурафкани.

Дар ин банд гармоноқилиятро муайян мекунем.

**Гармоноқилият.** Барои равшанӣ андохтан ба мафҳуми гармоноқилият чанд таҷрибаро бинем.

1. Дар зарфе оби гарм мерезем ва онро андаруни зарфи дигаре ҷой медиҳем, ки қалонтар аст ва оби сард дорад (рас. 3.5). Ва ба василаи ҳароратсанҷҳо тағйироти ҳарорати обҳоро мушоҳида карда, шояди он мебардем, ки бо мурури вақт ҳарорати оби сард меафзояд, вале ҳарорати оби гарм паст мешавад. Ин фароянд то дами якхела шудани нишондоди ҳароратсанҷҳо давом мекунад. Хулоса ин аст: қисми гармо аз қисми гарм ба қисми сард мегузарад.

2. Қошукҷаи нуқрагиноро дар пиёлаи ҷойи гарм андохта (рас. 3.6), мебинем, ки даре нагузашта қисми аз ҷой беруни







Рас.3.6.



Рас.3.7.

қошқуқча низ гарм мешавад. Пас, ба яқин гуфтан мумкин аст, ки гармо аз ҷойи баландҳарорат ба қошқуқча ва аз он ба қисми берунии қошқуқча гузаштааст.

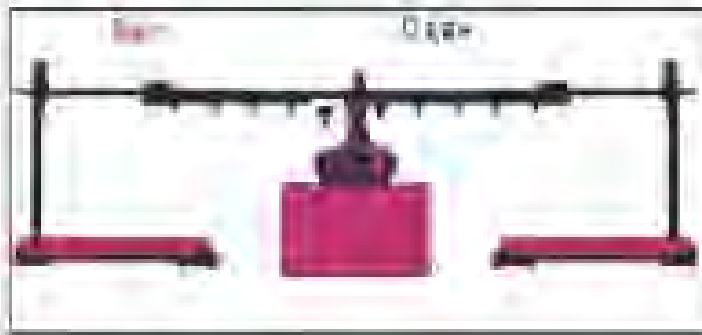
3. Як нӯги сими ғафси мисинеро дар пояе (штативе) маҳкам карда, дар он ба воситаи пластилин чанд меҳча мечаспонем (рас.3.7). Баъд нӯги озоди симо бо аланга гарм карда, мебинем, ки пластилин гудохта шуда, меҳчаҳоро “сар медиҳад” — меҳчаҳо канда мешаванд. Аввал меҳчаи ба аланга наздиктарин канда шуда, баъд бо гузашти вақт меҳчаҳои дигар як-як меафтанд. Ҳар қадаре ки меҳча аз аланга дуртар ҷойгир бошад, ҳамон қадар дертар канда мешавад. Меҳчаҳо на ба таври тасодуфӣ, балки ба тартиби муъайян канда мешаванд, зеро гармо аз қисми баландҳарорат ба қисми пастҳарорати сим тадриҷан нақл мешавад.

Пурсиш ба миён меояд, ки гармо чӣ тавр нақл мешавад.

Шумо медонед, ки энергияи кинетикии молекулаҳо ба ҳарорати ҷисм вобастагӣ дорад (ниг. банди 3.3). Ҳар қадаре ки ҳарорат баланд бошад, молекулаҳо ҳамон қадар тезтар ҳаракат мекунанд ва энергияи кинетикии онҳо ҳамон қадар зиёдтар аст. Пас, дар қисми баландҳарорати сим энергияи молекулаҳо нисбат ба қисми пастҳарорати он зиёдтар аст. Молекулаҳои тезҳаракат хангоми бархӯрд бо молекулаҳои камэнергия қисми энергияи кинетикии худро ба онҳо медиҳанд ва дар натиҷа энергияи кинетикии молекулаҳои камэнергия меафзояд. Бо ин роҳ гармо аз қисми баландҳарорати ҷисм ба қисми пастҳарорати он нақл мешавад.

Ҳамин тариқ, падидаи гармигузаронӣ моҳиятан аз ҷойе ба ҷойи дигар дода шудани энергияи ҳаракати ҳароратии молекулаҳо дар натиҷаи бархӯрдҳои молекулаӣ мебошад.

Гармоноқлпоят дар сурате имконпазир аст, ки ҳарорат дар нуқтаҳои гуногуни ҷисм ҳархела бошад. Ин падида ба сохти молекулагии моддаҳо вобастагӣ дорад. Бино бар ин,



Рас.3.8

мех нақл шуда, дасти моро месӯзонад, вале мо чӯбчаи сӯзонро, бар хилофи мехи оҳанин то дами ба дастамон расидани алангаи оташ нигоҳ дошта метавонем.

Биёед, боз як таҷрибаро муойина кунем. Агар дар яке аз сарҳи симҳи ҳамандозаи мисин ва оҳанин бо мум мехча часпонда, сари дигари онҳоро дар алангаи шамъ гарм кунем, ме-

гармигузаронии моддаҳои ҳархела гуногун аст. Масалан, як сари мехи оҳанинро дар даст гирифта, нӯги дигарашро рӯи алангаи оташ ё шамъ ба-рем, пас аз муддати нисбатан кӯтоҳ гармои зиёде то сари дигари

бинем, ки ававал мехчаи сари мис, баъд мехчаи сари оҳан канда мешавад. Ин он гуна маънӣ дорад, ки гармигузаронии мис нисбат ба оҳан зиёдтар аст (рас. 3.8).

Гармигузаронии моддаҳо бо зариб (коэффициент)-и гармигузаронӣ тавсиф дода мешавад. Дар ҷадв. 3.1 гармигузаронии баъзе моддаҳо оварда шудааст. Моддаҳои гармиро хуб мегузаронанд, ки зароби гармигузаронии онҳо зиёд бошад. Ин наваъ моддаҳоро ноқили хуби гармо меноманд. Ба ҷумлаи ноқилони хуби гармо филизет (металлҳо) дохил мешаванд.

Ҷадвали 3.1

Модда	Зариби гармигузаронӣ $\text{Ҷ/см}^\circ\text{С}$
Нукра	480
Мис	380
Алумин	300
Пулод	40
Шisha	0,84
Бетон	0,84
Об	0,56
Бадани одам	0,2
Асбест	0,16
Чӯб	0,06-0,16
Пари паранда	0,025
Ҳаво	0,023

Беҳтарини онҳо нуқра аст. Моддаҳое, ки зарифи гармигузаронии кам доранд, гарморо кам мегузаронанд. Ҳаво гарморо нисбат ба нуқра тақрибан 1000 бор камтар мегузаронад. Умуман, қисмҳои қовоқ, аз ҷумла, пашм, пахта ва м.ин, гарморо кам мегузаронанд, зеро даруни онҳо пури ҳавост.

Моддаҳоро, ки гармоноқилияти кам доранд, яъне гарморо хуб намегузаронанд, ба сифати садди гармо, ҳамчун як "девори" нигоҳдорандаи гармо истифода кардан мумкин аст. Масалан, либоси зимистона бадани одамиро гарм нигоҳ медорад, зеро қовоқиҳои пурҳавои он намегузаранд, ки ҳавои гармкардаи бадан берун равад.



1. Нақли гармо чист ва бо чанд роҳ амали мешавад?
2. Гармоноқилиятро бо нисолҳои таҷрибавӣ шарҳ диҳед.
3. Гармоноқилият чӣ таър ба амал меояд?
4. Кадом моддаҳо гармоноқилияти камтарин ва зиёдтарин доранд?

### 3.5. Ҳамрафти гармову ҳаво (конвексияи гармо ва ҳаво)

Бо вуҷуди он ки ҳаво гармоноқилияти кам дорад, агар мо дастӣ худро дар болои манбаи гармо (деги тафсон, чароғи фурӯзон ва м.ин.) наздик барем, гарморо хеле хуб ҳис мекунем. Гап дар он аст, ки ин наваъ рӯйдодҳо на бо фароянди гармоноқилият, балки бо падидаи дигари физикӣ алоқамандя дорад. Аввал таҷрибаи содавро бинем (рас.3.9). Гугирдҷӯбери даргиронда, як



Рас.3.9

дасти худро дар боло ва дастӣ дигарро дар поёни шӯълаи он медорем. Ва менишем, ки бо вуҷуди аз шӯъла дурми як хела доштани ҳарду даст дастӣ боло гармиро нисбат ба дастӣ дигар хубтар ҳис мекунанд. Агар нақли гармо бо роҳи гармоноқилият рӯй меод, мебоист, ки ҳарду даст гарморо як хел ҳис мекард. Ҳамин таър, дар ин ҷо наваъи дигари



Рас.3.10

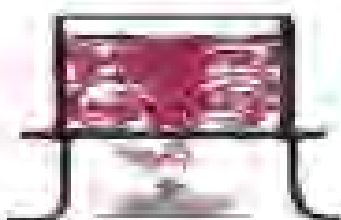
нақли гармо мушоҳида мешавад, ки ҳамрафт ё ҳамбурд (конвексия) ном дорад. Ин падида на танҳо дар газҳо, балки дар моеъҳо низ мушоҳида мешавад.

Фарояндеро, ки дар он гармо ба воситаи кӯчиши газ ва ё моеъ аз ҷои баландҳарорат ба ҷои пастҳарорат ба амал меояд, ҳамрафти ҳаво ва гармо меноманд.

Дар падидаи гармоноклият гармо дар ҷараёни бэрхӯрдҳои пайдарпайи молекулаҳои алоҳидае рӯй медеҳад, ки онҳо ба масофаҳои наҷандон зиёд мекӯчанд, аммо дар ҳодисаи конвексия адади зиёди молекулаҳо ба масофаи хеле зиёд мекӯчанд.

Ҳап дар он аст, ки ҳавои атрофи манбаъи гармо тоҳи афзудани ҳарорат васеъ мегардад. Азбаски зичии ҳавои васеъшуда аз зичии ҳавои сард кам аст, бино бар ин қувваи архимедие, ки онро ҳавои сард ба вуҷуд меорад, нисбат ба вазни ҳавои гарм зиёдтар аст ва ин ҳавои гармо ба боло меравад. Баъд қабати ояндаи ҳаво гарм шуда, боло меравад ва ғ. Ҳамин тавр, ҳавои гарм сӯи боло ҳаракат карда, гарморро аз як ҷой ба ҷойи дигар нақл мекунанд.

Таъсири ҳавои гарми сӯи боло равандаро дар таҷрибаи хеле сода намоиш додан мумкин аст. Барои ин, чи тавре дар рас.3.10 нишон дода шудааст, қоғазӣ сахтеро ба шакли морпеч (спирал) мебарем ва нӯги дарунии онро бо ришта баста, дар болои манбаъи гармо (масалан, лампаи барқии фурӯзон ё алаңгаи шамъ) медорем. Ва мебинем, ки дар асари сели ҳавои гарми болораванда морпечи қоғазӣ гардиш мекӯрад.



Рас.3.11

Дар мавриди гарм кардани моеъ низ метавонем рӯйдоди ҳамрафтро мушоҳида кунем. Яке аз намоишҳои маъмули ин падида мушоҳидаи роҳи ҳаракати зарраҳои моддаи рангин андар моеъ мешавад. Агар ба қаъри зарфи обдор ягон донаи моддаи рангин, масалан, ягон донаи



Рас.3.12



Рас.3.13

намаки перманганати калий андохта, онро аз поён гарм кунем (рас.3.11), ҷараёни боло рафтани сели моеъи рангинро мушоҳида карда метавонем. Об, ки гарм шуд, васеъ мешавад, васеъ ки шуд, зичиаш кам, яъне ҷойи гармшудаи моеъ сабуктар мешавад ва оби ороми атрофи он сӯи боло ба ҳаракат мебарояд, яъне дар моеъҳо ҳам монанди газҳо ҷараёни конвексионӣ пайдо мешавад.

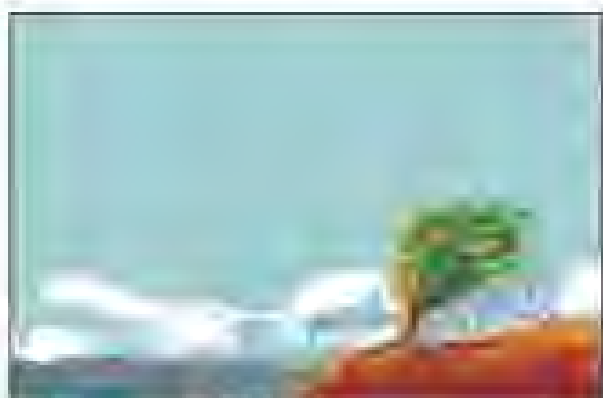
Ҷараёни ҳамрафти ҳаво ва гармо аз поён ба боло самт дорад. Бино бар ин, моеъҳо ва газҳо аз поён гарм мекунанд. Батарехои гармоиши хонаҳо, чунонки шумо медонед, поёнтар аз зери тирезаҳо ва дар наздикиҳои фарши хона ҷой медиҳанд (рас. 3.12).

Агар зарфи найчашакли обдороро, ки дар қэъраш як пора ях дорад, аз қисми болоиаш гарм кунем (рас.3.13), қабати болоии об меҷӯшад, аммо ях гудохта намешавад, чунки дар ин маврид ҳам ҳавои ҷоришуда ва ҳам моеъи гармшуда ҳамеша майли боло мекунанд. Қабатҳои поёнии моеъ низ камубеш гарм мешаванд, вале онҳо на ба василаи ҳамрафт (конвексия), балки дар натиҷаи гармигузаронӣ гарм мешаванд. Бо сабаби он ки моеъҳо ва газҳо ноқилияти зиёд надоранд, барои бо ин роҳ гудоختани ях вақти тӯлонӣ лозим аст. Ҷараёни ҳамрафт дар ҷисмҳои сахт рӯй намедиҳад, зеро дар ин ҷисмҳо ҳаракати молекулаҳо маҳдуд аст.



1. Ҷамрафти гармову ҳаво (конвексия) чӣ гуна падида аст?
2. Таҷрибаеро баён кунед, ки ҷамрафти гармо ва ҳаворо рӯшан гардонад.
3. Пайдо шудани ҷараёни ҷамрафти гармову ҳаво чӣ гуна заминаи физикӣ дорад?
4. Чарост, ки моеъҳо ва газҳо аз поён гарм мекунанд?

### 3.6. Мисолҳои ҳамрафти гармо ва ҳаво



Рас.3.14

**Пайдоиши шамол.** Шамол дар натиҷаи бо таъсири Офтоб ҳар ҳел гарм шудани ҷойҳои гуногуни сатҳи Замин ба вуҷуд меояд. Дар ҷойҳое, ки сатҳи Замин бештар гарм мешавад, ҳаво ҳам гармтар мешавад ва бино бар ин ҳавои ин гуна ҷойҳо васеъ шуда, зичии худро кам мекунад ва боло

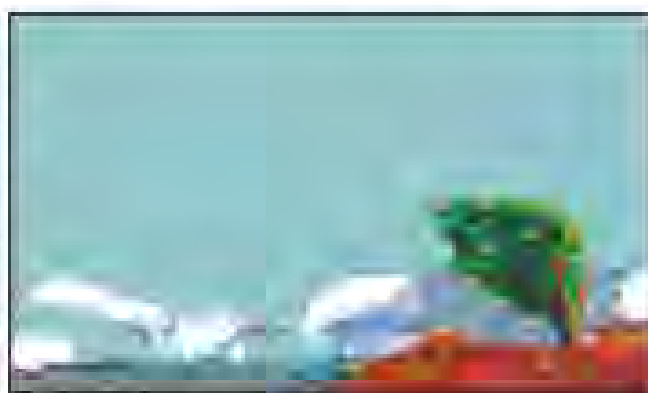
меравад. Шамол ҳамин гуна ҷараёни ҳамрафти мебошад.

Аз натиҷаҳои таҷрибавӣ бармеояд, ки барои ба қадри  $1^{\circ}\text{C}$  гарм кардани як воҳиди массаи об нисбат ба ҳамон миқдор моддаи дигар гармои зиёдтар лозим аст.

Бино бар ин рӯзона аз тобиши Офтоб кӯҳу дашт назар ба оби баҳр зудтар ва зиёдтар гарм мешавад. Ҳавои гарм сӯи боло баромада ҷойи худро ба ҳавои сард медиҳад (рас. 3.14).

Шабонгаҳ заминҳои хушкӣ нисбат ба оби қӯлҳову баҳрҳо зудтар сард мешавад. Дар ин маврид ҳавои рӯи об нисбат ба ҳавои фароси хушкӣ гармтар шуда, майли боло мекунад ва ба ҷои он аз ҷойҳои хушк ҳавои сард ҳаракат мекунад (рас.3.15.)

Ҳар қадаре ки баландии лӯпаҳои дудкаш зиёд бошад, ҳарорати қисмҳои поёну болои дудкаш ҳамон қадар бештар фарқ мекунанд ва ҳамрафти гармо ва ҳаво ҳамон қадар хубтар рӯи медиҳад (рас. 3.16).



Рас.3.15



Рис.3.18

Падидаи ҳамрафти гармову ҳаво дар қараёни сӯзиш низ мақоми муҳим дорад. Ҳаво набошад, сӯзишворӣ на-месӯзад. Сӯзиши муқаррарӣ воқуниш (реаксия)-и кимиёии оксид шудан "бо ёрии" оксигени таркиби ҳаво мебошад. Сӯзиш дар сурате идома меёбад, ки сӯзишворӣ бо ҳавои тоза («ҳавои носӯхта») таъмин шавад. Бино бар ин дар қисми болои деғҳои бухории заводу

фабрикҳо дудкашҳои махсусе месозанд, ки қараёни боло рафтани ҳавои истеъмолшуда ва ба қараёни сӯзиш ворид шудани ҳавои тозаро осон гардонанд.

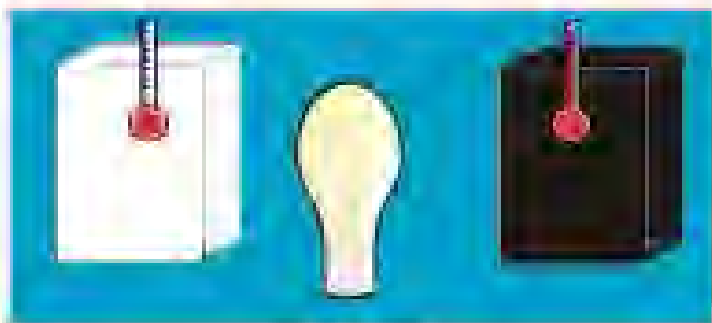


1. Шамол чӣ тавр ба вуҷуд меояд?
2. Лулаҳои дудкашро бо қадди баланд сохтан чӣ зарурат дорад?

### 3.7. Тобиш (нурафканӣ)

Барои рӯй додани нақли гармо  $\epsilon$  ҳамрафти гармову ҳаво иштироки модда ҳатмист. Нақли гармо ро бархӯрдҳои пайдарпайи молекулаҳо таъмин мекунад. Шориши моеъ ва газҳо аз ҷойи баландҳарорат ба ҷои пастҳарорат қараёни ҳамрафтро ба миён меорад. Вале гармоеро, ки Офтоб аз масофаи 150 000 000 км аз тариқи фазои қариб беҳавову бемодда сӯи Замин "мерасонад", на дар чаҳорҷӯбаи гармоноқилият шарҳ додан илоҷ дораду на дар чаҳорҷӯбаи падидаи ҳамрафт. Ин навъи нақли гармо бо роҳи сеюм — ба воситаи мавҷи электромагнитӣ сурат мегирад.

Ин намуди нақли гармо дар ҳалос (вакуум, ҷои беҳаво) низ амалӣ гардида метавонад.



Рас.3.17

Фурӯбурди мавҷҳои электромагнитӣ ба хосияти ҳароратии ҷисме вобаста аст, ки онро "қабул" мекунад. Ҷисм метавонад онро қисман фурӯ барад, қисман инъикос кунад ва ё қисман аз худ гузаронад. Қисми фурӯбурдаи ин мавҷҳо энергияи дохилии ҷисмро зиёд мекунад. Ҷисмҳои сиёҳ қисми бисёри мавҷҳои электромагнитии ба онҳо занандаро фурӯ мебаранд.

а) **Фурӯрафти нур андар ҷисмҳо.** Ду зарфи яхеларо, ки сатҳи яке сафед (равшан) ва сатҳи дигаре сиёҳ аст, дар ҳамон як масофа аз манбаъи баландҳарорат (масалан, чароғи барқии пуртавон) ҷой медиҳем (рас.3.17). Ва ба воситаи ҳароратсанҷҳо тағйироти ҳарорати онҳоро санҷида мебинем, ки бо мурури замон зарфи сиёҳ нисбат ба зарфи сафед зиёдтар гарм мешавад. Зиёд фурӯ бурдани энергия аз ҷониби ҷисмҳои сиёҳ нисбат ба ҷисмҳои сафед далели ба василаи тобандагӣ (нурафканиш) паҳн шудани гармо мебошад.

Биёед, боз як таҷрибаи дигарро бинем. Ба даруни зарфе, ки як тарафаш сиёҳ аст, найчаи борики шишагине меандозем (рас.3.18). Дар даруни найчаи бориқ як қатра рангро ҷой медиҳем ва дар پاسи найча як хаткашак мебандем, яъне як навъ асбоби ҳароратсанҷ месозем. Ба воситаи ин гуна асбоб

Бисёри мавҷҳои электромагнитӣ ба хосияти ҳароратии ҷисме вобаста аст, ки онро "қабул" мекунад. Ҷисм метавонад онро қисман фурӯ барад, қисман инъикос кунад ва ё қисман аз худ гузаронад. Қисми фурӯбурдаи ин мавҷҳо энергияи дохилии ҷисмро зиёд мекунад. Ҷисмҳои сиёҳ қисми бисёри мавҷҳои электромагнитии ба онҳо занандаро фурӯ мебаранд.



Рас. 3.18



тағйироти начандон зиёди ҳарорати ҳавои даруни зарфро мушоҳида кардан мумкин аст. Баъд агар аз манбаъи гармо истифода бурда, таҷрибаи дар боло зикршударо такрор кунем, боз ҳамон натиҷаро ба даст меорем. Ҳангоми ба сӯи манбаъ «нигарон» будани тарафи сиёҳи зарф қатраи ранг ҳангоми гарм шудани ҳавои даруни найча нисбат ба тарафи сафеди зарф ба масофаи бештар мекӯчад. Ин далел аст, ки тарафи сиёҳи зарф гармои бештар фурӯ бурда, назар ба тарафи сафед бештар гарм мешавад.

**б) Нурафкании ҷисмҳо.** Нурафкании ҷисмҳо низ ба ҳолати сатҳи онҳо вобастагӣ дорад. Барои рӯшани андохтан ба ин масъала ба таҷрибае рӯ меоварем, ки онро барои мушоҳидаи фурӯбурди тобиши ҳароратӣ истифода кардем. Вале ин дафъа ба масъалаи чаппа, яъне ба масъалаи кам шудани ҳарорати ҷисми нурафкан таваҷҷӯҳ мекунем.

Ба даруни ду зарфи якхела – яке сиёҳ ва дигаре сафед оби гарм рехта, бо мурури вақт кам шудани ҳароратро назорат мекунем. Ва мебинем, ки ҷисми сиёҳ нисбат ба ҷисми сафед гармои худро бо роҳи нурафкани зудтар кам мекунад. Ҳамин тариқ, ҷисмҳои сиёҳ нисбат ба ҷисмҳои сафед хубтар гармо мегиранд ва зудтар гарм мешаванд. Аз тарафи дигар, ҷисмҳои гарми сиёҳ нисбат ба ҷисмҳои сафед бо роҳи нурафкани зудтар сард мешаванд, он тавр ки оби ҷӯшида дар чойники сафед гармои худро дертар нигоҳ медорад.

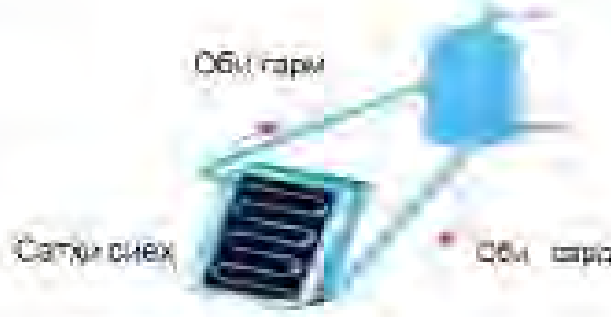
Бо назардошти падидаи нурафкани вобаста ба зарурат сатҳи ҷисмҳоро ранги гуногун медиҳанд. Масалан, сатҳи ҳаво-пайморо ранги нуқрагун медиҳанд, то ки аз тобиши Офтоб зиёд гарм нашавад, вале сатҳи батареҳои офтобиро сиёҳ мекунанд, то ки аз ҳамон тобиши Офтоб ҳарчӣ бештар гарм шаванд.



1. Оё нақли гармо бо роҳи нурафкани дар ҳало (вакуум) имконпазир аст?
2. Чаро сатҳи зарфҳои бо нури Офтоб гармшавандаро сиёҳ мекунанд?



Рас.3.19



Рас.3.20

### Машқ

1. Термос (рас. 3.19 ) барои дар нигоҳ доштани ҳарорати моеъ хидмат мекунад. Қисмҳои асосии термос инҳоянд: зарфи шишагини дувара, ки бо қабати беҳаво ҷудоанд (ҳавои байни деворҳо кашида шудааст), қуттии филизии, ки дар дохили он зарф ҷойгир аст ва даҳанаки аз ягон моддаи гармогузар сохташуда. Зарфи шишагин аз берун ба дарун бо қабати ранги нуқрагун рӯлӯш карда шудааст. Сохти термосро шарҳ диҳед.

2. Дар рас.3.20 сохти олати гармкунандани офтобӣ тасвир шудааст. Тарзи кори онро шарҳ диҳед.

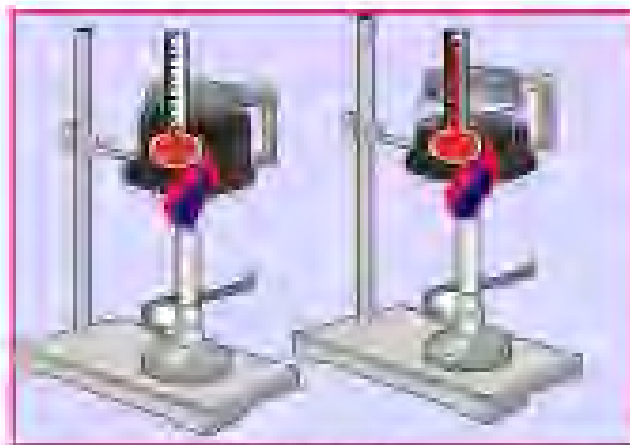
### 3.8. Миқдори гармо. Гармогунҷоиши хос.

Шумо медонед, ки агар ҷисм аз берун ба ягон роҳ гармо гирад, энергияи дохилиаш меафзояд ва агар ба берун гармо диҳад, энергияаш кам мешавад. Аз ҷумла, энергияи дохилӣ метавонад бо роҳи гармоноқилият, ҳамрафти гармову ҳаво (конвексия) ва нурафканиӣ тағйир ёбад.

Меъёр (андоза)-и энергияро, ки ҷисм мегирад ё медиҳад, бо мафҳуми миқдори гармо тавсиф медиҳанд.

Хуб, миқдори гармо ба кадом бузургиҳо бастагӣ дорад?

1. Шумо борҳо мушоҳида кардаед, ки дар ҳамон як аланга оби ҷойники нимгур нисбат ба ҷойники пуроб зудтар меҷӯшад, яъне ҳар қадаре ки миқдори об зиёд бошад, барои ҷӯшондани он ҳамон қадар бештар гармо лозим аст (рас.3.21); барои ба



Рас.3.21

қадри  $1^{\circ}\text{C}$  гарм кардани  $1\text{ г}$  об гармои ҳамараи  $4,186\text{ Ч}$  сарф мешавад (таҷрибаи Ҷоул). Пас, барои ҳамон қадар гарм кардани  $20\text{ г}$  об гармои  $20$  бар зиёдтар лозим меояд. Яъне, *миқдори гармоё, ки барои гарм кардани ҷисм сарф мешавад, ба массаи ҷисм вобаста аст.*

2. Шумо медонед, ки барои оби сардро дар ягон чойник то дараҷаи ширгармӣ гарм кардан нисбат ба мавриди ҷӯшондани ҳамон қадар об вақти камтар лозим аст. Пас, барои ҷӯшондани об ба он гармои зиёдтар додан мебошад.

Ҳамин тариқ, *миқдори гармои гирифта ё додаи ҷисм ба тағйироти ҳарорат (афзоиши ҳарорат ё афтиши ҳарорат)-и ҷисм вобаста мешавад.*

Ҳар қадаре ки ҷисмро гармтар кардан лозим бошад, ба он ҳамон қадар зиёдтар гармо додан мебошад.

3. Бузургии миқдори гармо ғайр аз массаи модда ва тағйироти ҳарорат боз ба навъи модда вобастагӣ дорад. Ду зарфи якхеларо, ки яке равшан дорад ва дигаре об, дар ҳамон як шароит гарм мекунем (рас.3.22). Ва мебинем, ки то ба ҳамон як ҳарорат гарм кардани об ва равшани массаҳошон баробар он-

ҳоро муддатҳои гуногуни вақт гарм кардан зарур меояд. Барои гарм кардани равшан нисбат ба об камтар вақт сарф мешавад, яъне барои гарм кардани об бояд ба он нисбат ба равшан бештар гармо диҳем.

Санҷишҳои миқдорӣ нишон медиҳанд, ки барои ба  $1^{\circ}\text{C}$  гарм кардани  $1\text{ г}$  об нисбат ба гарм кардани ҳамин миқдор равшан



Рас.3.22

гармои 2 бор зиёдтар лозим аст.

*Миқдори гармое, ки барои гарм кардани ҷисм ба он дода мешавад, ба навъи модда вобастагӣ дорад.*

Ин хосияти ҳарорати моддаҳо бо мафҳуми гармогунҷоиши хос тавсиф дода мешавад.

**Миқдори гармоеро, ки барои 1°C (1K) зиёд кардани ҳарорати 1 кг модда зарур аст, гармогунҷоиши хоси модда меноманд.**

Гармогунҷоиши хоси модда нишон медиҳад, ки дар мавриди ба 1 °C (1K) тағйир додани ҳарорати 1 кг модда энергияи дохилии он чӣ қадар тағйир меёбад.

Гармогунҷоиши хос ба сохти молекулии моддаҳо алоқамандӣ дорад. Барои ёфтани гармогунҷоиши ҷисм  $C$  массаи ҷисм  $m$ -ро ба гармогунҷоиши хос  $c$  зарб задан мебояд, яъне:

$$C = m c. \quad (1)$$

*Хулоса, миқдори гармои гирифта (ё талафдода)-и ҷисм ба массаи ҷисм, тағйироти ҳарорат ва гармогунҷоиши хоси ҷисм бастагӣ дорад.*

Вобастагии байни миқдори гармоеро ба массаи ҷисм, бузургии тағйироти ҳарорат ва гармогунҷоиши хос метавонем бо забони риёзӣ дар шакли зайл ифода кунем:

$$Q = c m \Delta t. \quad (2)$$

Дар ин ҷо  $c$  гармогунҷоиши хоси модда аст,  $m$  – массаи модда ва  $\Delta t$  – тағйироти ҳарорат.

Ҳамин тариқ, агар массаи ҷисм, гунҷоиши хос ва тағйироти ҳарорати ҷисм маълум бошад, аз рӯи формулаи (2) миқдори гармои ба ҷисм додашударо ба ҳисоб овардан осон аст.



1. Миқдори гармо чист?
2. Миқдори гармо ба кадом бузургиҳо вобастагӣ дорад?
3. Гармогунҷоиши хос чист?
4. Гармогунҷоиши ҷисм чист?
5. Миқдори гармоеро аз рӯи чӣ гуна формула меёбанд?

### 3.9. Воҳиди миқдори гармо. Воҳиди гармогунҷоиши хос

Дар манзумаи байналмилалии воҳидҳо (SI) миқдори гармо бо воҳиди энергия, яъне бо ҷул (Ҷ) ифода карда мешавад. Дар амалия барои ифода кардани энергияи дохилӣ (миқдори гармо) воҳиди дигари энергия — калория (кал) — ро низ истифода мекунанд.

1 кал миқдори гармоеро ифода мекунанд, ки он барои ба қадри  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (аз ҳарорати  $19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  то  $20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) зиёд кардани ҳарорати 1г об лозим аст:

$$1 \text{ кал} = 4,186 \text{ Ҷ} \approx 4,2 \text{ Ҷ}$$

Адади 4,186 Ҷ ҳамарз (эквивалент)-и механикии миқдори гармо менамояд.

Дар амалия воҳиди назар ба калория 1000 бор бузургтар — килокалория (ккал) ҳам истифода мешавад.

$$1 \text{ ккал} = 1000 \text{ кал} = 4186 \text{ Ҷ} \approx 4200 \text{ Ҷ}$$

Гармогунҷоиши хоси моддаҳоро бо воҳидҳои  $\text{Ҷ}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{ккал}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{кал}/\text{г}\cdot^{\circ}\text{C}$  ифода мекунанд. Гармогунҷоиши хоси баъзе моддаҳо дар ҷадв. 3.2 оварда шудааст.

#### Ҷадв.3.2. Гармогунҷоиши хоси баъзе моддаҳо

Модда	с	с	Модда	с	с
	$\text{Ҷ}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$	$\text{ккал}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$		$\text{Ҷ}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$	$\text{ккал}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$
Тилло	130	0,031	Графит	750	0,18
Қалъағӣ	230	0,055	Шиша	840	0,2
Нухра	250	0,06	Рег	840-880	0,2-0,21
Симоб	140	0,033	Алумин	920	0,22
Сурб	140	0,033	Равған	1700-2000	0,40
Мис	380	0,09	Ях	2100	0,50
Рух	380	0,09			
Биринҷ			Карасин	2100	0,51
(латун)	380	0,09	Ҷӯб	2400	0,57
Оҳан	460	0,11	Алкул (спирт)	2500	0,6
Пӯлод	500	0,12	Об	4200	1,0
Ҷӯян	540	0,13			
Ҳишт	750-880	0,18-0,2			



Рас 3.23

Чунонки дар боло гуфтем, гармогунҷоиши хоси об аз ҳама моддаҳои дигар зиёдтар аст. Гармогунҷоиши хоси моддаҳо ҳангоми аз як ҳолати воғардиш (ҳолати агрегатӣ) ба ҳама гуна ҳолати дигар гузаштан тағйир меёбад. Мисалан, гармогунҷоиши об ба  $4200 \text{ Ҷ/кг} \cdot ^\circ\text{C}$  ё худ ба  $1 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$  баробар аст. Гармогунҷоиши хоси ях аз гармогунҷоиши хоси об ду бар камтар аст. Гармогунҷоиши хоси моддаҳои дигар низ дар ҳолати сахтӣ ва моеъ аз ҳамдигар фарқ мекунанд. Гармогунҷоиши хоси моддаҳо ба ҳарорати ҷисм бастагӣ дорад. Вале ин

вобастагӣ вобастагии суст аст ва мо метавонем ҳангоми зиёд набудани тағйироти ҳарорат онро ба назар нагирем.

**Масъала.** Барои аз  $10^\circ\text{C}$  то  $100^\circ\text{C}$  гарм кардани  $10 \text{ кг}$  оҳан чӣ қадар миқдори гармо лозим аст? Гармогунҷоиши хоси оҳан  $0,11 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$  мебошад.

<p><i>Додаҳо:</i></p> <p><math>m = 10 \text{ кг},</math></p> <p><math>t_2 = 100^\circ\text{C},</math></p> <p><math>t_1 = 10^\circ\text{C},</math></p> <p><math>c = 0,11 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}</math></p> <p><math>Q = ?</math></p>
---

*Ҳал:* Тағйироти ҳарорат (рас 3.23)

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 90^\circ\text{C}$$

эст. Бино бар ин  $Q$ -ро ин тавр меёбем:

$$Q = c m \Delta t = 10 \text{ кг} \cdot 0,11 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 90^\circ\text{C} = 99 \text{ ккал.}$$



1. Миқдори гармо ва энергия дохилро ба кадом воҳидҳо ифода мекунанд?
2. Воҳиди гармогунҷоиши хос чӣ гуна аст?
3. Гармогунҷоиши мис  $380 \text{ Ҷ/кг} \cdot ^\circ\text{C}$  аст. Ин чӣ маънӣ дорад?
4. Гармогунҷоиши хоси кадом модда аз ҳама зиёд аст?

### Машқ

1. Барои ба  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  гарм кардани  $500\text{ г}$  об чӣ миқдор гармо лозим аст? (Ҷавоб:  $10\text{ ккал}$ ).
2. Ҳангоми ба оби массааш  $5\text{ кг}$  додани миқдори гармои  $50\text{ ккал}$  ҳарорати он чӣ қадар зиёд мешавад? (Ҷавоб:  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### 3.10. Мизон (баланс)-и миқдори гармо

Ду ҷисми гуногунҳарорат агар бо ҳам дар тамос бошанд, то дами баробар шудани ҳароратҳошон гармои дохилиашонро тағйир медиҳанд. Ҷисми баландҳарорат қисми гармои худро ба ҷисми пастҳарорат медиҳад. Яъне энергияи дохилии ҷисми баландҳарорат бо мурури замон кам шуда, аз ин ҳисоб энергияи дохилии ҷисми пастҳарорат меафзояд ва дар натиҷа онҳо ба ҳарорати якхела соҳиб мешаванд. Дар асоси қонуни бақри энергия миқдори гармои талафдодаи ҷисми баландҳарорат (биёед онро бо  $Q_1$  ишорат кунем) ба миқдори гармои ба ҷисми пастҳарорат додашаванда (онро бо  $Q_2$  ишорат мекунем) баробар аст:

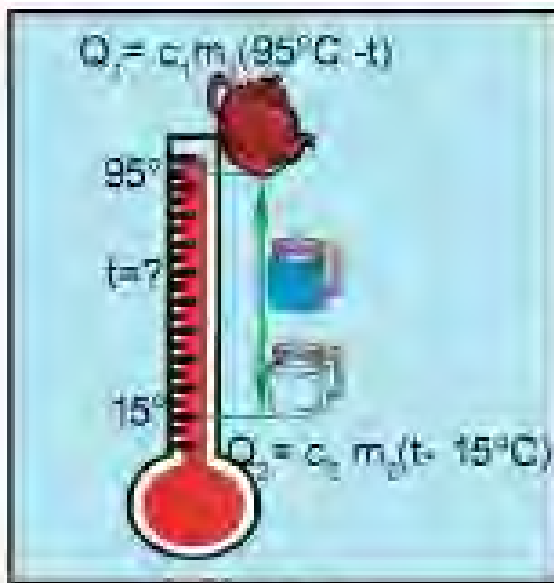
$$Q_1 = Q_2.$$

Биёед, бо  $m_1$  массаи ҷисми баландҳарорат, бо  $c$  гармогунҷоиши он, бо  $t_1$  ҳарорати ибтидоии ҷисм ва бо  $t$  ҳарорати интиҳоии онро ишорат карда, миқдори гармои талафшуда  $Q_1$  -ро ба шакли зер ифода кунем:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t).$$

Миқдори гармое, ки онро ҷисми массааш  $m_2$ , ҳарорати ибтидоиаш  $t_2$ , гармигунҷоишаш  $c_2$  аз ҷисми гармтар мегирад, ин қадар хоҳад буд:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t - t_2).$$



Рас.3.24

Пас, дар асоси формулаи (1) ҳосил мекунем:

$$c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2)$$

**Масъалаи 1.** Дар зарфи шишагини массааш 200 г, ҳарораташ 15 °С 100 г оби ҳарораташ 95 °С рехтанд (рас.3.24). Ҳарорати интиҳой ва миқдори гармои ба зарфи шишагин додашударо ёбед. Қимати гармогунҷоиши хосро аз ҷадв.3.2 гиред (саҳ. 53)

**Додаҳо:**

$$c_1 = 1 \text{ ккал/кг } ^\circ\text{C},$$

$$m_1 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг},$$

$$m_2 = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг},$$

$$t_1 = 95 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_2 = 15 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$c_2 = 0,2 \text{ ккал/кг } ^\circ\text{C}$$

$$t = ? \quad Q_2 = ?$$

**Ҳал:** Энергияи камшудаи об ба зарф мегузарад:

$$Q_1 \text{ (миқдори гармои тағйирдодаи оби гарм)} =$$

$$= Q_2 \text{ (миқдори гармои қабулкардаи зарф)}.$$

Азбаски

$$Q_1 = c_1 m_1 (95^\circ\text{C} - t),$$

ва

$$Q_2 = c_2 m_2 (t - 15^\circ\text{C})$$

ҳастанд, пас,

$$c_1 m_1 (t_1 - t) = c_2 m_2 (t - t_2)$$

мешавад. Додаҳоро гузошта, ҳосил мекунем:

$$0,1 \frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C}} (95^\circ\text{C} - t) = 0,04 \frac{\text{ккал}}{^\circ\text{C}} (t - 15^\circ\text{C}),$$

$$t = 72,1^\circ\text{C}$$

Пас, зарф дар ин сурат ин қадар миқдори гармо мегирад:

$$Q_2 = m_2 c_2 (t - t_2) =$$

$$= (0,2 \text{ кг}) \cdot (0,2 \frac{\text{ккал}}{\text{кг } ^\circ\text{C}}) \cdot (72,1^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 2,28 \text{ ккал}$$



**Масъалаи 2.** 500 г оби ҳарораташ  $15^\circ\text{C}$ -ро ба 100 г оби ҷӯшон омехтанд. Ҳарорати интиҳои об, миқдори гармои костаи оби ҷӯшон ва гармои қабулкардаи оби сардро ёбед.

**Додаҳо:**  
 $m_1 = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг},$   
 $m_2 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг},$   
 $t_1 = 100^\circ\text{C},$   
 $t_2 = 15^\circ\text{C},$   
 $c = 1 \text{ ккал/кг}\cdot^\circ\text{C}$   
 $t = ?$   
 $Q_1 = Q_2 = ?$

**Ҳал:** Миқдори гармои талафдодаи оби ҷӯшон

$$Q_1 = cm_1(100^\circ\text{C} - t)$$

эсту миқдори гармои қабулкардаи оби сард

$$Q_2 = cm_2(t - 15^\circ\text{C})$$

Бино бар ин ҳосил мекунем:

$$0,1(100^\circ\text{C} - t) = 0,5(t - 15^\circ\text{C}),$$

$$t \approx 29^\circ\text{C}$$

Миқдори гармои қабулкардаи оби сардро ин тавр меебем:

$$Q_2 = cm_2(t - 15^\circ\text{C}) =$$

$$= \frac{\text{ккал}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 0,5 \text{ кг} (29^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 7 \text{ ккал}$$

$$Q_1 = Q_2 \approx 7 \text{ ккал}$$

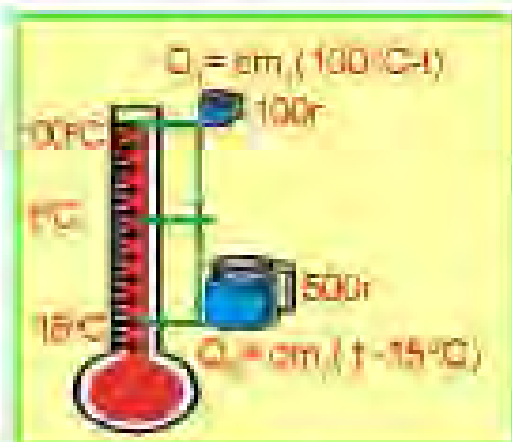


Рис.3.25

Ҳамин тариқ, оби ҷӯшон 7 ккал миқдори гармои худро ба оби сард медиҳад. Он гоҳ ҳарорати оби омехта ба  $29^\circ\text{C}$  баробар мешавад.



1. Шумо мувозинати ҳароратии чисмҳоро чӣ шарҳ медиҳед?
2. Ҳарорати интиҳой гуфта чӣ гуна ҳароратро мефаҳманд?
3. Дар мавриди омехта кардани ду миқдор оби баробармасса, вале гуногунҳарорат ҳарорати интиҳоро чӣ тавр меебанд?

**Машқ**

1. Ҳарорати як истакон об дар натиҷаи ба он додани 30 Ҷ гармо чӣ қадар тағйир меебад? Гунҷоиши истаконро  $200 \text{ см}^2$  гиред. (Ҷавоб:  $0,03^\circ\text{C}$ )



Рас. 3.26

2. Дегдоне аз 150 дона хишти мас-сам ҳар якеш 5-килограммӣ сохта шудааст. Ҳангоми сард шудани дегдон ҳарорати он аз  $70^{\circ}\text{C}$  то ба  $20^{\circ}\text{C}$  паст шуд. Дар ин маврид чӣ миқдор гармо ба муҳити атроф дода шудааст? (Ҷавоб: 33000 кҶ)

### 3.11. Калориметр

Калориметр асбобест, ки ба воситаи он тағйироти миқдори гармо чен карда мешавад. Яке аз истифодаҳои калориметр муъайян кардани гармо-

гунҷоиши ҳоси моддаҳост.

Калориметр аз ду зарфи филизии сайқалии дарунбадарун (1), чархҷӯб (2) ва ҳароратсанҷ (3) иборат аст (рас.3.26). Фазаи ҳавоии (4) байни калориметр ва ҷилдзарф (зарфи калон) вазифаи маҳдудкунандаи додугирифтӣ гармо (изоляция)-ро адо мекунад. Дар санҷишҳои калориметрӣ муҳим аст, ки додугирифтӣ гармои калориметр ба муҳити атроф ҳарчӣ камтар бошад.

**Санҷиш.** Ба зарфи калориметр миқдори муъайяни об рехта, ҳарорати онро (то ибтидои санҷишҳо) чен мекунанд. Баъд ҷисмеро, ки гармогунҷоишаш чен карда мешавад, то ҳарорати муъайян гарм карда, онро ба зудӣ ба даруни оби калориметр меандозанд. То дами баробар шудани ҳароратҳо гармо (энергияи дохилӣ)-и ҷисм ба об ва калориметр мегузарад. Ҳарорати интиҳой, яъне ҳароратеро, ки дар он мувозинати гармоӣ мукаррар мешавад, чен карда, гармогунҷоиши ҷисм-ро ёфтан мумкин аст. Дар асоси шарти баробарии

$$\boxed{\text{Миқдори гармои талафдодаи ҷисм}} = \boxed{\text{Миқдори гармои гирифтаи об}} + \boxed{\text{Миқдори гармои гирифтаи калориметр}}$$

чунин навиштан мумкин аст:

$$Q_c = Q_{\text{об}} + Q_{\text{калориметр}} \quad (1)$$

Агар миқдори гармои ҳароратсанҷ ва ҷилдзарфро бо сабаби кам буданашон ба назар нагирем ва чунин пиндорем, ки чархчӯб ва калориметр аз ҳамон як навъ модда сохта шудаанд, пас, миқдори гармои гирифтаи калориметрро ин тавр ифода кардан мумкин аст:

$$Q_{\text{калор}} = c_x m_x (t - t_2). \quad (2)$$

Дар ин ҷо  $c_x$  ва  $m_x$  гармогунҷоиши хос ва массаи калориметр (зарфи хурд дар якҷоягӣ бо чархчӯб) ҳастанду,  $t_2$  – ҳарорати ибтидоӣ ва  $t$  – ҳарорати интиҳӣ.

Миқдори гармое, ки об мегирад, ин аст:

$$Q_{2\text{ об}} = c_{\text{об}} m_{\text{об}} (t - t_2). \quad (3)$$

Ин ҷо  $c_{\text{об}}$ ,  $m_{\text{об}}$  гармигунҷоиш ва массаи об мебошад. Миқдори гармои талафдодаи ҷисм

$$Q_1 = m_y c_y (t_1 - t) \quad (4)$$

аст. Дар ин ҷо  $m_y$ ,  $c_y$ ,  $t_1$  масса, гармигунҷоиш ва ҳарорати ибтидоии ҷисманд.

Формулаҳои (2), (3), (4) -ро ба формулаи (1) гузошта, ҳосил мекунем:

$$m_y c_y (t_2 - t) = m_{\text{об}} c_{\text{об}} (t - t_2) + m_x c_x (t - t_2).$$

Ҳамин тавр, мо қиматҳои  $m_y$ ,  $m_x$ ,  $m_{\text{об}}$ ,  $c_{\text{об}}$ ,  $c_x$ -ро истифода карда, ҳароратҳои  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t$ -ро чен карда, гармогунҷоиши ҷисм  $c_y$ -ро ёфта метавонем.

**Масъалаи 1.** Гармогунҷоиши хоси хӯлавро муъайян кардан лозим аст. Хӯлаи массааш 120 г-ро то ҳарорати 530 °С гарм карда, ба зудӣ ба даруни 400 г оби ҳарораташ 10 °С андохтанд. Массаи зарфи калориметри алюминӣ дар якҷоягӣ бо чархчӯби алюминӣ 200 г аст. Миқдори гармои гирифтаи ҳароратсанҷ ва ҷилдзарфро ба эътибор нагиред. Ҳарорати интиҳӣ 30 °С, гунҷоиши хоси алюмин 0,2 ккал/кг.°С ва об 1 ккал/кг.°С мебошанд.

**Додаҳо:**  
 $m_{\text{об}} = 120 \text{ г} = 0,12 \text{ кг}$ ,  
 $m_{\text{об}} = 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг}$ ,  
 $m_x = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$ ,  
 $c_x = 0,22 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$   
 $t_x = 530 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  
 $c_{\text{об}} = 1 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ,  
 $t_{\text{об}} = t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  
 $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  
 $c_x = ?$

Ҳал: Миқдори гармие, ки онро оби калориметр гирифтааст,

$$Q_{\text{об}} = c_{\text{об}} m_{\text{об}} (t - t_{\text{об}}) =$$

$$= 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,4 \text{ кг} (30^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 8 \text{ ккал}$$

асту миқдори гармие, ки онро чархчӯб ва калориметр гирифтаанд,

$$Q_x = c_x m_x (t - t_x) =$$

$$= 0,22 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 20^\circ\text{C} = 0,88 \text{ ккал}$$

Миқдори гармии талафдодаи хӯла ин қадар аст:

$$Q_x = c_x m_x (t_x - t) =$$

$$= c_x 0,12 \text{ кг} \cdot (530^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = c_x 0,12 \text{ кг} \cdot 500 \text{ }^\circ\text{C} = 60 \text{ кг} \cdot ^\circ\text{C} c_x$$

Азбаски  $Q_x = Q_{\text{об}} + Q_x$

аст, пас,

$$Q_x = 8 \text{ ккал} + 0,88 \text{ ккал} = 8,88 \text{ ккал}$$

ё ин ки

$$c_x \approx 0,15 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$$

**Масъалаи 2.** Ба болои 500 г оби зарфи калориметр, ки ҳарораташ 15 °C аст, 200 г оби ҷӯшон рехтанд. Дар натиҷаи санҷиш маълум шуд, ки ҳарорати интиҳомии калориметр 35 °C аст. Миқдори гармии аз оби ҷӯшон гирифтаи 1) калориметр ва 2) оби зарфу калориметрро ёбед. ( $c_{\text{об}} = 1 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ).

**Додаҳо:**  
 $m_{\text{об}} = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$ ,  
 $m_x = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$ ,  
 $c_{\text{об}} = 1 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ,  
 $t_x = 15^\circ\text{C}$ ,  
 $t_x = 100^\circ\text{C}$ ,  
 $t = 35^\circ\text{C}$   
 $Q_x = ?$   $Q_{\text{об}} = ?$

Ҳал: 1) Миқдори гармие, ки оби ҷӯшон талаф медиҳад, ин аст:

$$Q_x = c_{\text{об}} m_{\text{об}} (t_x - t) =$$

$$= 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot (100^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}) = 13 \text{ ккал}$$

2) Миқдори гармие, ки оби зарфи калориметр мегирад, ин аст:

$$Q_{об} = c_{об} m_{об} (t - t_{об}) =$$
$$= 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,5 \text{кг} (35^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C}) = 10 \text{ ккал}.$$

Азбаски  $Q_1 = Q_{об} + Q_2$  аст, пас чунин натиҷа ҳосил мешавад:

$$Q_2 = Q_1 - Q_{об} = 3 \text{ ккал}.$$



1. Бо калориметр чӣ гуна бузургихоро чен мекунанд?
2. Миқдори гармии талафдодаи ҷисмро чӣ тавр меёбанд?
3. Оё гармии талафдодаи ҷисм ба эсар гум мешавад?

#### Машқ

1. Баъди ба калориметри 100-гиромии мисини дорои 738 гиром оби ҳарораташ  $15^\circ\text{C}$  андохтани миспораи 200-гиромии ҳарораташ  $100^\circ\text{C}$ , ҳарорати умумӣ  $17^\circ\text{C}$  шуд. Гармогунҷоиши ҳоси мис чӣ қадар аст?

2. Барои муъайян кардани гармигунҷоиши ҳоси хӯла 200 гиромии онро то ҳарорати  $500^\circ\text{C}$  гарм карда, ба калориметри биринҷии массааш 150 г, ки андарунаш оби ҳарораташ  $15^\circ\text{C}$  дошт, андохтанд. Баъди чанде дар калориметр ҳарорати  $70^\circ\text{C}$  муқаррар шуд. Гармогунҷоиши ҳоси хӯларо ёбед .

### 3.12. Энергияи сӯзишворӣ.

#### Гармии сӯзиши сӯзишворӣ

Сӯзиши муқаррарӣ фароянди оксидшавӣ мебошад. Дар натиҷаи сӯзиш ин ё он миқдор гармо (энергия) хориҷ мегардад. Ҳангоми сӯختани сӯзишвории муқаррарӣ (ба монанди ангишт, нафт, газ ва м.ин.) атомҳои карбони таркиби сӯзишворӣ бо атомҳои оксигени ҳаво пайваст мешаванд. Ду атоми оксиген бо атоми карбон пайваст шуда, молекулаи карбонат ҳосил мекунанд. Дар ин гуна воқуниш (реаксия)-и кимиёӣ миқдори муъайяни гармо хориҷ мегардад. (Воқуниши кимиёеро, ки дар

натиҷаи он гармо хориҷ мешавад, воқуниши экзотермӣ меноманд). Миқдори гармои ҳангоми сӯзиш ҷудошуда бо бузургии гармои сӯзиши сӯзишворӣ тавсиф дода мешавад.

**Миқдори гармоеро, ки ҳангоми пурра сӯхтани 1 кг сӯзишворӣ хориҷ мешавад, гармои хоси сӯзиши сӯзишворӣ меноманд.**

Гармои хоси сӯзиши сӯзишворӣ маъмулан бо ҳарфи  $q$  ишорат мешавад. Дар Манзумаи байналмилалӣи воҳидҳо (SI) сӯзиши сӯзишвориро бо воҳиди  $\text{Ч/кг}$  ифода мекунанд. Агар миқдори гармои хоси 1 кг сӯзишворӣ маълум бошад, миқдори гармои хориҷшавандаро барои миқдори дилхоҳи сӯзишворӣ ёфтан осон аст. Барои ин массаи сӯзишвории истифодашударо ба миқдори гармои сӯзиш зарб задан мебояд:

$$Q = q m.$$

Дар ин ҷо  $Q$  миқдори умумии гармои хориҷшуда аст  $m$  — массаи сӯзишворӣ.

Дар ҷадв. 3.3 миқдори гармои хоси сӯзиши баъзе моддаҳо оварда шудааст (натиҷаҳои таҷрибавӣ).

Ҷадв. 3.3. Миқдори гармои сӯзиши сӯзишворӣ, $\text{Ч/кг}$ ( $q$ )			
Чӯби хушк	$10 \cdot 10^6$	Ангишти чӯб	$34 \cdot 10^6$
Торф	$14 \cdot 10^6$	Ғази табиӣ	$44 \cdot 10^6$
Ангиштсанг	$30 \cdot 10^6$	Нафти	$40 \cdot 10^6$
Алкул (спирт)	$27 \cdot 10^6$	Бензин	$46 \cdot 10^6$
Кокс	$29 \cdot 10^6$	Карасин	$46 \cdot 10^6$
Антрацит	$30 \cdot 10^6$	Ҳидроген	$120 \cdot 10^6$

**Масъалаи 1.** Аз сӯхтани 1т ангиштсанг ва 100 кг карасин чӣ қадар гармо хориҷ мешавад?

Додаҳо:

$$m_1 = 1000 \text{ кг,}$$

$$m_2 = 100 \text{ кг}$$

$$Q_1 = ? \quad Q_2 = ?$$

Ҳал: Аз ҷадв. 3.3 қимати  $q$ -ро барои ангишт ва карасин гирифта (барои ангиштсанг  $q = 30000 \text{ кҶ/кг}$ , барои карасин  $q = 46000 \text{ кҶ/кг}$  аст), мебинем, ки миқдори гармии Ҳангоми сӯхтани  $1000 \text{ кг}$  ангиштсанг хориҷшаванда ин қадар аст:

$$Q_1 = q m = 30000000 \text{ кҶ} = 3 \cdot 10^7 \text{ кҶ.}$$

Миқдори гармое, ки Ҳангоми сӯхтани  $100 \text{ кг}$  карасин ҳосил мешавад, ин аст :

$$Q_2 = q m = 46000000 \text{ кҶ} = 4,6 \cdot 10^6 \text{ кҶ.}$$

**Масъалаи 2.**  $0,25$  ҳиссаи энергияи сӯзишворӣ дар муҳаррики мошин ба кори фойданок сарф мешавад. Ин мошин бо  $40 \text{ кг}$  сӯзишворӣ чӣ қадар кор иҷро мекунад? Гармии сӯзиши сӯзишворӣ  $q = 44000 \text{ кҶ/кг}$  аст.

Додаҳо:

$$\eta = 0,25,$$

$$m = 40 \text{ кг,}$$

$$q = 44000 \text{ кҶ/кг}$$

$$A = ?$$

Ҳал: Кори иҷрокардаи мошин

$$A = \eta Q$$

мебошад. Азбаски

$$Q = q m$$

аст, бино бар ин ҳосил мекунем:

$$A = \eta q m = 0,25 \cdot 44000 \text{ кҶ /кг} \cdot 40 \text{ кг} =$$

$$= 440000 \text{ кҶ} = 4,4 \cdot 10^6 \text{ кҶ.}$$

?

1. Гармии сӯзиши сӯзишворӣ чист?
2. Гармии сӯзиши ангиштсанг  $30000 \text{ кҶ/кг}$  аст. Ин чӣ маънӣ дорад?
3. Миқдори гармоеро, ки Ҳангоми сӯзиши миқдори дилхоҳи сӯзишворӣ хориҷ мешавад, чӣ тавр мейбанд?

Машқ

1.  $1,5 \text{ кг}$  алкул (спирт)-ро бо  $1 \text{ кг}$  бензин омехтанд. Ҳангоми битамом сӯхтани ин сӯзишворӣ чӣ миқдор гармо хориҷ мешавад? (Ҷавоб:  $\sim 0,86 \cdot 10^8 \text{ кҶ}$ ).

2. Чӣ қадар ангиштсангро сӯхтан меболяд, ки  $4,5 \cdot 10^8 \text{ Ҷ}$  гармо хориҷ гардад? (Ҷавоб:  $15 \text{ кг}$ ).

3. Ҳангоми сӯхтани  $6 \text{ кг}$  борут  $22800 \text{ кҶ}$  энергия хориҷ шуд. Гармии хоси сӯзиши борутро баҳодод кунед. (Ҷавоб:  $3,8 \cdot 10^8 \text{ Ҷ/кг}$ ).

## Масъалаҳои тестӣ

1. Оё энергияи механикии пурра дар сурати вучуд доштани сойиш беасар талаф меёбад?

А. Энергияи механикии пурра беасар ғайб мезанад.

В. Энергияи потенциалӣ боқӣ мемонаду энергияи кинетикӣ нест мешавад.

С. Энергияи механикии пурра қисман ё пурра метавонад ба энергияи дохилӣ табдил ёбад.

Д. Энергияи кинетикӣ боқӣ мемонад, энергияи потенциалӣ кам мешавад.

2. Оё қисм аз ҳисоби иҷро кардани кор гарм мешавад?

А. Гарм намешавад.

В. Кори баробар ба 4,186 Ҷ метавонад ҳарорати 1 г обро 1К зиёд кунад.

С. Кори баробар ба 4,186 Ҷ метавонад ҳарорати 1 кг обро 1 °С зиёд кунад.

Д. Кори баробар ба 4,186 Ҷ метавонад ҳарорати 1 кг обро 1°С паст кунад.

3. Энергияи дохилии қисм чист?

А. Энергияи ҳаракати қисм аст.

В. Энергияи ҳаракат ва энергияи потенциалии қисм аст.

С. Энергияест, ки метавонад кор иҷро кунад.

Д. Энергияи ҳаракат ва таъсири мутақобили зарраҳои таркиби қисм аст.

4. Ҳарорати - 47 °С дар миқёси Келвин ба чанд келвин рост меояд?

А) 226 К; В) 320 К; С) - 226 К; Д) - 320 К.

5. Адади молекулаҳои оксиген дар ҳаҷме  $3,05 \cdot 10^{23}$  аст. Энергияи дохилии онро барои ҳарорати 37 °С ёбед.

А) 3906 Ҷ; В) 1957 Ҷ; С) 1857 Ҷ; Д) 1927 Ҷ.

6. Падидаи гармигузаронӣ чӣ тавр рӯй медиҳад?

А. Гармӣ аз қисми гарм ба қисми хунук мегузарад.

В. Гармиро қисми хунук аз қисми гарм ҷазб карда мегирад.

С. Рӯйдоди гармигузаронӣ таҳвили энергияи ҳаракати ҳарорати молекулаҳо аст.

Д. Гармигузаронӣ ҳаракати озоди ботартибонаи молекулаҳо аст.

7. Тобиш (нурафканӣ) чист?

А. Нақли гармо аз қисми гарм ба қисми сард бо роҳи гармигузаронӣ.



В. Нақли гармо бо роҳи ҳамрафти гармову ҳаво (конвексия).  
С. Кам шудани ҳарорати ҷисм бо роҳи гармигузаронӣ ва ҳамрафти гармову ҳаво.

Д. Нақли гармо аз як ҷой ба ҷои дигар ба василаи мавҷи электромагнитӣ.

8. Дар Манзумаи байналмилалӣ воҳидҳо (SI) миқдори гармо бо кадом воҳид ифода карда мешавад?

А) Нйутон; В) Ҷ/кг; С) Ҷ; Д) Н.м/кг.

9. Воҳиди гармигунҷоиши хос чӣ гуна аст?

А) Ҷ/кг; В) Ҷ/кг.°С; С) кал/г; Д) кал/°С.

10. Ба ду зарфи якхела, ки яке об ва дигаре равшан доранд, гармои якхела доданд. Миқдори об ва равшан якхела аст. Оё дар сурати ба ҳарду зарф додани гармои якхела ҳароратҳои интиҳории мавҷҳо фарқ мекунанд?

( $C_{об} = 1$  кал/г.°С;  $C_{равш} = 0,47$  кал/г.°С)

А)  $t_{об} > t_{равш}$ ; В)  $t_{об} = t_{равш}$ ; С)  $t_{об} < t_{равш}$ ; Д)  $t_{об} \geq t_{равш}$ .

11. Барои ҳарорати 1 кг обро аз +10 °С то +90 °С зиёд кардан ба он чӣ миқдор гармо додан лозим аст? ( $c_{об} = 1$  кал/г.°С).

А) 5000 кал; В) 6000 кал; С) 8000 кал; Д) 80000 кал.

12. Барои аз ҳарорати 10 °С то 60 °С гарм кардани филизпораи 1-килограмм ба он миқдори гармои 5500 кал доданд. Гармигунҷоиши хоси филизпора чӣ қадар аст?

А) 0,2 кал/г °С; В) 0,6 кал/г °С; С) 0,5 кал/г °С; Д) 0,11 кал/г °С.

13. 200 г оби ҳарораташ 10 °С-ро бо 160 г оби ҳарораташ 100 °С омехтанд. Ҳарорати интиҳории оби омехтара ёбед.

А) 54,4 °С; В) 53,4 °С; С) 41,4 °С; Д) 64,4 °С.

14. 100 л оби ҳарораташ 10 °С-ро бо оби ҳарораташ 60 °С омехтанд. Барои он ки ҳарорати оби омехта 40 °С шавад, миқдори оби гарм ва оби сард бояд чӣ қадарӣ бошад?

А) 60 л; 40 л; В) 80 л; 20 л; С) 70 л; 30 л; Д) 10 л; 90 л.

15. Пӯлодпорае аз баландии 500 м ба рӯи Замин афтид. Агар чунин пиндорем, ки 5% энергияи механикии пӯлодпора ба энергияи дохилӣ табдил меёбад, ҳарорати он ҳангоми ба Замин задан чанд градус (°t) баланд мешавад? ( $c = 500$  Ҷ/кг.°С).

А) 1 °С; В) 0,5 °С; С) 1,5 °С; Д) 6 °С.

## Чанд масъала

1. Ҷисми массааш 2 кг ҳангоми аз баландии 50 м ба Замин афтидан 5% энергияи худро барои бартараф кардани муқовимати ҳаво сарф кард. Агар чунин пиндорем, ки ҳама энергияи талафдодаи ҷисм барои гарм кардани ҷисм сарф шудааст, энергияи дохилии ҷисм чӣ қадар тағйир меёбад? (Ҷавоб:  $\approx 50$  Ҷ)

2. Энергияи дохилии гази хайёлие (гази идеалие), ки аз  $10^{23}$  молекула иборат аст, ҳангоми  $10^\circ\text{C}$  зиёд шудани ҳарораташ чӣ қадар меафзояд? (Ҷавоб:  $\approx 21$  Ҷ).

3. Миқдори гармоеро ёбед, ки ҳангоми аз  $90^\circ\text{C}$  то  $20^\circ\text{C}$  паст шудани ҳарорати 20 кг пӯлод хориҷ мегардад. (Ҷавоб:  $\approx 700$ кҶ).

4. Ҳангоми 1 дақ сойиш додани ду ҷисми пӯлодини массаи ҳар якеаш 200 г ҳарорати онҳо то  $30^\circ\text{C}$  афзуд. Тавони миёнаи амали сойиш доданро ёбед.

5. Пораи сурбё аз баландии 400 м афтид. Агар чунин пиндорем, ки 4% энергияи механикии ин сурбёро ба энергияи дохилиаш табдил ёфтааст, ҳарорати сурбёро то лаҳзаи ба сатҳи Замин расидан чанд градус баланд мешавад? ( $c=140$  Ҷ/кг.  $^\circ\text{C}$ ). (Ҷавоб:  $\approx 1,1^\circ\text{C}$ ).

6. Тир сурбӣ аз мили туфанг бо суръати 200 м/с ҳаст. Агар 84% энергияи кинетикии тир ба энергияи дохилии он табдил ёбад, вай чанд градус гарм мешавад?

7. 300 г рағани ҳарораташ  $80^\circ\text{C}$ -ро бо 100 г рағани ҳарораташ  $20^\circ\text{C}$  омехтанд. Ҳарорати интиҳоиро ёбед. (Ҷавоб :  $65^\circ\text{C}$  ).

8. 100 г оҳани ҳарораташ  $120^\circ\text{C}$ -ро ба 400 г оби ҳарораташ  $20^\circ\text{C}$  андохтанд. Ҳарорати интиҳоиро ёбед. ( $c_{\text{оҳ}} = 0,1$  кал/г.  $^\circ\text{C}$  ;  $c_{\text{об}} = 1$  кал/г.  $^\circ\text{C}$  ). (Ҷавоб:  $22,4^\circ\text{C}$  ).

9. Миқдори гармоеро ёбед, ки он барои ба чӯш овардани 500 г оби  $20^\circ\text{C}$ -градусӣ зарур аст ( $c_{\text{оҳ}}=1$  кал/г.  $^\circ\text{C}$ ). (Ҷавоб: 168 кҶ).

10. Агар пораи 200-гиромии мисини ҳарораташ  $210^\circ\text{C}$  ба зарфи обдори алюминии калориметр, ки массааш 180г ва ҳарораташ  $11^\circ\text{C}$  аст, андохта шавад, ҳарорати интиҳой он чӣ қадар мешавад? Массаи оби калориметрро 800 г гиред.

## БОБИ 4. ВАСЕЪШУДИ ҲАРОРАТИ

### 4.1. Васеъшуди хаттии ҷисмҳои сахт

Биёед, пайдидаҳои аз гармӣ васеъ шудани ҷисмҳоро ба ёд биёрам: сақои пӯлодине, ки аз даруни ҳалқа озодона мегузашт (ниг. "Физика, 7"), баъди гарм кардан аз ҳамон ҳалқа намегузарад (рас.4.1);



Рас.4.1

симҳои телефон, симҳои барқрасони сари симчӯбҳо тобистон ҳалта зада, зимистон кашада (таранг) мешаванд (рас.4.2 ва 4.3) ва ғ.

Сабаби чунин рӯйдодҳо ба ҳарорат бастагӣ доштани андозаи ҷисмҳо мебошад. Вобаста ба ҳарорат молекулаҳои ҷисм нисбат ба ҳамдигар мавқеъи муъайян ишғол мекунанд ва бо суръати мувофиқ ба ҳарорат бефосила ҷунбучул мекунанд (меҷунбанд). Чӣ қадаре ки ҳарорат зиёд бошад, суръати миёнаи ҳаракати молекулаҳо ва масофаи байни онҳо ҳамон қадар зиёд мешавад. Ҳамин



Рас.4.2



Рас.4.3

аст сабаби зиёд шудани андозаи ҷисмҳо бо афзоиши ҳарорат.

**Зиёд шудани андозаи хаттии ҷисмҳои сахтро қангоми афзудани ҳарорати онҳо васеъшуд (васеъшавӣ)-и хаттии ҳароратӣ мегӯянд.**

Хуб, васеъшуди хаттии ҳароратӣ ба кадом бузургӣҳо бастагӣ дорад?

Дар таҷриба муқаррар шудааст, ки бузургии баробар ба нисбати дарозии афзудаи ҷисм  $\Delta l$  бар дарозии аввалаи он  $l_0$  ба бузургии афзоиши ҳарорат  $\Delta t$  мутаносиб аст:

$$\frac{\Delta \ell}{\ell} = \beta \Delta t. \quad (1)$$

Дар ин ҷо  $\beta$  зариб (коэффициент)-и васеъшудии хаттии ҷисм аст ва он ба хосиятҳои моддаи ҷисм вобастагӣ дорад. Ҳамин тавр, агар ҷисмро гарм карда, ҳарорати онро ба қадри  $\Delta t$  афзоиш диҳем, дарозии он ин қадар меафзояд:

$$\Delta \ell = \beta \ell \Delta t. \quad (2)$$

Ҷадв.4.1

Модда	Зариби васеъшудии хаттӣ, 1/град	Модда	Зариби васеъшудии хаттӣ, 1/град
Сурб	0,000029	Бетон	0,000012
Алумин	0,000025	Шиша	0,000009
Нукра	0,000019	Пластик	0,000009
Биринҷӣ (латун)	0,000018	Шишаи кварсӣ	0,000005
Мис	0,000017	Чӯб	0,000010
Оҳан	0,000012		
Пӯлод	0,000009		

Зариби васеъшудии хаттии ҷисмҳо ададан ба он гуна бузургии афзоиши дарозии ҷисм баробар аст, ки онро ҷисми дарозиаш 1 воҳид ҳангоми ба қадри як градус гарм кардан соҳиб мешавад. Ченаки  $\beta$  1/град (1/°C) аст. Зариби васеъшудии хаттӣ барои моддаҳои гуногун дар ҷад. 4.1. оварда шудааст.

Зариби васеъшудии хаттӣ ба ҳарорат вобастагии суст дорад. Аз ин рӯ дар соҳаи тағйироти наҷандон зиёди ҳарорат онро ба эътибор нагирифтани мумкин аст.

**Масъалаи 1.** Симҳои мисини дарозашон 1м ва 2м-ро аз ҳарорати 20 °С то 120 °С гарм карданд. Онҳо чӣ қадарӣ дароз мешаванд (рас.4.4) ?

Ҳал: Қимати зарифи васеъшудӣ мисро аз ҷадвали 4.1 гирифта ( $\alpha = 0,000017 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ), дар асоси формулаи

<b>Додаҳо:</b>	
$l_1 = 1 \text{ м,}$	
$l_2 = 2 \text{ м,}$	
$t_1 = 20 \text{ } ^\circ\text{C,}$	
$t_2 = 120 \text{ } ^\circ\text{C}$	
$\Delta l_1 = ?$	$\Delta l_2 = ?$

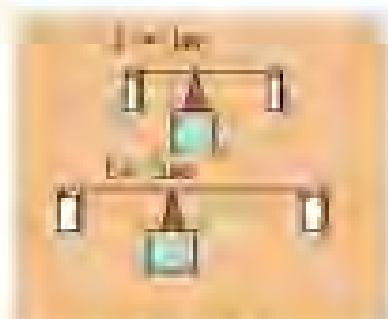
$$\Delta l = \beta l \Delta t$$

қимати  $\Delta l$ -ро барои мипаҳри  $l_1 = 1 \text{ м}$  ва  $l_2 = 2 \text{ м}$  мавҷем:

$$1) \Delta l_1 = 0,0017 \text{ м} = 1,7 \text{ мм;}$$

$$2) \Delta l_2 = 0,0034 \text{ м} = 3,4 \text{ мм}$$

Ҳамин тавр, дар маъриди яқхела будани афзоиши ҳарорат мипаи 2-метра нисбат ба мипаи 1-метра ду бор зиёдтар дароз мешавад.



Рас. 4.4

**Масъалаи 2.** Дарозии сими алюминии сари симҷӯбҳо тобистон (ҳарорати сим 50 °С) нисбат ба зимистон (ҳарорати сим 0 °С) 0,25м зиёд мешавад. Дарозии умумии симро барои рӯзҳои зимистон ва тобистон ёбед ( $\beta = 0,000025 \text{ град}^{-1}$ ).

<b>Додаҳо:</b>	
$t_1 = 50 \text{ } ^\circ\text{C,}$	
$\beta = 0,000025 \text{ град}^{-1}$	
$t_2 = 0 \text{ } ^\circ\text{C,}$	
$\Delta l = 0,25 \text{ м}$	
$l_0 = ?$	

Ҳал: Аз формулаи  $\Delta l = \beta l_0 \Delta t$   $l_0$ -ро ёфта, ҳосил мекунем:

$$l_0 = \Delta l / \beta \Delta t = 0,25 / (0,000025 \cdot 50) = 200 \text{ м}$$

Барои тобистон:

$$l_0 + \Delta l = 200,25 \text{ м}$$

**Масъалаи 3.** Дарозии хаткашаки оҳаннини ҳарораташ 0 °С 100 см аст. Агар ҳарорат -15 °С шавад, хаткашак чӣ қадар кӯтоҳ мешавад? агар 40 °С баланд шавад чӣ? ( $\beta = 0,000012 \text{ град}^{-1}$ ).

**Додаҳо:**  
 $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  
 $l_0 = 100\text{ см}$ ,  
 $t = -15\text{ }^\circ\text{C}$ ,  
 $l_1 = 40\text{ }^\circ\text{C}$   
 $l = ?$ ,  $l_1 = ?$

**Ҳал:** Биёвд бо  $l_0$  дарозии ҷадвалро дар ҳарорати  $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$  ва тағйироти дарозии ҷадвал  $(l - l_0)$ -ро гоҳи тағйир ёфтани ҳарорат  $\Delta t = t - t_0 = t$  бо  $\Delta l$  ишорат кунем. Дар ин ҷо  $l$  дарозии ҳақиқӣ барои ҳарорати  $t$  аст. Қимати  $\Delta l$  ва  $\Delta t$ -ро ба формулаи (2) гузошта, ҳосил мекунем:

$$l - l_0 = \beta l_0 t$$

ё ин ки

$$l = l_0(1 + \beta t).$$

Додаҳоро гузошта, ҳосил мекунем:

а)  $l = l_0(1 - 0,00012 \cdot 15) = 100(1 - 0,00018)\text{ см} = 99,98\text{ см}$ ;

б)  $l_1 = 100(1 + 0,00048)\text{ см} = 100,048\text{ см}$ .

Ҳамин тавр, ҳангоми чен кардани андозаи ҷисмҳо вазъи ҳарорати ҳақиқӣ ҷисмҳо ба назар гирифтани мебо-  
яд.

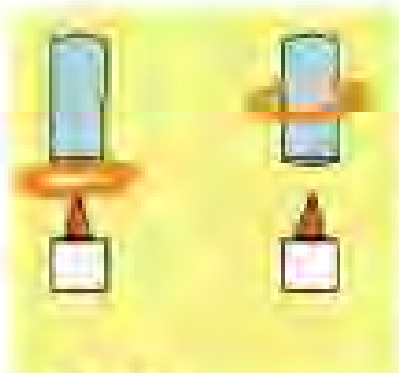


Рис.4.5

**Масъалаи 4.** Ҳалқаи оҳаниро дар сари

миллаи оҳанин кашидан зарур омад. Агар қутри милла  $6,033\text{ см}$  ва қутри дохилии ҳалқа  $6,000\text{ см}$  бошанд, ҳалқаро то кадом ҳарорат гарм кардан мебошад, то ки он озодона дар сари милла кашавад? ( $\beta = 0,00012\text{ } 1/^\circ\text{C}$ ).

**Додаҳо:**  
 $\Delta l = 6,033\text{ см}$ ,  
 $\Delta l = 6,000\text{ см}$   
 $\Delta t = ?$

**Ҳал:** Қутри сӯроҳии ҳалқа бо афзоиши ҳарорат ба таври ҳаттӣ меафзояд. Бино бар ин дар асоси формулаи (2) ҳосил мекунем:

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{\beta l_0} = \frac{6,033 - 6,000}{0,00012 \cdot 6} = 458,3\text{ }^\circ\text{C}$$

яъне ҳалқаро камаш то ҳарорати  $458,3\text{ }^\circ\text{C}$  гарм кардан мебошад.



1. Вазъи ҳарорати ҳаттӣ чист?
2. Формулаи ифодакунандаи дарозшудани нисбиро шарҳ диҳед.
3. Оё афзоиши дарозии ҷисми гармкардани ба дарозии ибтидоии ҷисм вобастагӣ дорад?

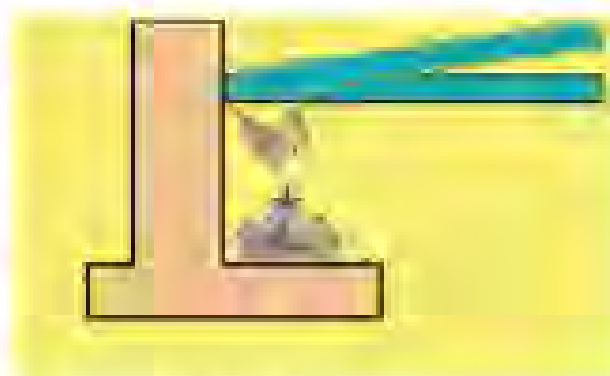
## Машқ

1. Найчаи латуни ҳарораташ  $20^{\circ}\text{C}$  2м дароз буд. Вақте ки найчаро то ҳарорати  $100^{\circ}\text{C}$  гарм карданд, дарозии он 3.2 мм зиёд шуд. Зариби васеъшудӣ хаттии найча чӣ қадар аст? (Ҷавоб:  $-2 \cdot 10^{-6}$ )

2. Дарозии хаткшакҳои алюминӣ ва пӯлодин дар ҳарорати  $0^{\circ}\text{C}$  мувофиқан 159 см ва 160 см буд. Дар кадом ҳарорат дарозии ҳар ду сим якхела мешавад? (Ҷавоб:  $770^{\circ}\text{C}$ ).

## 4.2. Лавҳаҳои дуфилизи (биметалӣ)

Дар маъриди гарм кардани ҷисми саҳти якҷинса агар ҳама қисмҳои ҷисм як хел гарм шаванд, он қисмҳо як хел васеъ мешаванд ва ҷисм шакли худро нигоҳ медорад. Вале агар қисмҳои ҷисм нобаробар гарм шаванд, онҳо ҷисм метавонад ин ё он сӯ каҷ шаванд. Мисли он ки найчаи шишагине, ки як сараш маҳкам аст, гоҳи гарм кардан каҷ мешавад (рас. 4.6). Сабаб ин аст, ки поёни шиша нисбат ба болои он бештар дароз мешавад.



Рас.4.6

Васеъшудӣ хаттии моддаҳо гуногун аст. Хосияти ҷарҳела будани зариби васеъшудӣ хаттии маводи гуногун дар санҷиши ҳарорат ва "идора" кардани он истифода мешавад. Ду тасмаи филизии якхеланеро, ки аз филизоти гуногун бурида, рӯйҳам часпонда шудаанд (рас.4.7), барои чен кардани ҳарорат ё барои нисом додани кори олатҳои ҳароратӣ истифода кардан мумкин аст. Ин гуна лавҳаҳоро *лавҳаҳои ду-*



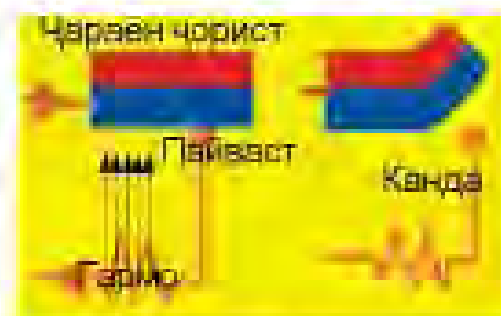
Рас.4.7

*филизи* меноманд. Истифодаи

лавҳаҳои дуфилизи бар он асос ёфтааст, ки ҳар яке аз ду "варақи" он гоҳи то ҳамон як ҳарорат гарм шудан ба дараҷаи гуногун меёзад ва вобаста ба он ки кадом варақ бештар дароз шудааст, лавҳа ин ё он сӯ ҳам (каҷ) мешавад. Мисоли ҳароратсанҷи дуфилизи дар рас.4.8 тасвир шудааст. Ҷузъи асосии ин ҳароратсанҷро лавҳаи дуфилизи ташкил медиҳад, ки як нӯги он маҳкам аст ва нӯги дигараш бо ақрабақ пайваст мебошад. Ин ақрабақ ҳангоми гарму сард шудани ҳарорат тағйироти онро нишон медиҳад.

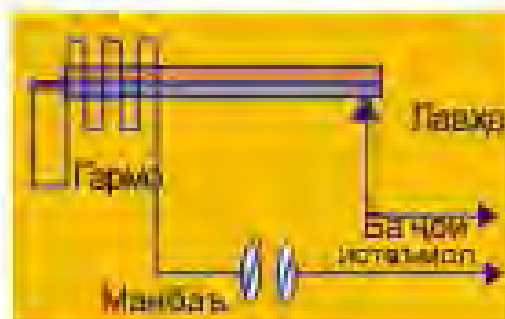


Рас.4.8



Рас.4.9

Дар рас.4.9 тарҳи содашудаи гармореле тасвир ёфтааст. Ҷузъи асосии гарморелеро низ лавҳаи дуфилизи ташкил медиҳад; ин лавҳа вазифадор аст, ки гоҳи аз ҳадди муъайян зиёд шудани ҳарорати муҳит ҳарорати барқро қатъ гардонад ва гоҳи паст шудани ҳарорат олатҳои гармоишро ба манбаъи барқ пайвандад.



Рас.4.10



1. Сабаб чист, ки ҳисси ҳангоми нобаробар гарм шудани қисмҳои шакли худро тағйир медиҳад?
2. Лавҳаи дуфилизи чист?
3. Сохти ҳароратсанҷи дуфилизи ва гарморелеро шарҳ диҳед.

#### Супориш:

Дар рас.4.10 сохти гармореле тасвир шудааст. Тарзи кори онро шарҳ диҳед.



### 4.3. Васеъшуди хароратии ҳаҷми ҷисмҳои сахт

Дар васеъшуди ҳароратӣ бо зиёд шудани андозаи ҳаттии ҷисмҳои сахт ҳаҷми онҳо низ меафзояд. Тағйироти ҳаҷми ҷисмҳо бо формулаи

$$\Delta V = \gamma V \Delta t$$

ифода карда мешавад. Дар ин ҷо  $\Delta V$  тағйироти ҳаҷм аст;  $\gamma$ —зариби васеъшуди ҳаҷмӣ,  $V$ —ҳаҷми ибтидоӣ ва  $\Delta t$ —тағйироти ҳарорат. Барои ҷисмҳои сахте, ки дар ҳама самтҳо хосиятҳои якхела зоҳир мекунанд, зариби васеъшуди ҳаҷмӣ  $\gamma$  ададан ба бузургии сенандани зариби васеъшуди ҳаттӣ баробар аст:

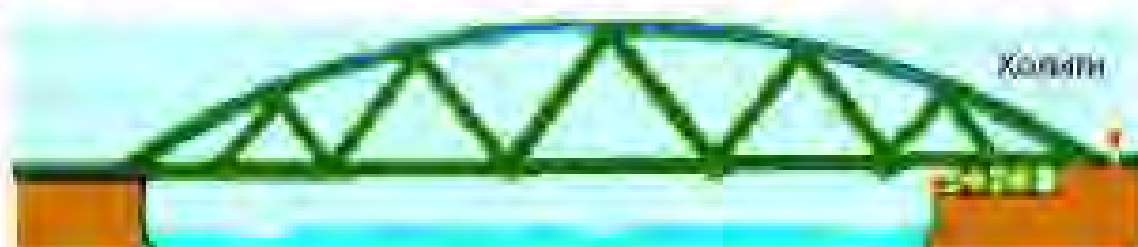
$$\gamma = 3\beta.$$

Бино бар ин вобастагии тағйироти ҳаҷми ҷисмҳо ба ҳарорат ин тавр ифода карда мешавад:

$$\Delta V = 3\beta V \Delta t.$$

Таҷриба нишон медиҳад, ки барои ёзиш додан (дароз кардан)-и ҷисми сахт ба он бо қувваи зиёди беруна таъсир расонидан мебояд. Масалан, барои ёзиш додани милаи пӯподини буриши арзиаш  $1 \text{ см}^2$  ба қадри  $0,0005 \text{ г}$ , ба он бо қувваи  $10000 \text{ Н}$  таъсир расонидан лозим меояд. Аммо барои ҳамон қадар васеъ кардани ҷисм онро то ҳарорати  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  гарм кардан зарур аст. Аз тарафи дигар, мила ҳангоми гарм кардан ба ҷисми ба он чафс гузошташудаи дигар метавонад то  $100 \text{ кПа}$  фишор оварад.

Васеъшуди ҷисмҳои сахт дар сохтмони иншооти техникӣ ба ҳисоб гирифта мешавад. Масалан, як тарафи пул (күпрук) дар рӯи чархакҳои махсус дар ҳоли озод гузошта мешавад (рас.4.11), то ки он ҳангоми гарму сард шудани ҳаво дарозу

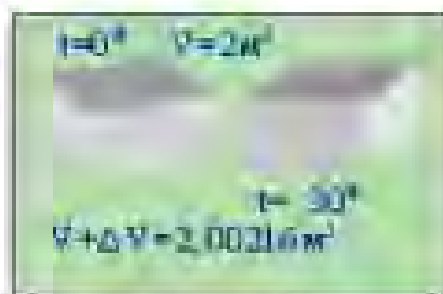


Рас. 4.11

кӯтоҳ шуда тавонад. Релсҳои роҳи оҳанро тавре меҳобонанд, ки фосилаи байни нӯгҳои ҳар қитъа камобеш ҳалӣ бошад. Ин гуна мисолҳо бисёранд.

Яке аз моддаҳое, ки зарифи васеъшудӣ хаттии ҳеле кам ( $\beta = 0,0000051/^\circ\text{C}$ ) дорад, шишаи кварсӣ аст. Чунин шиша аз гарм карданҳои сард карданҳо кам осеб мебинад.

Масалан, агар ба рӯи зарфи тафсони кварсӣ оби сард резад ҳам, он намешиканад, ҳол он ки шишаи муқаррарӣ ин гуна камбудӣ дорад.



Рас. 4.12

**Як мисол.** Ҳаҷми тахтасанги бетонӣ ҳангоми  $0^\circ\text{C}$  будани ҳарорат  $2\text{ м}^3$  аст (рас.4.12). Агар ҳарорати тахтасанг то  $30^\circ\text{C}$  зиёд шавад, ҳаҷми он чӣ қадар меафзояд?

Ҳал: Васеъшудӣ ҳаҷми бетон

$$\Delta V = \beta V \Delta t$$

мебошад Азбаски  $\beta = 3\beta$  аст, бино бар ин

$$\Delta V = 3\beta V \Delta t = 0,000036 \cdot 2 \cdot 30\text{ м}^3 = 0,00216\text{ м}^3 = 21600\text{ см}^3.$$

**Додаҳо:**

$V = 2\text{ м}^3,$   
 $t_1 = 0^\circ\text{C}$   
 $t_2 = 30^\circ\text{C}$   
 $\beta = 0,000012\text{ 1/}^\circ\text{C}$   
 $\Delta V = ?$

**Як мисоли дигар.** Зарфи оҳанини ҳаҷмаш  $100\text{ л}$  аз ҳарорати  $10^\circ\text{C}$  то  $50^\circ\text{C}$  бо таъсири нури офтоб гарм шуд. Ҳаҷми зарф чӣ қадар меафзояд? ( $\beta = 0,000012\text{ 1/}^\circ\text{C}$ )

Ҳал: Васеъшудӣ ҳаҷми зарфро ин тавр меёбем (рас.4.13)

$$\Delta V = \beta V \Delta t = 3 \cdot 0,000012 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 100\text{ л} \cdot 40^\circ\text{C} = 0,144\text{ л}.$$

**Додаҳо:**

$t_1 = 10^\circ\text{C}$   
 $t_2 = 50^\circ\text{C}$   
 $V = 100\text{ л}.$   
 $\Delta V = ?$



1. Зарифи васеъшудӣ ҳаҷмӣ аз зарифи васеъшудӣ хаттӣ чӣ фарқ дорад?
2. Чаро дар байни релсҳои роҳи оҳан ва м.ин. фосилаҳои ҳалӣ мавҷуданд?
3. Чаро зарфи шишагӣ ҳангоми бо зудӣ гарму сард кардан мешиканад, аммо зарфи кварсӣ намешиканад?



Рас. 4.13

## Машқ

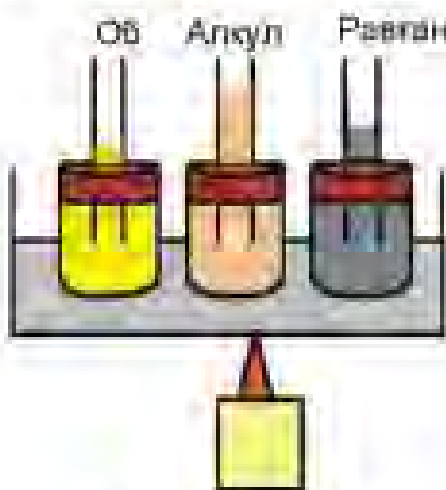
1. Тунукаи пӯлодини росткунҷашакли масоҳаташ  $4 \text{ м}^2$  ва ҳарораташ  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  -ро то ҳарорати  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  гарм мекунанд. Масоҳати он чӣ қадар тағйир меёбад? (Ҷавоб:  $288 \text{ см}^2$ ).

2. Ҳаҷми бетон дар ҳарорати  $0 \text{ }^\circ\text{C}$   $10 \text{ м}^3$  аст. Ҳангоми то ҳарорати  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  гарм кардани бетон ҳаҷми он чӣ қадар тағйир меёбад? (Ҷавоб:  $108000 \text{ см}^3$ ).

## 4.4. Васеъшудии ҳаҷмии моеъҳо

Ба сабаби он ки моеъҳо ва газҳо шакли худро нигоҳ дошта

наметавонанд, барои онҳо васеъшудии ҳаттӣ маънӣ надорад. Санҷиш нишон мидиҳад, ки дар сурати кам будани тағйироти ҳаҷм  $\Delta V$  (яъне кам будани  $\Delta V$  нисбат ба ҳаҷми аъвала  $V$ ) таъносиби



Рас.4.14

$$V = \alpha V \Delta t$$

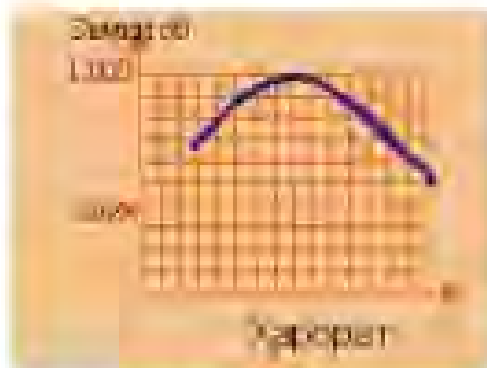
барои моеъҳо низ дуруст аст. Вале зарифи васеъшудии ҳаҷмӣ  $\alpha$  барои моеъҳо нисбат ба ҷисмҳои сахт хеле зиёд мебошад. Моеъҳои гуногун

вобаста ба хосияти сохти молекулии атомҳои он ҳар хел васеъ мешаванд. Масалан, агар ҳаҷмҳои якхелаи об, глицерин (равған) ва алкул (спирт)-ро то ҳарорати муъайян гарм кунем, мебинем, ки ҳаҷми об аз ҳама кам, вале алкул аз ҳама зиёд тағйир меёбад (рас. 4.14). Зарифи васеъшудии ҳаҷмӣ барои баъзе моеъҳо дар ҷадв.4.2 оварда шудааст.

Ҷадв. 4.2

Модда	$\alpha$ ( $1/^\circ\text{C}$ )	Модда	$\alpha$ ( $1/^\circ\text{C}$ )
Эфир	0,00166	Бензин	0,00095
Алкули этил	0,0011	Глицерин	0,0005
Карасин	0,001	Об	0,00021
Равған	0,00072	Турушиаи сулфат	0,00056

Аксари мавҷҳо ҳангоми афзудани ҳарорат нисбатан муназзамона васеъ мешаванд. Вале об хосиятҳои гайриодӣ дорад. Дар соҳаи байни  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  то  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  гоҳи гарм кардан ҳаҷми об бо афзоиши ҳарорат кам мешавад. Баъд дар ҳароратҳои беш аз  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  вобастагии ҳаҷми об ба ҳарорат рафтори муқаррарӣ мегирад. Об зичии зиёдтаринро дар ҳарорати қариб  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  соҳиб мешавад (рас.4.15). Ба ҳамин сабаб дар кӯлҳо ва ҳавзҳо танҳо сатҳи болоии об ях мебандад.



Рас. 4.15

**Масъалаи 1.** Ҳаҷми карасин ҳангоми гарм кардан  $\Delta V = 20\text{ см}^3$  афзуд (рас.4.16). Миқдори гармои сарфшударо ёбед ( $\rho_s = 0.8\text{ г/см}^3$ ).

**Додаҳо:**  
 $\Delta V = 20\text{ см}^3$ ,  
 $\rho = 0.8\text{ г/см}^3$   
 $Q = ?$

**Ҳал:** Миқдори гармои сарфшуда

$$Q = c_s m \Delta t$$

мебошад. Дар ин ҷо  $c_s$  гармогунҷоиши хоси карасин аст,  $m$  – массаи карасин

ва  $\Delta t$  – афзоиши ҳарорат. Азбаски

$$\Delta V = \theta V \Delta t$$

аст, бинобар ин

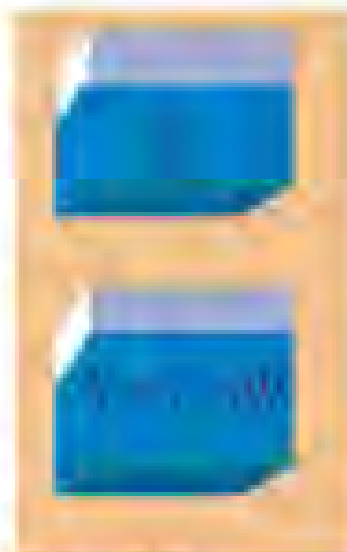
$$\Delta t = \Delta V / \theta V$$

мешавад. Ҳамин тавр ҳосил мекунем:

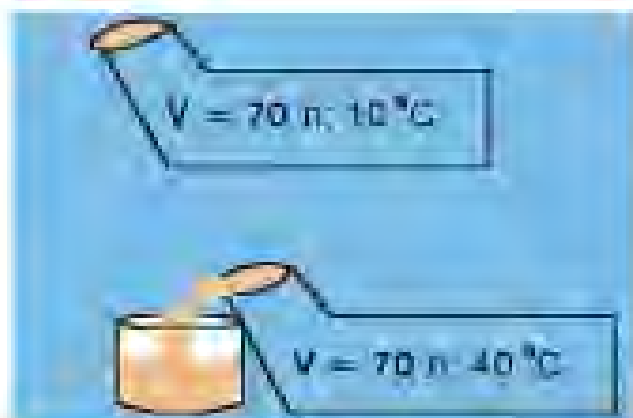
$$Q = \frac{c_s m \Delta V}{V \theta} = \frac{c_s \rho_s \Delta V}{\theta}$$

Бузургии гармогунҷоиши хоси карасин  $c_s$  ва зарфи васеъшудани он  $\theta$  – ро аз ҷадвалҳои 3.2 (саҳ.53) ва 4.1 (саҳ.68) гирифта, меёбем:

$$Q = 33.6\text{ Ҷ}$$



Рас. 4.16



Рас. 4.17

**Масъалаи 2.** Зарфи ҳаҷмаш 70л лабрэзи карасини ҳарораташ 10 °С аст (рас.4.17). Бо таъсири шуоъҳои Офтоб карасин то ҳарорати 40 °С гарм шуд. Чанд литр карасин аз зарф берун мерезад?

**Додаҳо:**  
 $V = 70$  л,  
 $t_1 = 10^\circ\text{C}$ ,  
 $t_2 = 40^\circ\text{C}$   
 $\Delta V = ?$

Ҳал: Ҳангоми аз ҳарорати 10 °С то 40 °С гарм шудан, ҳаҷми карасин ба қадри

$$\Delta V = \theta V \Delta t$$

меафзояд. Қимати  $\theta$ -ро барои карасин аз ҷадвали 4.2 гирифта, ҳосил мекунем:

$$\Delta V = 0,001, 70 \text{ л}, 30^\circ\text{C} = 2,1 \text{ л}.$$



1. Сабаби вобаста ба ҳарорат бештар афзудани ҳаҷми моеъҳо нисбат ба ҳаҷми ҷисмҳои сахт дар чист?
2. Вобастагии ҳаҷми об ба ҳарорат дар соҳаи ҳароратҳои 0 °С то 4 °С ва баъд аз 4 °С чӣ гуна рафтор дорад?

#### Машқ

1. Ҳаҷми бензин ҳангоми гарм кардан 40 см<sup>3</sup> афзуд. Миқдори гармон сарфшударо ёбед ( $\rho_b = 0,71 \text{ г/см}^3$ ).
2. 100 см<sup>3</sup> оби ҳарораташ 10 °С бо таъсири шуоъҳои Офтоб то ҳарорати 40°С гарм шуд. Ҳаҷми об чӣ қадар зиёд шудааст?

### 4.5. Вобастагии ҳаҷми газ ба ҳарорат

Ҳаҷми газ низ (монанди ҳаҷми моеъ ва ҷисми сахт) ба ҳарорат бастагии дорад ва он бо афзоиши ҳарорат меафзояд. Олими фаронсаӣ Гей-Луссак (1778-1850) вобастагии ҳаҷми газро ба ҳарорат бевосита дар таҷриба омӯхта, муқаррар кардааст, ки ҳангоми дойимӣ будани фишори газҳо  $P$  зарифи васеъшудани ҳаҷми газҳо қимати

$$\alpha = 1 / 273 \text{ }^\circ\text{C} \approx 0,0036 \text{ 1/}^\circ\text{C}$$

дорад. Ва тағйироти ҳаҷми газ  $\Delta V$  бо тағйироти ҳарорат



Рас. 4.18



Рас. 4.19

$\Delta V$  дар маъриди дойимӣ будани фишор чунин бастагӣ дорад (рас.4.18):

$$\Delta V = \alpha V_0 \Delta t, \quad (1)$$

яъне тағйироти ҳаҷми газ ба тағйироти ҳарорат мутаносиб аст. Ин қонунро қонуни Гей–Луссак меноманд. Бинобар, ҳаҷми газро дар ҳарорати  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$  бо  $V_0$  ва дар ҳарорати  $t$  бо  $V_t$  ишорат карда ( $\Delta V = V_t - V_0$ ), формулаи (1)-ро ба шакли зер навишем:

$$V_t - V_0 = \alpha V_0 t \quad (2)$$

ё ин ки

$$V_t = V_0(1 + \alpha t). \quad (3)$$

Формулаи (2) вобастагии ҳаҷми газ  $V_t$ -ро ба ҳарорат дар сурати бо градусҳои миқёс (шкала)-и Селсий овардани  $t$  ифода мекунад. Дар рас.4.19 нигоҳа (график)-и вобастагии ҳаҷми газ ба ҳарорат тасвир офтааст.

Ҳамин тавр, ҳангоми бо  $^\circ\text{C}$  ифода кардани ҳарорат ҳаҷм дар ҳарорати  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$  сифрӣ нест, вале дар маъриди бо миқёси Келвин ифода кардани ҳарорат ( $T = t + 273$ ) ҳаҷми газ ба ҳарорати мутлақ  $T$  мутаносиб аст. Дар ҳақиқат, дар формулаи (2) 1-ро ба  $t = T - 273$  иваз карда, ҳосил мекунем:

$$V_t = \alpha V_0 T \quad (4)$$

**Масъалаи 1.** Газ ҳаҷмаш 5 л-ро дар фишори дойимӣ аз  $0\text{ }^\circ\text{C}$  то  $100\text{ }^\circ\text{C}$  гарм карданд. Ҳаҷми он чӣ қадар мешавад?

*Додаҳо:*

$$\begin{aligned} V_0 &= 5 \text{ л}, \\ t_1 &= 0\text{ }^\circ\text{C}, \\ t_2 &= 100\text{ }^\circ\text{C}, \\ \alpha &= 0,0036 \text{ } 1/^\circ\text{C} \\ V &= ? \end{aligned}$$

*Ҳал:* Аз шартҳои масъала маълумати  $V_0$ ,  $t_1$  ва  $t_2$  -ро меёвонем. Онҳоро ба формулаи

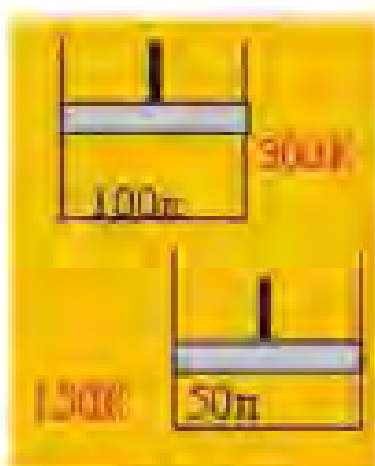
$$V = V_0(1 + \alpha t_2)$$

гузошта, ҳосил мекунем:

$$V = 5 \text{ л} (1 + 0,0036 \cdot 100) = 5 (1,36) \text{ л} = 6,8 \text{ л}.$$

**Масъалаи 2.** Зарф дар ҳарорати  $27\text{ }^\circ\text{C}$   $100\text{ л}$  ҳаво дорад. Ҳарорати мутлақоро ёбед, ки дар он ҳаҷми газ то ба  $50\text{ л}$  дар фишори доимӣ фишурда мешавад.

**Додаҳо:**  
 $T_1 = 273 + 27 = 300\text{K}$ ,  
 $V_1 = 100\text{л}$ ,  
 $V_2 = 50\text{л}$   
 $T_2 = ?$



Рас. 4. 20

Ҳал: Ҳаҷми ҳаво дар ҳарорати  $T_1$

$$V_1 = V_0 \alpha T_1$$

ва дар ҳарорати  $T_2$

$$V_2 = V_0 \alpha T_2$$

аст.  $V_2$  - ро ба  $V_1$  тақсим мекунем;

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_0 \alpha T_2}{V_0 \alpha T_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

ба ин ҳулоса мекорем:

$$T_2 = \frac{T_1 V_2}{V_1} = 150\text{K}$$

**Масъалаи 3.** Ҳаҷми газ дар пуфак дар ҳарорати  $7\text{ }^\circ\text{C}$   $3\text{ л}$  аст. Ҳангоми  $-73\text{ }^\circ\text{C}$  будани ҳарорат дар фишори доимӣ ҳаҷми газ чӣ қадар мешавад?

**Додаҳо:**  
 $T_1 = 273 + 7 = 280\text{ K}$ ,  
 $T_2 = 273 - 73 = 200\text{K}$ ,  
 $V_1 = 3,0\text{ л}$   
 $V_2 = ?$

Ҳал: Ҳаҷми пуфак дар ҳарорати  $T_1$

$$V_1 = \alpha V_0 T_1$$

ва дар ҳарорати  $T_2$

$$V_2 = \alpha V_0 T_2$$

аст. Пас,

$$V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1} = 2,14\text{ л аст (рас.4.21).$$

$V = 3\text{ л}$   
 $7\text{ }^\circ\text{C}$

$V = 2,14\text{ л}$   
 $-73\text{ }^\circ\text{C}$



Рас. 4. 21

1. Зариби васеъшудӣ ҳаҷми газҳон гуногун чист? Шарҳ чӣ гуна аст?
2. Ҳаҷми газро вобаста ба ҳарорат дар миқёс (шкала)-и Селсий чӣ тавр ифода мекунанд? дар миқёси Келвин чӣ?

## Машқ

1. Ҳангоми 30 К гарм кардани ҳаво дар фишори доимӣ ҳаҷми он 10 % зиёд шуд. Ҳарорати аввалии ҳаво чӣ қадар будааст? (Ҷавоб: 300 К).

2. Дар ҳарорати 273 °С ҳаҷми газ 100 л аст. Ҳамон газ дар ҳарорати 819 °С ҳангоми доимӣ мондани фишор чӣ қадар ҳаҷмро ишғол мекунад? (Ҷавоб: 200 л).

### 4.6. Вобастагии фишори газ ба тағйироти ҳарорат

Дар мавриди доимӣ будани ҳаҷми газ фишори он вобаста ба тағйироти ҳарорат тағйир меёбад. Ин фишор бо афзудани ҳарорати газ меафзояд. Хотирнишон мекунем (ниг. "Физика, 7"), ки афзоиши фишор вобаста ба ҳарорат бо афзоиши энергияи кинетикӣ (суръат)-и молекулаҳо алоқаманд мебошад. Ҳангоми доимӣ мондани ҳаҷми газ тағйироти фишор  $\Delta P$  ба тағйироти ҳарорат  $\Delta t$  ва фишори аввала  $P_0$  мутаносиб аст:

$$\Delta P = \alpha P_0 \Delta t . \quad (1)$$

Дар ин ҷо  $\alpha$  зариф (коэффисент)-и ҳароратии афзоиши фишор мебошад. Санҷиш нишон дод, ки  $\alpha$  барои ҳамаи газҳо

$$\alpha = 1/273 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 0,0036 \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

аст. Ҳамбастагии фишор бо ҳароратро олими фаронсавӣ Ҷ.Шарл с.1787 муқаррар кардааст. Агар ҳарорати ибтидоии газро  $t = 0$ , фишори онро  $P_0$  гўем, он гоҳ тағйироти фишор  $\Delta P = P_t - P_0$ -ро алоқамандона бо тағйироти ҳарорат  $\Delta t = t - t_0 = t$  метавонем ба шакли зэйл нависем:

$$P_t - P_0 = \alpha P_0 t \quad (2)$$

ё ин ки

$$P_t = P_0 (1 + \alpha t) . \quad (3)$$

Дар ин ҷо  $P_t$  фишори газ дар мавриди  $t$  будани ҳарорати он аст. Формулаи (3) вобастагии фишорро ба ҳарорат дар мавриди бо градусҳои Селсий (°С) овардани  $t$  ифода мекунад.

Нигора (график)-и ҳамбастагии фишор бо ҳарорат (бо градусҳои Селсий °С) ҳангоми доимӣ мондани ҳаҷм дар рас.4.22 тасвир шудааст.

Дар мавриди бо миқёси Келвин ифода шудани ҳарорат дар





Рис.4.22



Рис.4.23

формулаи (3)  $t = T - 273$  гузошта, ҳосил мекунем:

$$P = \alpha P_0 T. \quad (4)$$

Нигораи вобастагии фишори газ ба ҳарорат барои мавриди дойимӣ будани ҳаҷм дар рис.4.23 оварда шудааст.

Ҳамин тавр, рафтори фишор ва ҳаҷми газ ба ҳарорат ба ҳамдигар монанд мешавад. Қонунҳои Гей-Люссак ва Шарп хосиятҳои газҳоро ифода мекунанд.

**Масъала.** Фишори газ дар ҳарорати  $27^\circ\text{C}$  ба 5 атм баробар аст. Фишори ҳамон газро барои ҳарорати  $127^\circ\text{C}$  ёбад (ҳаҷми газро дойимӣ пиндоред).

Додаҳо:  
 $T_1 = 300\text{ K}$   
 $P_1 = 5\text{ атм,}$   
 $T_2 = 400\text{ K}$   
 $P_2 = ?$

Ҳал: Фишори газ дар ҳарорати  $T_1$

$$P_1 = \alpha P_0 T_1$$

асту дар ҳарорати  $T_2$

$$P_2 = \alpha P_0 T_2.$$

$P_2$ -ро ба  $P_1$  тақсим мекунем:

$$P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{5\text{ атм} \cdot 400\text{ K}}{300\text{ K}} = 6,66\text{ атм.}$$



1. Тағйироти фишор ба чӣ гуна бузургиро бастанд дорад?
2. Фишори газ ба ҳарорати Селсий чӣ гуна алоқамандӣ дорад?
3. Фишори газ ба ҳарорати мутлақ чӣ тавр вобаста аст?

Машқ

1. Дар ҳарорати  $0^\circ\text{C}$  фишорро 0,85 атм пиндошта, нигораи вобастагии фишори газро ба ҳарорат дар мавриди аз  $0^\circ\text{C}$  то  $100^\circ\text{C}$  гарм шудани он созад.

2. Агар фишори газ дар ҳарорати  $0^\circ\text{C}$  ба 0,9 атм баробар бошад, дар ҳарорати  $136,3^\circ\text{C}$  чӣ қадар мешавад? (Ҷавоб: 1,35 атм).

#### 4.7. Вобастагии фишори газ ба ҳаҷми он

Ҳолати газро дар ҳамбастагӣ бо бузургии фишор, ҳаҷм ва ҳарорат ифода мекунанд.

Дар бандҳои 4.5 ва 4.6 вобастагии ҳаҷми газ ба ҳарорат ҳангоми дойимӣ будани фишор ва вобастагии фишор ба ҳарорат дар мавриди дойимӣ будани ҳаҷм муойина гардид.

Фарояндҳоро, ки ҳангоми дойимӣ мондани фишори газ рӯй медиҳанд, фарояндҳои **изобарӣ** мегӯянд.

Рӯйдодро, ки дар он ҳаҷми газ собит мемонад, фароянди **изохорӣ** номидаанд.

Фароянде, ки дар он ҳарорати газ собит мемонад, фароянди **изотермӣ** ном гирифтааст.

Олими англис Р.Бойл (1627-91) ва олими фаронсавӣ Мариотт (1620-84) вобастагии фишори газро ба ҳаҷм бевосита дар таҷриба омӯхта, новобаста аз яқдигар дарёфтанд, ки дар мавриди дойимӣ будани ҳарорати газ  $T$  фишори он ба ҳаҷми ишғолкардааш мутаносиби чаппа мебошад:

$$P = \frac{\text{const}}{V}. \quad (1)$$

Бигзор, дар мавриди собит будани ҳарорати як миқдор газ фишори он  $P_1$  бошад ҳаҷми он  $V_1$  ва дар мавриди ба  $V_2$  баробар кардани ҳаҷми газ фишори он  $P_2$  шавад. Он гоҳ дар заминаи формулаи (1) ҳосил мекунем:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$$

ё ин ки

$$P_1 V_1 = P_2 V_2. \quad (3)$$

Ҳамин тариқ, дар асоси қонуни Бойл–Мариотт барои миқдори интихобкардаи газ ҳосили зарби фишори газ ва ҳаҷми он дар мавриди собит мондани ҳарорат бузургии дойимӣ мебошад.

Нигораи изотерма, яъне ҳамбастагии фишор ба ҳаҷм барои мавриди собит мондани ҳарорат дар расми 4.24 оварда шудааст.



Рас. 4.24

**Масъалаи 1.** Дар фишори 2 ат газ ҳаҷми 20 л-ро ишғол мекунад. Ҳангоми 5 атм будани фишор он газ чӣ қадар ҳаҷмиро ишғол мекунад? Ҳароратро доимӣ пиндоред.

Ҳал: Дар асоси формулаи (3)

**Додаҳо:**  
 $P_1 = 2 \text{ атм.}$   
 $V_1 = 20 \text{ л.}$   
 $P_2 = 5 \text{ атм}$   
 $V_2 = ?$

$$V_2 = \frac{V_1 P_1}{P_2} \quad (4)$$

аст. Ба формулаи (4) додаҳоро гузошта, ҳосил мекунем:

$$V_2 = 8 \text{ л.}$$

**Масъалаи 2.** Ду зарф дорем, ки яке ҳаҷми 5л дорад ва пури ҳавост бо фишори 3 атм ва дигаре ҳаҷми 1л дорад ва қолӣ аст. Дар сурати пайваст кардани зарфҳо фишори умумии онҳо чӣ қадар мешавад?

**Додаҳо:**  
 $V_1 = 5 \text{ л.}$   
 $P_1 = 3 \text{ атм.}$   
 $V_2 = 1 \text{ л}$   
 $P_2 = ?$

Ҳал: Баъди пайваст кардани зарфҳо миқдори муъайяни ҳавои даруни зарфи якум то дами якхела шудани фишорҳо ба зарфи дуюм гузашта, ҳаҷми умумии

$$V_2 = V_1 + V'$$

-ро ишғол мекунанд. Бино бар ин аз рӯи формулаи (3) барои фишори муқарраршуда ҳосил мекунем:

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2} = 2,5 \text{ атм.}$$



1. Фарояндҳои изобарӣ ва изохорӣ чӣ гуна фароянданд? фароянди изотермӣ чӣ?
2. Қонуни Бойл-Мариотт чиро ифода мекунад?

## Машқ

1. Изотермаи  $PV = 10 \text{ атм} \cdot \text{см}^3$ -ро дар когазе тасвир созад, ки ҳар як хоначаи он ҳамчун як воҳиди фишор ва як воҳиди ҳаҷм бошад.

2. Кураи ҳавоӣ бо газ то фишори 1 атм пур карда шуд ва вақте ки сар дода шуд, хеле боло рафт. Агар фишори газ дар боло 0,7 атм бошад, ҳаҷми кура чанд бар тағйир меёбад? Кураи ҳавоӣ аз маводи чандир (резин) сохта шудааст. Ҳароратро тағйирнопазир пиндоред.

## Масъалаҳои тестӣ

1. Агар болти оҳанин ва сӯроҳии печбуридаи мисин гарм бошанд, болтро дар ин сӯроҳ тоб дода даровардан осон аст. Чаро?

А) Ҳангоми гарм кардани болт ҳаҷми он хурд мешавад, вале ҳаҷми сӯроҳ меафзояд.

В) Ҳангоми гарм кардан сатҳи болти оҳанин кам шуда, сатҳи сӯроҳ меафзояд.

С) Зариби васеъшудии оҳан нисбат ба зариби васеъшудии мис кам аст; бино бар ин андозаи мурвати мисин нисбат ба болти оҳанин бештар зиёд мешавад.

2. Дарозии хаткашаки мисин дар ҳарорати  $0^\circ\text{C}$  50 см аст. Агар ҳароратро то  $35^\circ\text{C}$  зиёд кунем, хаткашак чӣ қадар дароз мешавад? ( $\beta = 0,000018 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ ).

А) 0,3 мм; В) 0,4 мм; С) 0,03 мм; Д) 0,4 мм.

3. Дарозии хаткашаки мисин дар ҳарорати  $0^\circ\text{C}$  1 м аст. Агар ҳарорат то  $-25^\circ\text{C}$  паст шавад, дарозии хаткашак чӣ қадар тағйир меёбад? ( $\beta = 0,000018 \text{ } 1/^\circ\text{C}$ ).

А) 0,45 мм; В) 0,2 мм; С) 0,03 мм; Д) 0,3 мм.

4. Сими оҳанини дарозиаш 10 м-ро аз ҳарорати  $10^\circ\text{C}$  то  $110^\circ\text{C}$  гарм карданд. Сим чӣ қадар дароз мешавад? Зариби васеъшудии хаттии оҳанро  $\beta = 0,000012 \text{ } 1/^\circ\text{C}$  гиред.

А) 1,2 см; В) 0,12 см; С) 0,18 см; Д) 0,0018 см.

5. Зариби васеъшудии хаттии ҷисми саҳт аз зариби васеъшудии ҳаҷмии он барои моддаҳои, ки хосияташон дар ҳама самт якхеланд, чӣ фарқ дорад?

А) Фарқе надорад — онҳо айни якдигаранд.

В) Зариби васеъшуди ҳаҷмӣ ба бузургии сечандаи зариби васеъшуди хаттӣ баробар аст.

С) Зариби васеъшуди ҳаҷмӣ бо зариби васеъшуди хаттӣ апоқамандие надорад.

Д) Зариби васеъшуди ҳаҷмӣ ба дараҷаи сеюм (куб)-и зариби васеъшуди хаттӣ баробар аст.

6. Ҳаҷми параллелепипеди пӯлодин дар ҳарорати  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ба  $2\text{ м}^3$  баробар аст. Агар онро то ҳарорати  $420\text{ }^\circ\text{C}$  гарм кунанд, ҳаҷмаш чӣ қадар тағйир меёбад? ( $\beta = 0,000009\text{ 1/}^\circ\text{C}$ ).

А)  $0,022\text{ м}^3$ ; В)  $0,030\text{ м}^3$ ; С)  $0,0022\text{ м}^3$ ; Д)  $0,0030\text{ м}^3$ .

7. Истакони ҳаҷмаш  $200\text{ см}^3$ -ро бо обе пур карданд, ки ҳарорати  $10\text{ }^\circ\text{C}$  дорад. Агар ҳарорати обро то  $50\text{ }^\circ\text{C}$  зиёд кунем, чӣ қадар об берун мерезад? ( $\theta = 0,00021\text{ 1/}^\circ\text{C}$ ).

А)  $11,68\text{ см}^3$ ; В)  $1,68\text{ см}^3$ ; С)  $21,0\text{ см}^3$ ; Д)  $2,10\text{ см}^3$ .

8. Ҳаҷми газ дар ҳарорати  $20\text{ }^\circ\text{C}$   $100\text{ л}$  аст. Дар сурати то  $40\text{ }^\circ\text{C}$  гарм кардани газ ҳаҷми он чӣ қадар мешавад? Фишори газро собит пиндоред.

А)  $\approx 0,65\text{ л}$ ; В)  $\approx 7,3\text{ л}$ ; С)  $\approx 0,07\text{ л}$ ; Д)  $\approx 1,3\text{ л}$ .

9. Ҳаҷми газ дар ҳарорати  $0\text{ }^\circ\text{C}$  ба  $20\text{ л}$  баробар аст. Дар ҳарорати  $273\text{ }^\circ\text{C}$  ин ҳаҷм чӣ қадар мешавад?

А)  $30\text{ л}$ ; В)  $20\text{ л}$ ; С)  $40\text{ л}$ ; Д)  $50\text{ л}$ .

10. Фишори газ дар ҳарорати  $0\text{ }^\circ\text{C}$   $700\text{ мм Hg}$  (миллиметри сутунҷаи симобӣ) бошад, дар ҳарорати  $136,5\text{ }^\circ\text{C}$  чӣ қадар мешавад? Ҳаҷми газро дойимӣ пиндоред ( $\alpha = 1/273\text{ }^\circ\text{C}$ ).

А)  $1000\text{ мм Hg}$ ; В)  $1050\text{ мм Hg}$ ; С)  $2030\text{ мм Hg}$ ; Д)  $950\text{ мм Hg}$ .

## Чанд масъала

1. Сими алюминии дарозиаш 100 м-ро аз ҳарорати 5 °C то 55°C гарм карданд. Дарозии он чӣ қадар тағйир меёбад? (Ҷавоб: 12,5 см).

2. Ба ниммеҳвари мошини сабукрав гелак (подшипник) шинондан лозим аст. Қутри меҳвар 7,033 см аст, қутри дохилии ҳалқа 7,000 см. Ҳалқаро то кадом ҳарорат гарм кардан мебояд? (Меҳвар ва гелак оҳанинанд). (Ҷавоб: 414 °C).

3. Кураи пӯлодини ҳаҷмаш 250 см<sup>3</sup>-ро аз ҳарорати 20 °C то ҳарорати 220 °C гарм карданд. Ҳаҷми он чӣ қадар меафзояд? (Ҷавоб: 13,5 см<sup>3</sup>).

4. Роҳи мошингарди бетонӣ аз тахтасангҳои дарозиашон 20 м сохта шудааст. Фосилаи байни тахтасангҳо бояд чиқадарӣ бошад, ки дар сурати тағйир ёфтани ҳарорат дар ҳудуди аз – 20°C то 50 °C роҳ пастобаланд нашавад?

5. Карасин дар ҳарорати 10 °C ҳаҷми 1000 л-ро ишғол мекунад. Дар ҳарорати 60 °C чӣ? (Ҷавоб: 1050 л).

6. Дар маҳзан-вағони роҳи оҳан 50 000 л нафтро аз Архангелск (дар ҳарорати 0 °C) ба Душанбе оварданд. Ҳарорати ҳаво дар Душанбе 30 °C буд. Ҳаҷми нафт дар Душанбе чӣ қадар зиёд мешавад? (Ҷавоб: 1425 л).

7. Гази ҳарораташ 0 °C ва ҳаҷмаш 100 л-ро чанд градус сард кардан мебояд, ки ҳаҷмаш 50 л шавад? (Ҷавоб: –135 °C).

8. 10 л газро бе тағйири фишор аз ҳарорати 0 °C то 136 °C гарм мекунанд. Газ пас аз гарм кардан чӣ қадар ҳаҷмро ишғол мекунад? (Ҷавоб: 15 л).

9. Газ дар ҳарорати 0 °C фишори 2 атм (1 атм = 1,013 Н/м<sup>2</sup>) дорад. Агар газро то ҳарорати 68 °C гарм кунанд, фишори он чӣ қадар мешавад? (Ҷавоб: 2,5 атм).

10. Ҳаҷми газ дар ҳарорати 0 °C 100 л аст. Ин ҳаҷм дар ҳарорати 273 °C чӣ қадар зиёд мешавад? Ҳаҷмро собит (дойимӣ) пиндоред. (Ҷавоб: 200 л).

## БОБИ 5. ҲОЛАТҲОИ ВОГАРДИШ (ҲОЛАТҲОИ АГРЕГАТӢ)-И МОДДАҲО

### 5.1. Ҳолатҳои вогардиши моддаҳо

Тавре ки ба мо маълум аст, моддаҳо дар се ҳолати вогардишӣ вомехӯранд—моеъ, сахт, газшакл.

Ҳолатҳои вогардишӣ бо тарзи ҷойгирифти молекулаҳо алоқаманд мебошанд. Аз ҳамон як навъи молекулаҳо вобаста ба тарзи ҷойгирифти онҳо модда метавонад дар ҳолати сахтӣ, моеъ ва ҳолати газӣ пайдо шавад. Ях, об, бухор аз ҷумлаи мисолҳои аёнӣанд, ки аз ҳамон як навъ молекулаҳо таркиб ёфтаанд. Зичии об дар ҳарорати  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$   $958,4\text{ кг/м}^3$ , вале зичии бухори он  $0,596\text{ кг/м}^3$  аст. Барои рӯшан гардонидани масъала ба ёд меорем, ки зичии модда ба ҳосили зарби массаи молекула  $m$  ба адади молекулаҳои воҳиди ҳаҷм (концентрасияи молекулаҳо)  $n$  баробар аст:

$$\rho = m n.$$

Бо назардошти он ки молекулаҳои об ва бухори он якхелаанд, нисбати адади молекулаҳои об дар воҳиди ҳаҷм бар миқдори ҳаҷмии молекулаҳои бухор

$$\frac{\rho_{\text{об}}}{\rho_{\text{б}}} = \frac{958,4\text{ кг/м}^3}{0,596\text{ кг/м}^3} = 1600$$

мебарояд, яъне миқдори ҳаҷмии молекулаҳои  $\text{H}_2\text{O}$  дар об назар ба миқдори молекулаҳои бухори об 1600 бор зиёд аст.

Монанди ҳамин, зичии гази оксиген  $1,43\text{ кг/м}^3$  аст. Вале зичии оксигени моеъ, ки аз газ бо усули сард кардан ва фишурдан ҳосил мешавад, ба  $1140\text{ кг/м}^3$  баробар аст. Пас, миқдори ҳаҷмии молекулаҳои оксигени моеъ нисбат ба молекулаҳои гази оксиген қариб 800 бор зиёд аст.

Ҳамин тариқ, масофаи байни молекулаҳои газҳо нисбат ба масофаи байни молекулаҳои ҷисмҳои сахт борҳо зиёд мебошад. Аз ҷумла, масофаи байни молекулаҳои  $\text{H}_2\text{O}$  дар бухори он нисбат ба масофаи байни ҳамин молекулаҳо дар об қариб 12 бор зиёд аст. Ва вобаста ба шароит ҳамон як модда метавонад сахт, моеъ ва ё газ бибошад.

Ҳангоми аз як ҳолати вогардиш ба ҳолати дигари вогардиш гузаштани модда энергияи дохилии он тағйир меёбад. Барои аз ҳолати сахт ба ҳолати моеъ ва аз ҳолати моеъ ба ҳолати газӣ табдил додани модда ба он гармо (энергия) додан мебо-  
яд (рас.5.1, а).



Рас.5.1

Ва, баръакси ин, гармо (энергия)-и моддаро гирифта, газро ба моеъ ва моеъро ба ҷисми сахт табдил додан мумкин аст (рас.5.1.б).

Ҳамин тариқ, як ҳолати вогардиши моддаро ба ҳолати дигар табдил додан имконпазир аст.



1. Ҳолати вогардиши модда бо кадом бузургиро алоқамандӣ дорад?
2. Дар маъриди маълум будани миқдори ҳаҷмии молекулаҳои моеъ миқдори ҳаҷмии молекулаҳои газро чӣ тавр муъайян кардан мебояд? миқдори ҳаҷмии молекулаҳо ҷисмро дар ҳолати сахтӣ чӣ?

#### Машқ

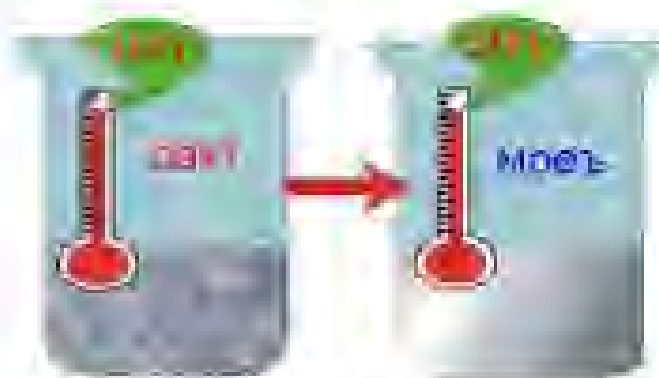
1. Миқдори ҳаҷмии молекулаҳои атомҳои алюминро муъайян кунед. Зичии алюминро  $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  ва массаи атомии онро  $4,48 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$  гиред. (Ҷавоб:  $6 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$ ).
2. Миқдори ҳаҷмии молекулаҳои бухори симоб (Hg) дар ҳаво  $3 \cdot 10^{16}$  молекула/м<sup>3</sup> аст. Зичии онро ёбед ( $m = 3,34 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$ ). (Ҷавоб:  $10^{-3} \text{ кг/м}^3$ )

## 5.2. Гудозиш

Ҳолати вогардиши модда ба ҳарорати он ва фишори аз берун таъсиркунанда вобастагӣ дорад. Ҳангоми гарм кардани ҷисмҳои сахт онҳо аз ҳолати сахт ба ҳолати моеъ ва аз ҳолати моеъ ба ҳолати газӣ мегузаранд.

Табдили моддаро аз ҳолати сахт ба ҳолати моеъ гудозиш (гудоз, гудохт) меноманд.





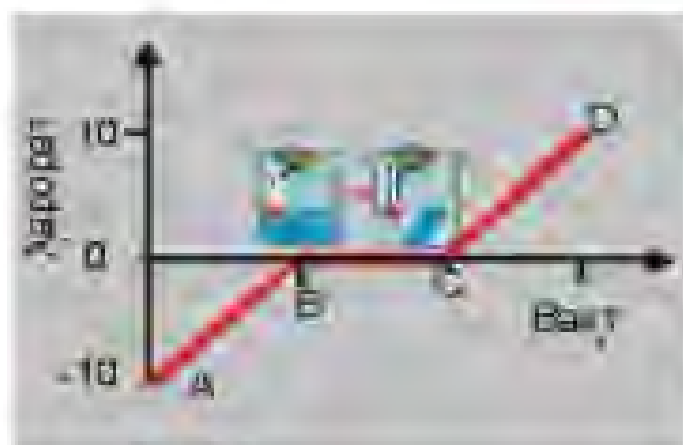
Рас.5.2

Ба ёд меорем, ки ҷисмҳои сахт аз ҷиҳати сохт дунавъанд — булӯринсохтор (кристалӣ) ва аморфисохтор (ё худ бешакл). Дар ҷисмҳои булӯринсохтор атомҳо бо як низоми муъайян ҷойгиранд. Дар ҷисмҳои аморфӣ зарраҳои ташкилдиҳандаи онҳо бе-

тартибона ҷой гирифтаанд, яъне низоми муъайян надоранд. Барои гудохтани ҷисми булӯринсохтор онро то ҳарорати муъайян гарм кардан мебояд, дар ин ҳарорат ҷисм аз ҳолати сахт ба ҳолати моеъ мегузарад.

*Ҳарорати он, ки дар он модда гудохта мешавад, ҳарорати гудозиш меноманд.*

Ҳарорати гудозиш барои моддаҳои гуногун ҳархела аст ва бо хосиятҳои физикии модда бастагӣ дорад. Масалан, нафталин дар ҳарорати  $80^{\circ}\text{C}$ , натрий дар  $98^{\circ}\text{C}$ , қалъагӣ дар  $232^{\circ}\text{C}$ , ях дар ҳарорати  $0^{\circ}\text{C}$  ва ғ. гудохта мешаванд. Ҳангоми гарм кардани моддаи булӯрӣ ҳарорати он то ибтидои гудозиши ҷисм меафзояд, вале дар ҳоли гудозиш ҳарорат баланд намешавад. Яъне дар ҳамон як ҳарорат модда метавонад дар як вақт ҳам дар ҳоли сахтӣ бошад, ҳам дар ҳоли моеъ. Ҳарорати модда дар ин маврид собит мемонад (рас.5.2)



Рас.5.3

Аммо баъди он ки моддаи сахт пурра ба моеъ табдил ёфт, ҳарорати он афзуда метавонад.

Биед, нигораи гудозиши яхро мавриди муоина қарор диҳем. Агар ҳарорати ях то ибтидои гарм кардан  $-10^{\circ}\text{C}$  бошад,

бо зиёд кардани мuddати гармоиш ҳарорати он то  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  меафзояд (рас.5.3, қитъаи АВ). Дар ҳараёни пурра ба об табдил ёфтани ях ҳарорати  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  дойимӣ мемонад (қитъаи ВС). Баъди гудохт боз ҳарорат бо афзоиши мuddати гармкард меафзояд (қитъаи CD). Дар қадв. 5.2 ҳарорати гудозиш (сахтшуд)-и моддаҳои гуногун оварда шудааст.

Қадв. 5.2

Модда	Ҳарорати гудозиш, $^{\circ}\text{C}$	Модда	Ҳарорати гудозиш, $^{\circ}\text{C}$
Ангишт	3300	Магний	650
Волфрам	3370	Рух	419
Платина	1774	Сурб	327
Оҳан	1535	Висмут	271
Чӯян	1200	Арзиз	
Мис	1083	(қалъагӣ)	232
Титло	1063	Калий	63
Латун	1000	Ях	0
Нукра	961	Симоб	-39
Биринҷӣ	900	Оксиген	-219
Алумин	658	Ҳидроген	-253
Бензол	5,5	Ҳелий	-272
		Алкул (спирт)	-144



1. Гудозиш (гудохт) чист?
2. Ҳарорати гудозиш чист?
3. Яхи ҳарораташ  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  дар чӣ гуна шароит ба оби соҳиби ҳамин гуна ҳарорат табдил меёбад?

#### Супориш

1. Навъи моддаҳоро, ки ҳарорати гудозишашон аз  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  кам аст, номбар карда, сабаби асосан дар шакли моеъ ва газ дучор омадани онҳоро баён кунед.

### 5.3. Сахтшуди моддаҳои булӯринсохтор (моддаҳои кристаллӣ)

Фароянди сахтшуд фароянди баръакси гудозиш мешавад. Моддаҳои кристаллӣ дар ҳар ҳарорате, ки гудохта шаванд, дар ҳамон ҳарорат сахт мешаванд.

Аз ҳолати моеъ ба ҳолати сахтӣ гузаштани моддаро сахтшуд (сахтшавӣ) меноманд.

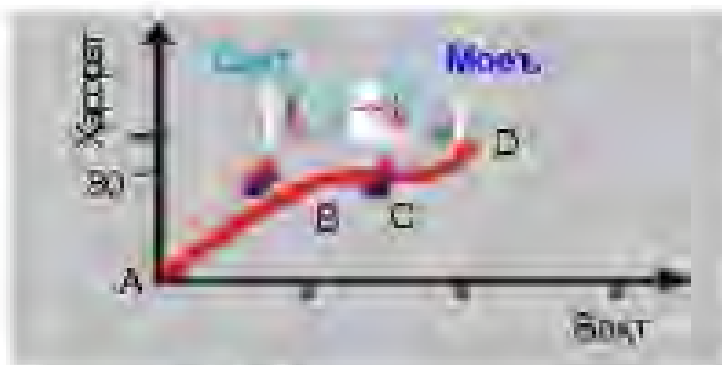
Биёед, барои муқоиса нигораи фароянди гудозишро хотирнишон кунем. Дар рас.5.4 нигораи гудозиши нафталин, яъне вобастагии ҳарорати нафталин ба муддати гармодихӣ тасвир шудааст.

Аввал ҳарорати нафталин бо афзоиши муддати гармоиш то ба  $80^{\circ}\text{C}$  меафзояд. Дар ҳарорати  $80^{\circ}\text{C}$  нафталин ба гудозиш сар мекунад. Ва дар давоми вақте, ки нафталин гудохта мешавад, ҳарорат дойимӣ мемонад (қитъаи уфуқии ВС). Баъди гудохта шудани нафталин бо афзудани муддати гармодихӣ ҳарорати нафталини моеъ меафзояд (қитъаи CD).

Акнун рафти сард шудани нафталиноро бинем (рас.5.5). Бо афзоиши муддати сардшуд дар аввал ҳарорати нафталин кам мешавад (қитъаи DC).

Вақте ки ҳарорати нафталин то  $80^{\circ}\text{C}$  паст шавад, фароянди булӯриш (кристаллзация) сар мешавад. Ин маврид ба қитъаи СВ рост меояд ва дар ин қитъа то лаҳзаи сахтшудани нафталин ҳарорати он дойимӣ мемонад. Баъди сахтшудани ҳарорати нафталин боз бо афзоиши муддати сардшуд кам мешавад.

Қисми булӯринсохтор дар ҳар ҳарорате, ки гудохта шавад, дар ҳамон ҳарорат сахт мешавад (расмҳои 5.4 ва 5.5-ро муқоиса кунед).

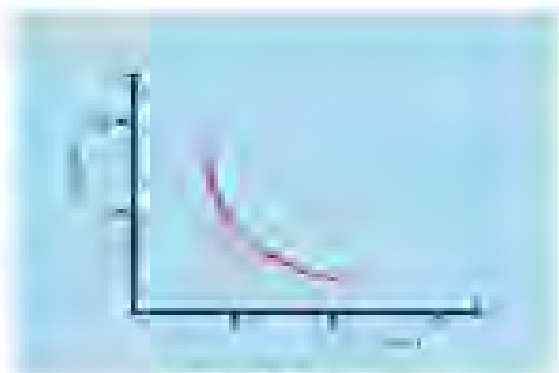


Рас.5.4



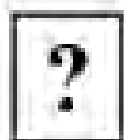
Рас.5.5

Қобили қайд аст, ки барои ҷисмҳои аморфӣ монанд ба шиша, канифол, қир (смола) ва ғ.нигораи вобастагии ҳарорат ба муддати гармодиҳӣ ба кулلى фарқ мекунад. Дар ин ҳолат нигоҳа шакли хати бефосила дорад. Ин он гуна маънӣ дорад, ки ҷисмҳои аморфӣ ҳангоми гарм кардан бефосила мулоҷим шудан мағиранд. Дар рас.5.6 нигоҳаи саҳтшудӣ қир оварда шудааст.



Рас.5.6

Ҳамин тавр, аз вобастагии ҳарорати моддаҳои аморфӣ ба муддати гармодиҳӣ ҳуҷоса баровардан мумкин аст, ки ин моддаҳо ҳангоми саҳт шудан ба ҳолати дигари воғардиш намегузаранд. Саҳтшудӣ шиша, қир, канифол ва монанди инҳо фароянди ғализ шудани онҳо мебошад. Масалан, шишаҳо чун моеъи ғализ (ғализ) пиндоштан мумкин аст.



1. Саҳтшудӣ моддаҳо чӣ тавр рух медиҳад?
2. Вобастагии ҳарорат ба муддати гармодиҳӣ барои ҷисмҳои буғуринсохтор аз ҷисмҳои аморфӣсохтор чӣ тафовут дорад?

#### 5.4. Гармои ҳоси гудозиш

Ҳангоми гарм кардани ях ҳарорати он то  $0^{\circ}\text{C}$  афзуда, баъд то дами пурра ба об табдил ёфтани ях дойимӣ мемонад. Амали дар ҳарораташ  $0^{\circ}\text{C}$  гарм кардани ях онро ба оби ҳарораташ  $0^{\circ}\text{C}$  табдил медиҳад. Ин аз он далелат мекунад, ки энергияи дохилии яхи ҳарораташ  $0^{\circ}\text{C}$  назар ба энергияи дохилии оби  $0^{\circ}\text{C}$  кам аст. Шумо медонед, ки энергияи кинетикии молекулаҳои таркиби ҷисм ба ҳарорати он ҷисм вобаста аст.

Ҳангоми гарм кардани модда суръати ҳаракати молекулаҳои таркиби он меафзояд. То ба ҳарорати гудозиш расидани ҳарорати ҷисм энергияи кинетикии молекулаҳо меафзояд. Баъди ба ҳарорати гудозиш соҳиб шудани модда энергияи кинетикии молекулаҳо то мавриди пурра гудохта шудани модда дигар намеафзояд. Пас, афзоиши минбаъдаи энергияи дохилӣ афзоиши энергияи потенциалиро боис мегардад.

Ҳамин тавр, энергияи дохилии моддаи булӯринсохтор ҳамеша назар ба энергияи дохилии гудохтаи он дар ҳамон ҳарорат кам аст, яъне ҳолати ба низоми молекулаҳо назар ба ҳолати бетартибонаи онҳо энергияи камтареро соҳиб мебошад. Вақте ки моддаи булӯринсохтор то ҳарорати гудозиш гарм карда мешавад, ҷунбиши молекулаҳо то андозае меафзояд, ки ин падида низоми ҷойгирифти молекулаҳоро вайрон карда метавонад. Қисми сахт гудохта шуда, аз ҳоли сахтӣ ба ҳоли моеъ мегузарад.

Миқдори гармоеро, ки дар ҳарорати гудозиш барои ба моеъ табдил додани 1 кг моддаи сахт зарур аст, гармои хоси гудозиш меноманд.

Гармои хоси гудозиш маъмулан бо ҳарфи L ишорат мешавад. Онро бо  $\text{Ҷ/кг}$  ( $\text{ё кал/г}$ ,  $\text{ккал/кг}$ ) ифода мекунанд.

Гармои хоси гудозиши баъзе моддаҳо дар ҷадвали 5.2 оварда шудааст.

Ҷадвали 5.2

Модда	L, $\text{Ҷ/кг}$	L, $\text{ккал/кг}$	Модда	L, $\text{Ҷ/кг}$	L, $\text{ккал/кг}$
Алумин	$3,9 \cdot 10^5$	92	Бензол	$1,28 \cdot 10^5$	30
Ях	$3,4 \cdot 10^5$	80	Нукра	$10^5$	24
Оҳан	$2,7 \cdot 10^5$	65	Пулод	$0,84 \cdot 10^5$	23
Мис	$2,1 \cdot 10^5$	51	Арзиз (қалъагӣ)	$0,59 \cdot 10^5$	14
Парафин	$1,5 \cdot 10^5$	35	Сурб	$0,25 \cdot 10^5$	6
Рух	$1,2 \cdot 10^5$	29	Симоб	$0,12 \cdot 10^5$	3

Миқдори гармое, ки барои дар ҳарорати гудозиш аз ҳолати сахтӣ ба ҳолати моеъ табдил додани миқдори моддаи массааш m зарур аст, ин тавр ёфта мешавад:

$$Q = L m.$$

**Масъалаи 1.** Миқдори гармоеро ёбед, ки барои ба об табдил додани 10 кг ях (дар ҳарорати  $0^\circ\text{C}$ ) зарур аст ва онро бо  $\text{Ҷ}$  ва  $\text{ккал}$  ифода кунед.

Хал. Миқдори гармие, ки барои ба об табила додани ях лозим аст (рас.5.7):

Додаҳо:

$$m = 10 \text{ кг,}$$

$$L = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Ҷ/кг} =$$

$$= 80 \text{ ккал/кг}$$

$$Q = ?$$

$$Q = L m = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Ҷ}$$

ё ин ки

$$Q = 800 \text{ ккал}$$

Масъалаи 2. 150г яхи ҳарораташ 15°С-ро ба оби ҳарораташ 40°С табила доданд. Миқдори гармон сарфшударо ёбед (рас.5.8).

Додаҳо:

$$t_1 = -15 \text{ °С,}$$

$$t_2 = 40 \text{ °С,}$$

$$c_{\text{як}} = 0,5 \text{ кал/г °С,}$$

$$c_{\text{об}} = 1 \text{ кал / г °С,}$$

$$L_{\text{як}} = 80 \text{ кал/г,}$$

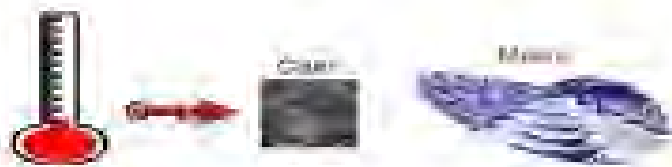
$$m = 150 \text{ г}$$

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3) = ?$$

Хал. I. Миқдори гармие, ки барои яхи ҳарораташ -15 °С-ро ба оби ҳарораташ 0 °С табила додан зарур аст, чунин ёфта мешавад:

$$Q_1 = m_1 c_{\text{як}} (0 \text{ °С} - t_1) = 150 \text{ г} \cdot 0,5 \text{ кал/г °С} \cdot 15 \text{ °С} =$$

$$= 1125 \text{ кал.}$$



Рас.5.7

II. Миқдори гармие, ки барои гудозиши ях сарф мешавад, ин аст:

$$Q_2 = L m = 12000 \text{ кал.}$$

III. Миқдори гармие, ки оби 0 °С-ро то ҳарорати 40 °С гарм мекунад ин аст:

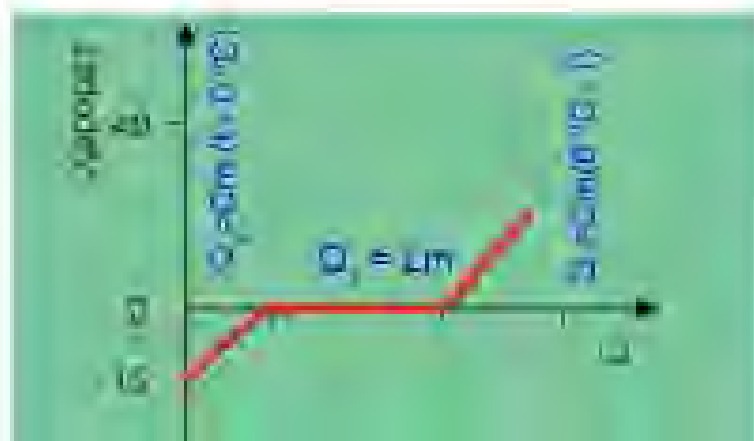
$$Q_3 = c_{\text{об}} m (t_2 - 0 \text{ °С}) =$$

$$= 6000 \text{ кал.}$$

Пас, ин аст гармон пурра:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 =$$

$$= 19125 \text{ кал.}$$



Рас.5.8



1. Гармои хоси гудозиш чист?
2. Гармои хоси гудозиши мис  $2,1 \cdot 10^3$  Ҷ/кг аст. Ин чӣ маъно дорад?
3. Дар ҳарорати гудозиш барои ба моеъ табдил додани 1 кг алюмин ба он чӣ қадар гармо додан мебояд ? барои ба моеъ табдил додани ҳамин миқдор пӯлод чӣ?

#### Машқ

1. Миқдори гармоеро ёбед, ки барои 5 кг алюминро дар ҳарорати гудозиш ба моеъ табдил додан зарур аст. (Ҷавоб: 460 ккал).
2. Барои гудохтани 5 кг оҳани ҳарораташ  $39$  °C чӣ қадар миқдори гармо сарф кардан мебояд. (Ҷавоб:  $3,45 \cdot 10^6$  Ҷ).

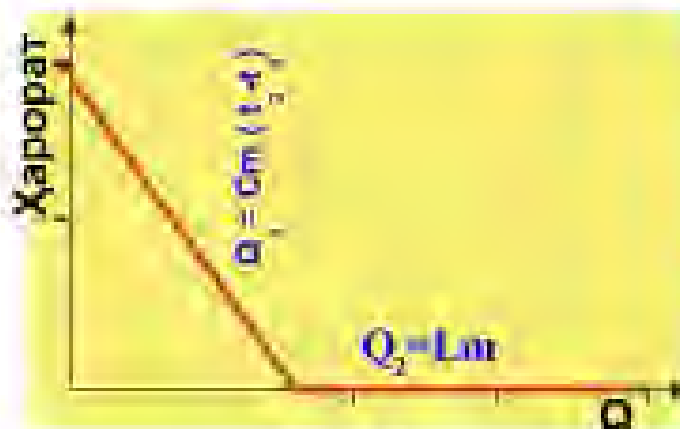
### 5.5. Хориҷ гардидани гармо ҳангоми сахтшудани моддаҳо

Барои гудохтани модда, яъне барои аз ҳоли сахтӣ ба ҳоли моеъ гузаронидани модда ба он аз берун гармо додан мебояд. Баръакс, ҳангоми аз ҳоли моеъ ба ҳоли сахтӣ гузаштан модда ба миқдори муъайян гармо хориҷ мекунад ва ба ин васила энергияи дохилии худро тағйир медиҳад, зеро дар ҷараёни сахтшудани модда энергияи кинетикии молекулаҳо кам мешавад ва сохти ҷойгирифтаи онҳо тағйир меёбад.

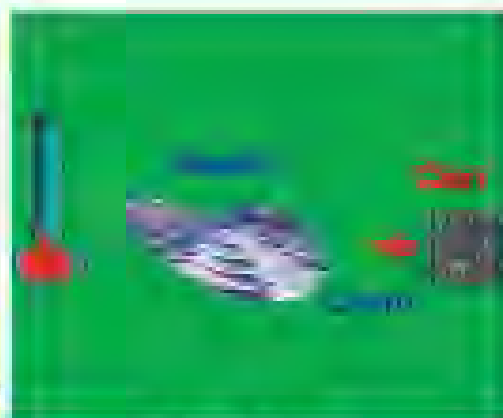
Чӣ тавре қайд кардем, энергияи дохилии моддаи булӯринсохтор дар ҳарорати гудозиш нисбат ба энергияи дохилии ҳамон модда дар ҳолати моеъ будани он кам аст. Таҷриба нишон медиҳад, ки дар ҳарорати гудозиш тағйироти энергияи дохилӣ ҳангоми аз ҳолати сахтӣ ба ҳолати моеъ ва ё баръакс, аз ҳоли моеъ ба ҳоли сахтӣ гузаштан як хел аст, яъне бузургии гармои хоси гудозиш ва гармои хоси сахтшуд айнаи якдигаранд.

$$L = L_{\text{гуд}} = L_{\text{сахтш}}'$$

**Масъалаи 1.** Миқдори гармо (энергия)-ро ёбед, ки ҳангоми ба ях табдил ёфтани 200 г оби ҳарораташ  $40$  °C лозим меояд.



Рас.5.9



Рас.5.10

Ҳал: Миқдори гармие, ки об ҳангоми то  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  хунук шудан талаф медиҳад, ин қадар аст:

$$Q_1 = c_1 m (t_1 - t_2) = 8000 \text{ кал.}$$

Миқдори гармие, ки оби ҳарораташ  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ҳангоми ба яхи ҳарораташ  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  бадал шудан талаф медиҳад, ин аст:

$$Q_2 = L m = 16000 \text{ кал.}$$

Миқдори гармие пурра ин қадар хоҳад буд (рас. 5.9):

$$Q = Q_1 + Q_2 = 24000 \text{ кал.}$$

**Масъалаи 2.** Миқдори гармиеро ёбед, ки онро  $2,5\text{ кг}$  бензол ҳангоми дар ҳарорати сахтшуд аз ҳоли моеъ ба ҳоли сахтӣ гузаштан хориҷ мегардонад. Натиҷаро ба  $\text{кҶ}$  ва  $\text{ккал}$  ифода кунед (рас. 5.10).

Ҳал: Энергияе, ки ҳангоми табдил ёфтани бензоли моеъ ба бензоли сахт хориҷ мегардад, ин қадар аст:

<p>Додаҳо:  <math>m = 2,5\text{ кг}</math>  <math>Q = ?</math></p>
--

$$Q = L m.$$

Бузургии  $L$ -ро аз ҷадв. 5.2 (сах. 93) гирифта, ҳосил мекунем:

$$Q = 315 \text{ кҶ} = 75 \text{ ккал.}$$



1. Гармие ҳосил гудозиш аз гармие ҳосил сахтшуд чӣ фарқ дорад?
2. Гармие ҳосил гудозиши бензол ба  $1,26 \cdot 10^5 \text{ Ҷ/кг}$  ё  $\text{ккал/кг}$  баробар аст. Ин бузургии ҷадв. муро ифода мекунанд?



### Машқи 5.3

1. Миқдори гармоеро ёбед, ки онро 2 кг пӯлоди моеъ дар ҳарорати саҳтшуд хориҷ мекунад. (Ҷавоб: 40 ккал).

2. Миқдори гармоеро ёбед, ки дар мавриди табдил ёфтани 1кг алюминии моеъи ҳарораташ 708 °С ба алюминии саҳт хориҷ мешавад. (Ҷавоб: 46 кҶ).

### 5.6. Хӯлаҳо. Саҳтшуди маҳлулҳо. Рехтагарӣ ( Барои мутолиъаи озод )

а) **Хӯлаҳо.** Хӯлаҳо гуфта омехтаи фулузотро бо унсурҳои дигар меноманд. Масалан, пӯлод иборат аст аз омехтаи оҳан, карбон ва унсурҳои дигар (хром, волфрам, манган ва ғ.).

Хӯлаҳо нисбат ба фулузоти тоза бартарӣ доранд. Чунинчи онҳо мустаҳкамӣ зиёд дошта метавонанд.

Хӯлаҳое ҳосил карда шудаанд, ки ҳарорати гудозишашон аз ҳарорати гудозиши фулузоти таркибашон кам бошад. Масалан, хӯлае, ки аз сурб (ҳарорати гудозишаш 327 °С) ва арзиз (ҳарорати гудозишаш 232 °С) таркиб ёфтааст, ҳарорати гудозиши пасттар (170 °С) дорад. Хӯлаҳои алюмин ё мағний бо мис, оҳан, руҳ ва ғ., ки хеле сабук ва мустаҳкам мешаванд, дар саноъати ҳавопаймосозӣ истифода мешаванд. Хӯлае, ки аз ду ҳисса висмут, як ҳисса арзиз (қалъ) ва як ҳисса сурб таркиб ёфтааст, ҳарорати гудозиши 95 °С дорад. Хӯлае, ки аз ду қисм сурб ва як ҳисса арзиз таркиб ёфтааст, ҳарорати гудозиши 180 °С дорад ва барои лаҳимкорӣ (кафшер кардан) истифода мешавад. Хӯлаҳое ҳосил кардан мумкин аст, ки муқовимати хоси электрикӣ хеле зиёд (мисол, нихром) ё ин ки хосиятҳои мағнити барҷаста доранд. Ҳамин аст, ки хӯлаҳо дар ҳама соҳаҳои зиндагонӣ ҷои истифода бисёр доранд.

б) **Саҳтшуди маҳлулҳо.** Ҳарорати саҳтшуди маҳлулҳо нисбат ба ҳарорати моддаи маҳлулкунанда пасттар мешавад. Чунинчи, оби баҳр, ки каме шӯр аст, дар ҳарорати 0 °С ях намебандад, зеро ки ҳарорати саҳтшуди он поинтар аз 0 °С аст. Ҳарорати саҳтшуди моеъ ба миқдори моддаи маҳлулшаванда вобастагӣ дорад.

Агар намаки хӯрданӣ дар об аз ҷиҳати вазн 30%-ро ташкил диҳад, ҳарорати саҳтшуди маҳлул -21 °С мешавад.

в) **Рехтагарӣ.** Рехтагарӣ амали технологиест, ки гудохтани филизоту хӯлаҳо, дар қолаб рехтани онҳо ва ҳосил кардани

маснуоти ҳархеларо дарбар мегирад.

Солҳои охир бисёр маснуётро аз гудохтаи пластмасҳо ва санг тайёр мекунанд. Аз ҷумла, аз гудохтаи санг кубурҳо, таҷкурсии дастгоҳҳо, ҷузъиёти бинокорӣ ва ғ. сохта мешавад.

1. Ҳула чист?

2. Маснуоти аз гудохтаи пластмасҳо ва санг сохташуда аз маснуоти дигар чӣ фарқ дорад?

?

## 5.7. Бухоршуд (тавлиди бухор)

Зарфи пури обро агар чанд шабонарӯз бе сарпӯш нигоҳ до-рем, мебинем, ки об бо мурури замон дар зарф кам мешавад. Дар ин маврид мегӯем, ки сабаби дар зарф костани об бухор шудани он мешавад. Агар зарф сарпӯшида бошад, об кам на-мешавад.

Фароянди бухоршуд дар заминаи сохти атомӣ-молекулии моддаҳо шарҳ дода мешавад.

Чӣ тавре ки медонем, суръати миёнаи ҳаракат (энергияи кинетикӣ)-и молекулаҳои моеъ ба ҳарорати он вобастагӣ до-рад. Ҳар қадаре ки ҳарорати модда зиёд бошад, суръати миё-наи ҳаракати молекулаҳо низ ҳамон қадар зиёд мешавад. Вале ҳиссае аз молекулаҳо бо суръати пасттар аз суръати миёна, ҳиссаи дигар бо суръати баландтар ҳаракат мекунанд. Моле-кулаҳои моеъ ба ҳам бо қувваи ҷозиба таъсир мекунанд. Моле-кулаҳо, ки энергияи кинетикиашон назар ба энергияи по-тенсиалии ҷозибавӣ зиёд мешавад, аз сатҳи моеъ ҷудо шуда, боло меҷаҳанд. Молекулаҳои баландсуръат ба фазои болои моеъ баромада, бухор ба вуҷуд меоранд.

**Ҷараёни гузариши молекулаҳо аз моеъ ба бухор бухоршуд меноманд.**

Агар зарф кушод (бесарпӯш) бошад, миқдори муъайяни мо-лекулаҳо метавонанд аз сатҳи моеъ дур шаванд. Сабаби оҳис-та-оҳиста кам шудани миқдори моеъи зарфҳои кушод барна-гаштани молекулаҳои кандашуда мешавад.\* Агар шамол (сели ҳаво) дар болои моеъ вазон бошад, бухори ҳосилшударо ҳам-роҳи худ мебарад. Ин боиси афзоиши ҷараёни бухоршуд ме-гардад, чунки дар ин ҳолат имкони ба моеъ баргаштани моле-кулаҳо аз байн меравад.

Як миқдор молекулаҳо дар натиҷаи бархӯрд бо молеку-

\* Бухоршудии ҷисмҳои сахтро фарозии (сублиматсия) меноманд.

лаҳои гази болои моеъ боз ба моеъ бармегардад.

**Падидани аз бухор ба моеъ баргаштани молекулаҳо-ро чиголиш (конденсатсия) меноманд.**

Чиголиш маънои ғализ шудан дорад.

Агар зарф маҳкам (сарбаст) бошад, сатҳи об кам намешавад. Барои он ки масъала равшантар бошад, зарфи сарбасте-ро муойина мекунем, ки як қисми ҳаҷми об дорад ва қисми дигараш беҳаво аст. Молекулаҳои баландсуръат бухор шуда, ба фазои болои моеъ мебароянд ва қисме аз онҳо чиголида (конденсатсия) мешавад.

Рас.5.11



То лаҳзаи баробар шудани адади молекулаҳои бухоршуда ба адади молекулаҳои чиголида адади молекулаҳои бухоршуда меафзояд. Баъд мувозинат муқаррар мешавад. Он гоҳ мегӯянд, ки бухор сер шудааст (рас.5.11).

Бухоршуди моддаҳо ба ҳарорат, ба навъи модда ва ба масоҳати рӯи кушодаи моеъи бухоршаванда вобастагӣ дорад.

а) Бо афзоиши ҳарорати моеъ суръати бухоршуд меафзояд. Сабаб он аст, ки бо зиёд шудани ҳарорат суръати миёнаи молекулаҳои моеъ аз вобаста ба он шумораи молекулаҳои баландсуръат меафзояд. Бино бар ин бо афзоиши ҳарорат адади молекулаҳое, ки энергияи кинетикашон аз энергияи потенциали қозибавии молекулаҳо зиёд аст, меафзояд.

б) Суръати бухоршуд ба навъи модда вобастагӣ дорад. Дар моеъҳое, ки дар онҳо қувваи қозибаи байни молекулаҳо нисбатан кам аст, молекулаҳои пастсуръат низ аз сатҳи моеъ ҷанда шуда (боло ҷаҳида) метавонанд. Бино бар ин аз чунин моеъ адади бештари молекулаҳо ба бухор мегузарад. Эфир, атр, алкул (спирт) ҳамин гуна моддаанд.

в) Ҳар қадаре ки сатҳи моеъи бухоршаванда зиёдтар бошад, адади ҳамон қадар бештари молекулаҳо имкони аз сатҳ ҷанда шудан пайдо мекунанд.



1. Бухор чй тавр ҳосил мешавад?
2. Чиголиш (конденсатсия) чист?
3. Суръати бухоршудӣ моеъ ба кадом бузургӣҳо бастагӣ дорад?
4. Бухори сер чист?

### 5.8. Гармои хоси тавлиди бухор

Шумо медонед, ки ҳангоми гарм кардани моддаи сахт ҳарорати он то дами гудозиш меафзояд. Баъд он модда то дами пурра ба моеъ табдил ёфтани ҳарорати худро бетағйир нигоҳ медорад. Агар минбаъд гармоишро идома диҳем, ҳарорат боз меафзояд.

Биёед ба сифати моддаи сахт 1кг яхи ҳарораташ  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  -ро гирием ва вобастагии ҳароратро ба миқдори гармои ба модда додашуда мавриди баррасӣ қарор диҳем ( $c_{\text{ях}} = 0,5\text{ ккал/кг.}^{\circ}\text{C}$ ). Ҳангоми гарм кардани ях ҳарорати он аз  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  то  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  меафзояд. Барои аз  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  то  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  расондани ҳарорати ях ба он миқдори гармои

$$Q_1 = c_{\text{ях}} m \Delta t = 10\text{ ккал}$$

додан мебояд. Дар ҳарорати гудозиш ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) то дами пурра ба об табдил ёфтани ях ҳарорат бетағйир мемонад ва ҳангоми гармо гирифтани ях оҳиста-оҳиста ба об мубаддал мешавад. Миқдори гармои гудозиш ( $L = 80\text{ ккал/кг}$ ) ин аст:

$$Q_2 = Lm = 80\text{ ккал.}$$

Баъди пурра ба об табдил ёфтани ях ҳарорати он ҳангоми гармодиҳӣ аз  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  то  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  меафзояд. Миқдори гармои гирифтани об дар ин маврид ( $c = 1\text{ ккал / кг.}^{\circ}\text{C}$ ) ин қадар аст:

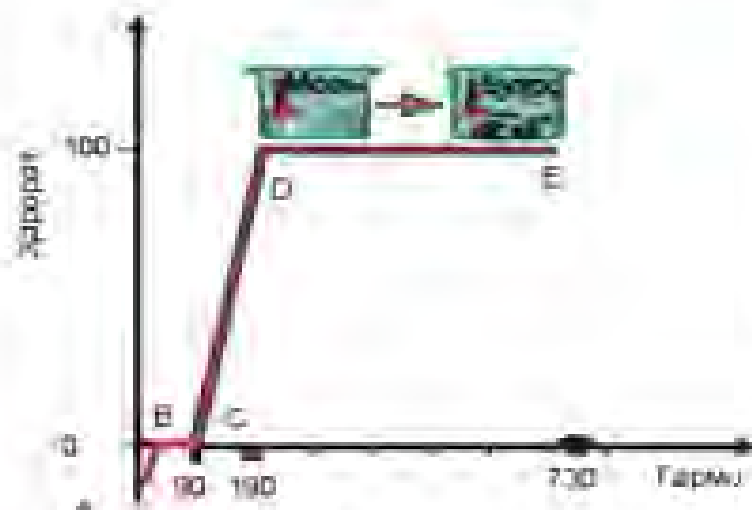
$$Q_3 = c m \Delta t = 100\text{ ккал.}$$

Минбаъд дар ҳарорати  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ҳарорати ҷӯшиш, ниг. ҷадвали 5.5 дар с. 109) то дами пурра ба бухор мубаддал шудани об ҳарорат дойимӣ мемонад.

Хуб, мафҳуми гармои хоси тавлиди бухор, ки дар унвони ин мавзӯю омадааст, чӣ маънӣ дорад?

Миқдори гармоеро, ки барои ба бухор табдил додани 1кг моеъ ба тағйири ҳарорат зарур аст, гармои хоси тавлиди бухор меноманд.

Агар гармои хоси тавлиди бухорро бо  $L_{\text{бух}}$  ишорат кунем, миқдори гармои барои тавлиди бухор сарфшударо бояд ин тавр ёбем:



Рас.5.12

$$Q_a = L_{\text{эфв}} \cdot m.$$

Ғармои хоси тавлиди бухор нишон медиҳад, ки ғармои 1 кг модда ба тағйири ҳарорат ҳангоми аз ҳоли моеъ ба ҳоли бухор гузаштан чӣ қадар зиёд мешавад.

Ғармои тавлиди бухор бо  $\text{Ҷ/кг}$ ,  $\text{ккал/кг}$ ,  $\text{ккал/г}$  ифода карда мешавад. Бузургии ғармои хоси тавлиди Бухор барои об ин қадар аст:  $L_{\text{эфв}} = 539 \text{ ккал/кг}$

Дар рас.5.12 вобастагии ҳарорат ба миқдори ғармои ба моеъ додашуда тасвир ёфтааст. Ин ҷо қитъаи АВ афзоиши ҳарорати яхро бо афзоиши миқдори ғармои ба он додашуда, қитъаи ВС гудозиши ях, қитъаи CD афзоиши ҳарорати обро бо афзоиши миқдори ғармои гирифтаи он ва қитъаи DE тавлиди бухорро ифода мекунанд.

Дар ҷадв. 5.3 ғармои хоси тавлиди бухори баъзе моеъҳо дар ҳарорати ҷӯшиш (бухоршуд) ва фишори атмосферӣ оварда шудааст.

**Масъалаи 1.** Миқдори ғармоеро ёбед, ки барои ба бухор мубаддал гардондани оби ҳарораташ  $20^\circ\text{C}$  зарур аст.

Ҷадв. 5.3

Модда	$L_{\text{эфв}}, \text{Ҷ/кг}$	$L_{\text{эфв}}, \text{ккал/кг}$	Модда	$L_{\text{эфв}}, \text{Ҷ/кг}$	$L_{\text{эфв}}, \text{ккал/г}$
Об	$2,3 \cdot 10^6$	539	Эфир	$0,4 \cdot 10^6$	85
Аммиак	$1,4 \cdot 10^6$	327	Симоб	$0,3 \cdot 10^6$	70
Алкул (спирт)	$0,9 \cdot 10^6$	216			

Додаҳо:

$$m = 100\text{г}$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

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

$$c_{\text{вод}} = 1 \text{ кал/г}$$

$$L_{\text{бух. вод}} = 539 \text{ кал/г}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = ?$$

Ҳал: Миқдори гармое, ки барои то ҳарорати  $100^\circ\text{C}$  гарм кардани об зарур аст:

$$Q_1 = c_{\text{вод}} m (t_2 - t_1) = 8000 \text{ кал}$$

мебошад. Миқдори гармои бухоркарди об ин қадар аст:

$$Q_2 = L_{\text{бух. об}} m = 53900 \text{ кал}$$

Бино бар ин миқдори гармои умумӣ

$$Q = Q_1 + Q_2 = 61900 \text{ кал}$$

мешавад (рас. 5.13 а).

Додаҳо:

$$m = 500\text{г}$$

$$t_1 = 28^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 78^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{алк}} = 0,58 \text{ кал/г}\cdot^\circ\text{C}$$

$$L_{\text{бух. алк}} = 216 \text{ кал/г}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = ?$$

Масъалаи 2. Барои бухор кардани 500 г алкул (спирт)-и ҳарораташ  $28^\circ\text{C}$  чӣ қадар гармо зарур аст? Ҳарорати ҷўшиши алкул  $78^\circ\text{C}$  аст (рас.5.13 б).

Ҳал: Миқдори гармое, ки то ҳарорати бухоршуд гарм кардани алкул зарур аст,

$$Q_1 = c_{\text{алк}} m \Delta t = 0,58 \cdot 500 \cdot 50 \text{ кал} = 14,5 \text{ ккал}$$

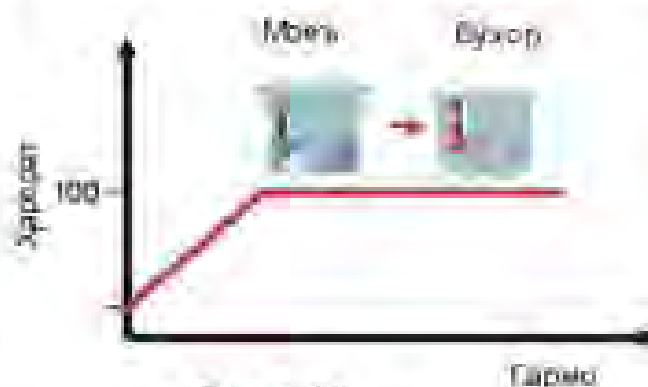
ин асту миқдори гармои тавлиди бухор

$$Q_2 = L_{\text{бух}} m = 216 \text{ кал/г} \cdot 500 \text{ г} = 108 \text{ ккал}$$

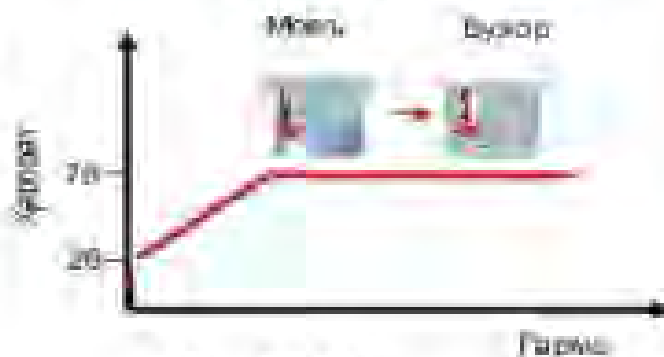
ва миқдори гармои умумӣ

$$Q = Q_1 + Q_2 = 122,5 \text{ ккал}$$

Масъалаи 3. Миқдори гармоеро ҷбед, ки барои 100г яхи ҳарораташ  $-40^\circ\text{C}$ -ро ба бухори ҳарораташ  $20^\circ\text{C}$  мубаддал гардонидан зарур аст.



Рас.5.13 а



Рас.5.13 б

Додаҳо:

$$t_1 = -40 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_2 = 120 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$m = 100 \text{ г},$$

$$c_{\text{об}} = 1 \text{ кал/г.град.}$$

$$L_{\text{сы}} = 539 \text{ кал/г},$$

$$c_{\text{сы}} = 0,5 \text{ кал/г.град.}$$

$$c_{\text{пар}} = 0,5 \text{ кал/г.град.}$$

$$L = 80 \text{ кал/г}$$

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$$

Ҳал: Миқдори гармие, ки барои то ба ҳарорати гузариш расонидани ях ( $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) лозим мебошад, ин аст:

$$Q_1 = c_{\text{як}} m \Delta t = 2000 \text{ кал}$$

Миқдори гармии гузариши ях

$$Q_2 = L m = 8000 \text{ кал}$$

асту гармие то ҳарорати Ҷӯр-шӯд ( $100 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) гарм кардани об:

$$Q_3 = c_{\text{об}} m \Delta t = 10000 \text{ кал},$$

гармии таълиди Ҷӯр:

$$Q_4 = L m = 53900 \text{ кал},$$

ва гармие то ҳарорати  $120 \text{ } ^\circ\text{C}$  гарм кардани Ҷӯр:

$$Q_5 = c_{\text{сы}} m \Delta t = 1000 \text{ кал}.$$

Пас, гармии ғурра ин қадар хоҳад буд (рас. 5.14):



Рас. 5.14

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 2000 \text{ кал} + 8000 \text{ кал} + 10000 \text{ кал} + 53900 \text{ кал} + 1000 \text{ кал} = 74900 \text{ кал}.$$



1. Гармии ҳосил таълиди Ҷӯр чӣ қадар ифода мекунад?
2. Барои аз моеъ ҳосил кардани Ҷӯр чӣ қадар миқдори гармие сарф кардан мебошад? Барои аз ҳисси саҳт ҳосил кардани Ҷӯр чӣ?

Машқ

1. 1 кг оби ҳарорати ибтидоии  $10 \text{ } ^\circ\text{C}$  ҷӯшида, ғурра Ҷӯр шуд. Дар ин маврид чӣ миқдор гармие сарф шудааст. (Ҷавоб:  $-2,5 \cdot 10^5 \text{ Ҷ}$ ).
2. Барои Ҷӯр кардани 10 кг оби ҳарораташ  $20 \text{ } ^\circ\text{C}$  чӣ миқдор гармие зарур аст? (Ҷавоб:  $26300 \text{ кҶ}$ ).

## 5.9. Гармои хоси чиголиш (конденсатсия)

Барои бухор кардани модда ба он аз берун гармо додан мебояд. Ҳангоми аз ҳоли бухор ба моеъ гузаштан, баръакс, гармо хориҷ мешавад. Дар фароянди чиголиш (конденсатсия) миқдори гармои хориҷшаванда ба гармое баробар аст, ки барои моеъро ба бухор бадал кардан сарф мешавад.

Ҳамин тавр, бухор ҳангоми чиголиш ҳамон миқдори гармоеро, ки барои ҳосил шуданаш сарф шудааст, аз худ медиҳад (рас. 5.15). Бино бар ин

$$L_{\text{бух}} = L_{\text{суд}}$$

мебошад. Барои ин ё он модда ҳарорати чиголиш ва ҳарорати бухоршуд айни якдигаранд.

Гармои ҳангоми чиголиш хориҷшударо дар амалия истифода кардан мумкин аст. Масалан, локомотиви бо оташдон коркунанда агар бо бухори баландҳарорат пур карда шавад, 10 вагонро то масофаи 50 км бурда метавонад.



Рас. 5.15

**Масъалаи 1.** Дар сурати аз 200 г бухори ҳарораташ  $120^\circ\text{C}$  ҳосил кардани оби чушон чи қадар гармо хориҷ мегардад? Ҳарорати оби чушонро  $100^\circ\text{C}$  гиред.

**Додаҳо:**

$$m = 200 \text{ г.}$$

$$t_1 = 120^\circ\text{C}$$

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

$$c_{\text{бух}} = 0,5 \text{ кал/г.}^\circ\text{C}$$

$$L_{\text{суд}} = 539 \text{ кал/г}$$

$$Q = (Q_1 + Q_2) = ?$$

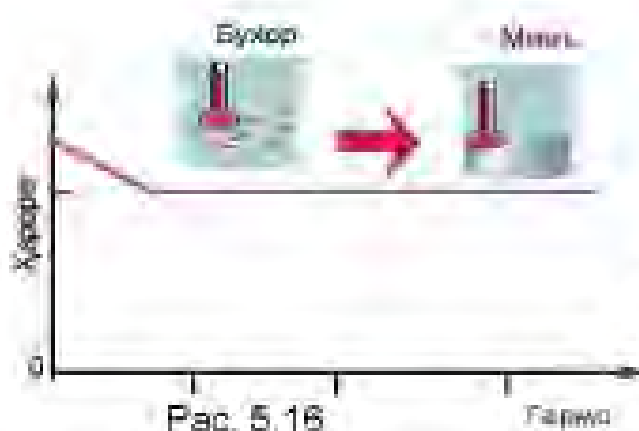
**Ҳал:** Миқдори гармое, ки Бухор гоҳи то ба ҳарорати бухоршуд сард шудани худ хориҷ мекунад, бояд ин қадар бошад:

$$Q_1 = c_{\text{бух}} m \Delta t = 2000 \text{ кал.}$$

Миқдори гармои чиголишро ин тавр меёбем.

$$Q_2 = L_{\text{суд}} m = 107800 \text{ кал} \approx 108 \text{ ккал.}$$





Рас. 5.16

Пас. гармои умумӣ ин аст (рас.5.16):

$$Q = Q_1 + Q_2 = 110 \text{ ккал.}$$

**Масъалаи 2.** Гармоеро ёбед, ки дар рафти ба оби харораташ  $50^\circ\text{C}$  табдил ёфтани  $500 \text{ г}$  бухори харораташ  $100^\circ\text{C}$  хориҷ мешавад.

Додаҳо:

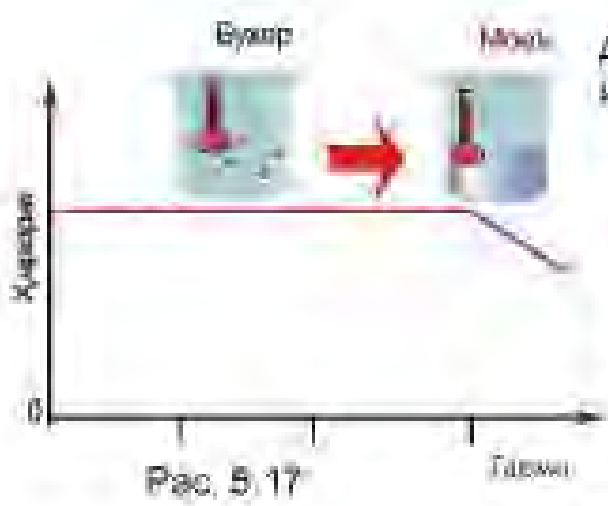
$m = 500 \text{ г}$   
 $t_1 = 100^\circ\text{C}$   
 $t_2 = 50^\circ\text{C}$   
 $c_{\text{об}} = 1 \text{ ккал/г}$   
 $L_{\text{бух}} = 539 \text{ ккал/г}^\circ\text{C}$   
 $Q = (Q_1 + Q_2) = ?$

Ҳал: Миқдори гармои дар натиҷаи чиғолиш (конденсатсия) хориҷшуда ин аст:

$$Q_1 = L_{\text{бух}} m = 269500 \text{ ккал} = 270 \text{ ккал}$$

Миқдори гармое, ки ҳангоми то ба харорати  $50^\circ\text{C}$  хунук шудани об хориҷ мешавад, ин қадар аст:

$$Q_2 = c_{\text{об}} m \Delta t = 25000 \text{ ккал} = 25 \text{ ккал.}$$



Рас. 5.17

Миқдори гармои умумие, ки дар ин маврид хориҷ мешавад, ин қадар хоҳад буд (рас.5.17):

$$Q = Q_1 + Q_2 = 295 \text{ ккал.}$$

?

1. Гармои ҳосил бухоршуд ва гармои чиғолиш чӣ фарқ доранд?
2. Чаро энергияи дохилии бухор аз ҳамини машқ зиёд аст?

Машқ

1. Ҳангоми чиғолида (конденсатсия) шудани  $5 \text{ кг}$  бухори харораташ  $100^\circ\text{C}$  чӣ миқдор гармо хориҷ мешавад? (Ҷавоб:  $11500 \text{ кҶ}$ ).
2. Дар мавриди аз  $2 \text{ кг}$  бухори харораташ  $100^\circ\text{C}$  ҳосил кардани ях чӣ миқдор гармо хориҷ мешавад? (Ҷавоб:  $6142 \text{ кҶ}$ ).

## 5.10. Паст шудани ҳарорат дар ҷараёни бухоршуд. Яхдон

Ҳангоми бухор шудани молекулаҳои моеъ ҳарорати моеъ кам мешавад.

Шарҳ: дар ҷараёни бухор шудани моеъ молекулаҳои баландсуръат аз сатҳи моеъ ҷанда шуда, боло мераванд ва ин боиси кам шудани суръати миёнаи онҳо мегардад. Азбаски ҳарорати моеъ бо суръати молекулаҳо баастагӣ дорад, коҳиши суръати молекулаҳо боиси паст гаштани ҳарорати моеъ мешавад.

Сард шудани моеъро метавонем дар таҷрибаи содае мушоҳида кунем: Сақочаи ҳароратсанҷро пахтапеч карда, бо эфир намнок мекунем. Эфири зудбухоршаванда қисми гармои дохилии ҳароратсанҷро бо худ мебарад ва дар натиҷа ҳарорати ҳароратсанҷ паст мешавад.

Дар тобистон шумо арақ карда бошед, шамолаки сусти ҳам дар назари шумо сард менамояд, зеро об аз сатҳи бадани шумо бухор шуда, қисми гармои дохилиро бо худ мебарад.

Дар мавриде, ки ҷараёни бухоршудии моеъ бошиддат бошад, моеъи бухоршаванда аз берун гармӣ гирифта наметавонад. Масалан, дар мавриди бухор шудани эфир ё этили хлордор, ки бо суръати баланд ба амал меояд, ҳарорати поёнтар аз 0 °C ҳосил кардан мумкин аст. Дар тиб ин хосияти моддаҳои номбурдари барои то ҳароратҳои паст сард кардани пӯсти касал ва ба ин васила беҳис гардондани он истифода мекунанд.

Рӯйдоди ҷиғолиш (конденсатсия) фароянди баръакси бухоршуд мебошад. Дар ҷараёни ҷиғолиши бухор ба миқдори муъайян гармо хориҷ мегардад. Дар ҳамаҷон як қимати ҳарорат гармои ҳангоми бухоршуд фурӯраванда баробари гармоест, ки ҳангоми ҷиғолиш хориҷ мегардад, яъне миқдори гармои бухоршуда ба миқдори гармои ҷиғолида баробар аст.

**Яхдон.** Падидаҳои бухоршуд ва ҷиғолиш истифодаи бисёр доранд. Масалан, дар яхдон ҳавои дарун ба воситаи амали аз ҳоли газӣ ба моеъ ва аз ҳоли моеъ ба газ гузаронидани моддаи корӣ сард карда мешавад. Ба

сифати чунин модда маъмулан фреон-12 ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ), аммиак, ангидриди сулфид истифода мешаванд.

Дар рас. 5.18 тарҳи яхдони компрессорӣ оварда шудааст. Яхдон аз се ҷузъи асосӣ иборат аст: компрессор (олати газфишорӣ) бо муҳаррики



Рас.5.18

электрикӣ А, конденсори В ва олати бухорондаи С.

Ғоҳи фишориш модда (масалан, фреон-12) дар найчаи морпечи конденсор (олати чиголанда) ба моеъ табдил меёбад ва миқдоре моеъ бо ҷумаки идорашаванда К ба бухоранда мегузарад. Ҳангоми поён омадани сӯмба (поршен)-и компрессор моеъ

бошиддат бухор мешавад. Бухор шудани молекулаҳо дар яхҷоягӣ бо фурубурди энергияи дохилии морпечи олати бухоранда ва маҳсулот сурат мегирад.



1. Чаро ҳангоми бухор шудани моеъ ҳарорати он кам мешавад?
2. Чӣ бояд қард, ки бо роҳи бухор шудани моеъ ҳарорати даруни яхдон поёнтар аз  $0^\circ\text{C}$  шавад?
3. Дар мавриди чиголида (конденсатсия) шудани бухор гармо фуру бурда мешавад ё кориҷ мегардад? дар мавриди бухоршуд чӣ?
4. Падидаҳои чиголиш ва бухоршудро дар амали яхдони компрессорӣ шарҳ диҳед.
5. Сабаб чист, ки дар аксари яхдонҳо фреон ё моддаҳои хосиятхошон ба фреон наздикро истифода мекунанд?

## 5.11. Ҷушиш

Ҳангоми гарм кардани об ё моеъи дигар дидан мумкин аст, ки дар қаъри зарфи моеъдор ва деворҳои он ҳубобчаҳои хурд-хурд пайдо мешаванд — ин бо ҳавои таркиби об алоқаманд аст. Дар дохили ҳубобчаҳо ғайр аз ҳаво боз бухори оби бухоршуда мавҷуд аст. Агар ҳарорат тағйир наёбад, андозаи ҳубобчаҳо

бетағйир мемонад, зеро дар ин маврид фишори дохилӣ ва берунӣ ҳамдигарро мувозанат медиҳанд. Агар фишори дохилӣ назар ба фишори берунӣ кам бошад, андозаи хубобчаҳо хурд мешавад ва онҳо метавонанд аз байн раванд. Бо афзоиши ҳарорат фишори дохилии хубобчаҳо меафзояд ва назар ба фишори беруна зиёд шуда метавонад. Дар ин маврид андозаи хубобчаҳо меафзояд ва онҳо сӯи боло ҳаракат мекунанд (қувваи архимедӣ онҳоро сӯи боло ҳаракат медиҳад). Ин ибтидои ҷӯшиш аст. Баъд, дар ҳарорати муъайян ба қадри ба сатҳи моеъ наздик шудани хубобчаҳо ҳаҷми онҳо меафзояд, онҳо мекафанд ва бухори даруни онҳо ба ҳаво хориҷ мешавад, яъне ҷӯшиш дар ҳарорате ба амал меояд, ки дар он фишори бухори сер (ниғ. рас. 5.11.) ба фишори берунӣ баробар шавад. Хотирнишон мекунем, бухореро, ки бо моеъи худ дар мувозанат аст, *бухори сер* мегӯянд.

Ҳароратеро, ки дар он моеъ мечӯшад, *ҳарорати ҷӯшиш* меноманд.

Равшан аст, ки ҳарорати ҷӯшиш ба фишори берунӣ вобастагӣ дорад. Ҳар қадаре ки фишори берунӣ паст бошад, моеъ дар ҳарорати ҳамон қадар пасттар мечӯшад. Оби муқаррарӣ дар фишори 1 атм (760 мм Hg) дар ҳарорати 100 °C мечӯшад. Бо иборати дигар, дар ҳарорати 100 °C фишори бухори сер ба фишори атмосферӣ баробар аст ва дар ин ҳол об мечӯшад. Шумо медонед, ки ҳарорати ҷӯшиши об дар баландиҳо нисбат ба сатҳи баҳр паст аст. Масалан, дар баландии тақрибан 4000м (ки дар он фишори ҳаво ~ 530 ммHg аст) ҳарорати ҷӯшиши об 90 °C аст. Агар фишори берунӣ ~ 4,58 мм Hg = 610 Па бошад, об дар ҳарорати 0 °C мечӯшад. Дар ҷадв. 5.4 вобастагии ҳарорати ҷӯшиш ба фишор оварда шудааст.

Ҳарорати ҷӯшиши моеъҳои ҳархела гуногун аст. Ҳарорати ҷӯшиши баъзе моеъҳо дар ҷадв. 5.5 оварда шудааст.

Ҳамаи моддаҳои, ки дар шароити муқаррарӣ газ мебошанд ва дар ҳарорати паст ба моеъ бадал мешаванд, дар ҳарорати паст мечӯшанд. Масалан, ҳидроген дар ҳарорати -253 °C мечӯшад.

Ҷадвали 5.4. Вобастагии ҳарорати ҷушиши об ба фишор

Ҳарорат °C	Фишор		Ҳарорат °C	Фишор	
	мм Hg	Па		мм Hg	Па
-50	0,030	4,02	40	55,3	$7,97 \cdot 10^2$
-10	1,95	$2,6 \cdot 10^2$	50	92,5	$1,23 \cdot 10^3$
0	4,58	$6,11 \cdot 10^2$	60	149	$1,99 \cdot 10^3$
5	6,54	$8,71 \cdot 10^2$	70	234	$3,12 \cdot 10^3$
10	9,21	$1,23 \cdot 10^3$	80	355	$4,73 \cdot 10^3$
15	12,8	$2,33 \cdot 10^3$	90	526	$7,01 \cdot 10^3$
20	17,5	$3,17 \cdot 10^3$	100	760	$1,09 \cdot 10^4$
25	23,8	$4,24 \cdot 10^3$	120	1489	$1,99 \cdot 10^4$

Ҷадвали 5.5. Вобастагии ҳарорати ҷушиши баъзе моеъҳо ба ҳарорат

Модда	Ҳарорат °C	Модда	Ҳарорат °C
Ҳелий	-268	Об	100
Ҳидроген	-253	Симоб	357
Оксиген	-183	Сурб	1740
Аммиак	-33	Мис	2567
Эфир	35	Оҳан	2750
Алкул (спирт)	78		

1. Моеъ дар ҷай ҳолат меҷушад?

2. Чаро ҳарорати ҷушиши об дар баландиҳои кӯҳ нисбат ба сатҳи баҳр паст аст?

3. Чаро ҳелий, оксиген, ҳидроген дар рӯи Замин фақат дар шакли газ дучор меоянд?



## 5.12. Кори газ ва бухор ҳангоми васеъ шудан

Чунонки дар боби 3 гуфтем, навъҳои гуногуни сӯзишворӣ, аз ҷумла нафт, газ, ангишт мавҷуданд, ки дорои захираи энергияи дохилии зиёд мебошанд. Инкишофи техника ва вобаста ба он сатҳи зиндагонӣ ба энергияи дохилии манбаъҳои гуногуни сӯзишворӣ алоқаманд мебошад. Истифодаи самараноки энергияи дохилии ҳамаи маъсалаи табдил додани энергияи дохилӣ ба энергияи механикӣ талаб мекунад. Табдили энергияи дохилӣ ба энергияи механикӣ метавонем бо мисоли ҳеле сода маънидор кунем (рас. 5.19).

Даҳони зарфи то ним пури обро бо пӯк баста зарфро гарм мекунем. Мабинем, ки баъди чанд муддат аз сӯзи гармоиш пӯк бо таъсири фишори бухор боло мепаррад.



Дар ин рӯйдод мо аз ҳисоби захираи энергияи сӯзишворӣ ба воситаи гармидиҳӣ энергияи дохилии обро зиёд карда, бухор ҳосил мекунем. Бухор, дар навбати худ васеъ шуда, кор иҷро мекунад, яъне кор аз ҳисоби энергияи дохилии сӯзишворӣ иҷро мешавад.

Бинобар ин, дар мавриди хурд будани васеъшуд фишорро собит ҷанбдорем. Он гоҳ метавонем кори иҷрокардаи газро ин тавр ифода кунем:

$$A = p(V_2 - V_1) \quad (1)$$

Ин ҷо  $p$  — фишор асту  $V_1$ ,  $V_2$  — ҳаҷмҳои ибтидоӣ ва интиҳоӣ.

Ба сифати манбаъи гармо мо метавонем аз навъҳои гуногуни сӯзишворӣ — нафт, газ, энергияи кимиёӣ, нури офтоб, гармоии ҳастай ва ғ. истифода кунем.

Ҳамин тавр, энергияи дохилии сӯзишвориро ба энергияи гармо табдил дода, аз ҳисоби гармо кори механикӣ иҷро кардан имконпазир аст.

**Мухаррик (мотор)-и ҳароратӣ олатест, ки дар он энергияи сӯзишворӣ ба энергияи механикӣ табдил меёбад.**

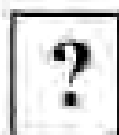
Намудҳои гуногуни муҳаррикҳои ҳароратӣ, аз ҷумла, муҳаррикҳои бухорӣ ва газӣ, муҳаррикҳои дарунсӯз ва реактивӣ

мавҷуданд. Сохти кори ҳамаи онҳо бар истифодаи васеъшудии ҳаҷмии газ (бухор) асос ёфтааст. Газ ҳангоми васеъ шудан кор иҷро карда, энергияи дохилии худро ба энергияи механикӣ табдил медиҳад.

Ғояи асосии истифодаи ҳамаи муҳарриқҳои ҳароратӣ ин аст, ки дар онҳо энергияи механикӣ аз ҳисоби сард гаштани газ ё бухор ҳосил мешавад. Дар ин маврид қисме аз гармии газ (бухор) ба энергияи механикӣ табдил меёбад.

Мо ин ҷо муҳарриқҳои ҳароратиро мавриди баррасӣ қарор медиҳем, ки кори худро бо даври муъайян такрор мекунанд.

Дар амалия ду намуди муҳарриқҳои ҳароратӣ – муҳарриқҳои бухорӣ ва дарунсӯза истифода мешаванд.



1. Аз ҳисоби энергияи дохилии сӯзишворӣ чӣ тавр кори механикӣ иҷро кардан имконпазир аст?
2. Кори васеъшудии газ бо кадом бузургҳои алоқамандӣ дорад?

### 5.13. Муҳарриқҳои бухорӣ

Муҳарриқҳои бухориро маъмулан ба ду навъ ҷудо мекунанд: машинҳои бухорӣ ва турбинҳои бухорӣ. Дар машини бухорӣ энергияи бухор бевосита ба энергияи механикии ҳаракати сунба (поршен) бадал мешавад.



Рас. 5.20

#### а) Машинҳои бухорӣ.

Дар рас. 5.20 тарҳи кори муҳарриқи бухорӣ бо истифодаи машини бухорӣ тасвир шудааст. Бухори тафсоии дар деги бухор ҳосилшуда ба воситаи қубур ва дарича (клапан)-и вуруд ба силиндри муҳарриқи бухорӣ ворид гашта, дар фазои зери сунба васеъ шуда, сунбаро ҳаракат дода, кор иҷро мекунанд. Бухори корхурда ва

сардшуда ба воситаи даричаи хуруҷ ба конденсатор дохил мешавад, ки он ба воситаи оби ҷорӣ сард карда мешавад. Дар конденсатор бухор ба об бадал мешавад.



Рас.5.21

Оби конденсатор бо ёрии тулумба (насос) ба дағи бухор меравад. Ҳамин тавр, дар ин гуна дастгоҳ ҳамон як миқдори об чанд бор истифода мешавад.

Дар рас. 5.21 тарҳи муҳаррики яқсиллиндраи Бухорӣ тасвир шудааст. Бухор бо ёрии қубури А ба зарфи бухортақсимкунанда ворид гашта, аз он ҷо ба силиндри С гоҳ аз як тарафи сунба, гоҳ аз тарафи дигари он дохил мешавад. Тақсимои бухор бо ёрии забончаи Д (ки вазифааш дар ҳар маърид кушода доштани яке аз ду канал аст) сурат мегирад.

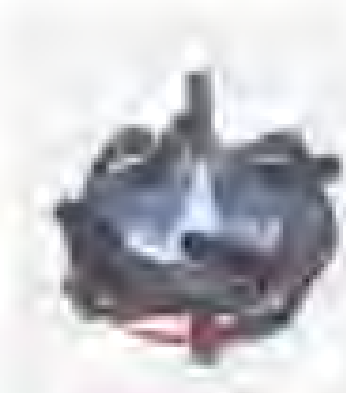
Ин дарича барои барқарордани бухор хидмат мекунад. Ҳангоми ворид шудан аз тарафи чап ба фазои зери сунба бухор васеъ шуда, сунбаро ба тарафи рост тела медиҳад ва бухори сардшудаи тарафи рости сунбаро бо қубури бухор ба конденсатор мегузаронад. Сунба гоҳи ҳаракат кардан навардери гардиш медиҳад, ки он бо гардона (дар русӣ маховик)-и К алоқаманд аст. Он гоҳ наварди дигаре, ки бо забонча пайваст аст, забончаро ба тарафи чап ҳаракат дода, канали ростро мекушояд. Бухори қорхӯрда аз қисми чап ба воситаи бухорроҳа ба конденсатор мегузарад. Ин фарояндҳо такроршавандаанд.

Ҳамин тавр, бо таъсири бухори васеъшаванда сунба гоҳ як сӯ, гоҳ сӯи дигар ҳаракат мекунад ва гардонро ба ҳаракат мебарорад (мечархонад). Гардона, дар навбати худ, қисмҳои гардандаи мошинҳои гуногун, аз ҷумла, генераторҳо (муваллидҳо)-и ҷараёни электрии ва м.ин.-ро ба ҳаракат дароварда, кори фойданок иҷро мекунад.

б) **Турбинҳои бухорӣ.** Сохти кори турбинҳои бухорӣ ба кори мошинҳои бухорӣ шабоҳат дорад. Тафовути асосӣ дар он аст, ки дар ин маърид вазифаи пеш рафтани ва бозгаштани сунбаро турбини ҷархзананда иҷро мекунад.

Тарҳи турбини бухорӣ дар рас.5.22 тасвир шудааст. Бухор аз дағи бухор ба воситаи қубури бо силиндр пайвастшуда ба





Рас.5.22

шайпураи қифмонанд дохил мешавад. Дар дохили цилиндр чархи паррадор шинонда шудааст. Дар рас 5.23 як чархи корӣ тасвир шудааст. Бухор аз шайпура бо суръати баланд берун мешорад. Бухори аз шайпура хориҷшаванда ба гӯраҳо фишор оварда, турбинро гардиш медиҳад. Турбинҳо ҷойи истифода бисёр доранд (қиштиҳо, неругоҳҳои барқ ва ғ.). Солҳои охир турбинҳои газӣ низ истифода мешаванд.



Рас.5.23



1. Машинҳои бухорӣ аз турбинҳои бухорӣ чӣ фарқ доранд?
2. Конденсатор чӣ вазифаро адо мекунад? шайпура чӣ?

#### 5.14. Мухарриқҳои дарунсӯз

Дар муҳарриқи дарунсӯз сӯзишворӣ бевосита дар дохили цилиндр, яъне дар даруни муҳарриқ месӯзад. Ба сифати сӯзишворӣ бензин, карасин, нафт ё гази сӯзанда истифода мешаванд.

Мухарриқи дарунсӯзи чортактаи карбураториро мавриди баррасӣ қарор медиҳем. Ин гуна муҳарриқ аслан чор ҷузъи асосӣ - карбуратор, сунба (поршен), цилиндр, олати шараразонӣ барқӣ ва ҷузъиёти бо инҳо алоқамандро дарбар мегирад. Як муҳарриқ метавонад чанд сунба (поршен) дошта бошад. Карбуратор сӯзишворӣ ва ҳаворо омезиш дода, як навъ омехтаи газмонанди зуддариранда ҳосил мекунад. Дар қисми болои цилиндр барои ҳар поршен ду дарича (кӯлапан) мавҷуд аст, ки онҳо дар лаҳзаҳои даркорӣ ба таври автоматӣ кушода ва пӯшида мешаванд. Яке аз даричаҳо (1) вазифаи ба даруни цилиндр ворид соختани сӯзишворӣ (масалан, омехтаи бензин ва ҳаво) ва даричаи дигар (2) вазифаи берун баровардани

газҳои корхӯрдаро адо мекунад (рас 5.24).

Мухарриқҳои карбуратории чортакта аз он сабаб ин тавр ном гирифтаанд, ки дар онҳо сунба чор ҳаракати пайдарпайи тақроршаванда мекунад: вуруди сӯзишвории омехта бо ҳаво ва фишориши он, гашти кории сунба ва хуруҷи газҳои корхӯрда:

**1. Вуруди сӯзишворӣ.** Сунба бо ерии шатун бо наварди зону-зону пайвааст шудааст. Ба наварди зону-зону ҳам сарҷарҳи вазнин (гардона, маховик) насб шудааст. Дар вақти гардиши наварди зону-зону сунба ба поён ҳаракат карда, дар болои цилиндр фазои ҳавои тунук ба вуҷуд меорад. Дар якҷоягӣ бо ин ба воситаи даричаи вуруд омехтаи сӯзанда (буҳори бензин ва ҳаво) ба даруни цилиндр мекида мешавад. Ҳангоми ба нуқтаи поёни расидани сунба ҳаҷми болои сунба бо омехтаи сӯзанда пур шуда, даричаи вуруд пӯшида мешавад.

**2. Фишориш.** Дар гардиши минбаъда наварди зону-зону сунбаро ба боло ҳаракат дода (дар ин ҳолат ҳарду дарича пӯшида мебошанд), омехтаи сӯзандаро мефишорад (рас. 5.24, 2). Дар нуқтаи болоии гашти дуҷум омехта аз шарораи электрикӣ дармегирад. Ҳарорати маҳсулоти газмонанди сӯзанда ба  $1600 - 1800^{\circ}\text{C}$  мерасад.

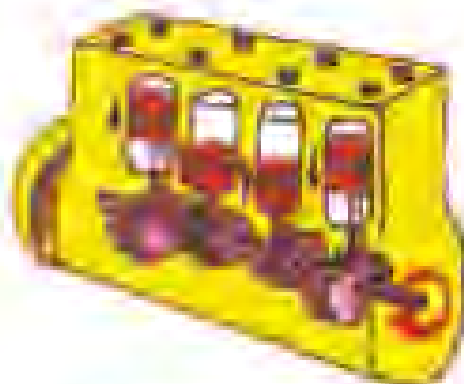
**3. Гашти корӣ.** Ҳаҷми газҳое, ки аз сӯзиши омехтаи сӯзанда ба вуҷуд меоянд, васеъ шуда сунбаро ҳаракат дода, кори механикӣ иҷро мекунанд (рас. 5.24, 3).

**4. Хуруҷ.** Ҳангоми ба нуқтаи поёни расидани сунба дар тақти сеюм, даричаи хуруҷ кушода мешавад. Сунба ба боло ҳаракат карда, гази аз сӯхтани омехта ҳосилшударо ба воситаи даричаи хуруҷ берун мебарорад. Дар охири гашти 4 даричаи хуруҷ пӯшида мешавад (рас. 5.24, 4).

Минбаъд гаштҳои номбурда тақрор мешаванд. Ҳамин тавр, аз чор гашт (такт) фақат яктояш – гашти сеюм гашти корӣ мебошад. Буриши муҳарриқи чорцилиндраи дарунсӯз дар рас. 5.25 тасвир шудааст.



Рас 5.24



Рас. 5.25



1. Мошинҳои дарунсӯз аз мошинҳои буҳорӣ бо кадом ҷиҳати худ фарқ мекунанд?
2. Сӯзишвории моеъ ба силиндри муҳаррики дарунсӯз дар шакли омехта дода мешавад. Ин чӣ зарурат дорад?
3. Вазифаи гашт (такт) - ҳоро шарҳ диҳед.
4. Дар як гашти корӣ чӣ қадар кор иҷро мешавад?

### 5.15. Самари муҳаррикҳои ҳароратӣ

Самари ҳар гуна муҳаррики дарунсӯзро бо бузургии таъйин мекунанд, ки он суди муҳаррик ( $\eta$  коэффисенти кори фойданоки муҳаррик) ном гирифтааст.

Суди муҳаррики ҳароратӣ  $\eta$  гуфта нисбати кори иҷрокардаи муҳаррик  $A_c$ -ро бар миқдори гармо  $Q_0$  мефаҳманд, ки ҳангоми пурра сӯختани сӯзишворӣ хориҷ мешавад:

$$\eta = \frac{A_c}{Q_0} \quad (1)$$

ё бо дарсадҳо

$$\eta = \frac{A_c}{Q_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

Дар муҳаррикҳои дарунсӯз энергияи ҳароратиро ба энергияи механикӣ дар сурате табдил додан мумкин аст, ки барои аз ҳарорати баланд  $T_0$  ба ҳарорати паст  $T_1$  гузаштани модаи корӣ шароит фароҳам ояд. Агар миқдори гармои зодаи сӯзишвориро  $Q_0$  ва миқдори гармои ба ҳарорати паст гузаштаро  $Q_1$  гӯем, он гоҳ дар асоси қонуни бақои энергия

$$Q_5 = Q_n + A_c \quad (3)$$

мешавад. Ё ин ки

$$A_c = Q_5 - Q_n \quad (4)$$

Қимати  $A_c$  -ро аз формулаи (4) ба (1) гузошта, ҳосил мекунем:

$$\eta = \frac{Q_5 - Q_n}{Q_5} = 1 - \frac{Q_n}{Q_5} \quad (5)$$

Аз формулаи (5) хулосаи зайл мегирем: ҳар қадаре ки  $Q_n$  кам бошад, суди муҳаррик ҳамон қадар зиёд аст. Суди ҳама гуна машину механизм ҳамеша хурд аз 1 ( $\eta < 1$ ) аст ва барои машинҳои дарунсӯз 20-40%, барои турбинҳои бухорӣ тақрибан 30% мебошад.

Суди муҳаррикҳои ҳароратӣ бо ҳарорати ибтидоӣ ва интиҳӣ чунин бастагӣ дорад :

$$\eta = \frac{T_5 - T_n}{T_5} 100\% \quad (6)$$

**Масъала:** Ҳарорати ибтидоии турбини бухорӣ  $T_5 = 500$  К ва ҳарорати интиҳӣ  $T_n = 300$  К аст. Суди турбинро ёбед.

*Додаҳо:*

$$T_5 = 500 \text{ К,}$$

$$T_n = 300 \text{ К}$$

$$\eta = ?$$

*Ҳал:* Додаҳо ба формулаи

$$\eta = \frac{T_5 - T_n}{T_5} 100\%$$

гузошта, ҳосил мекунем:

$$\eta \approx 40\%.$$

?

1. Суди муҳаррикҳои ҳароратӣ чиро ифода мекунанд?
2. Чаро суди муҳаррикҳои ҳароратӣ ба як баробар буда ё ин ки аз як зиёд шуда наметавонанд?
3. Суди муҳаррикҳои ҳароратӣ бо ҳарорати ибтидоӣ ва интиҳӣ чӣ гуна бастагӣ дорад?

### Машқ

1. Муҳаррики дарунсӯз барои иҷро кардани кори судманди  $1,15 \cdot 10^6 \text{ Дж}$  1 кг бензин сарф мекунад. Суди ин муҳаррикро ёбед. (Ҷавоб: 25 %).

2. Бухор ба турбини бухорӣ бо ҳарорати  $480 \text{ }^\circ\text{C}$  ворид мешаваду газҳои корхӯрда бо ҳарорати  $336 \text{ }^\circ\text{C}$  берун партофта мешаванд. Суди турбин чӣ қадар аст? (Ҷавоб: 30 %).

### Масъалаҳои тестӣ

1. Зичии модда бо миқдори ҳаҷмӣ (концентратсия)-и молекулаҳо чӣ бастагӣ дорад?

А. Алоқамандӣ надорад.

Б. Зичии модда ба миқдори ҳаҷмии молекулаҳо  $n$  мутаносиби чаппа аст.

В. Зичии модда ба ҳосили зарби миқдори ҳаҷмии молекулаҳо  $n$  ва массаи модда баробар аст.

С. Зичии модда ба ҳосили зарби миқдори ҳаҷмии молекулаҳо  $n$  ва массаи як молекула баробар аст.

2. Гармои хоси гудозиши сурб ба  $0,25 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$  баробар аст. Ин чӣ маъно дорад?

А. Барои гудохтани сурби массааш маълум  $0,25 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$  гармо зарур аст.

Б. Барои то ҳарорати гудозиш гарм кардани 1 кг сурб  $0,25 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$  гармо зарур аст.

В. Барои гудохтани сурби массааш 1 кг, ҳарораташ баробари ҳарорати гудозиш  $0,25 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$  гармо зарур аст.

С. Барои гудохтани сурби массааш 1 кг ва ҳарораташ мӯътадил  $0,25 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$  гармо зарур аст.

3. Ду зарфи полиэтиленӣ якхеларо пури оби ҳарораташ  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  карданд. Баъд якеи он зарфҳоро дар об гузоштанду дигарашро – дар даруни яхи кӯфта. Бигзор ҳарорати ин об ва яхи кӯфта низ мисли ҳарорати ҳавои муҳити атроф  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  бошад. Оё об дар ягонтои он зарфҳо ях мебандад?

А) Ях мебандад.

Б) Қисмаш ях мебандад.

В) Ях ба об табдил меёбад.

С) Не, зеро энергияи дохилии обу ях тағйир намеёбад.

4. Нукрапорае дорем, ки массааш 20 г ва ҳарораташ баробари ҳарорати гудозишаш мешавад. Барои ба моеъ табдил додани он чӣ қадар гармо лозим аст ( $L = 10^5$  Ҷ/кг)?

А. 2000 Ҷ. Б. 200 Ҷ. В. 2000 кҶ. С.  $2 \cdot 10^6$  Ҷ

5. Барои об кардани яхи массааш 10 кг ва ҳарораташ  $0^\circ\text{C}$  ва баъд то ҳарорати  $30^\circ\text{C}$  гарм кардани оби ҳосилшуда чӣ миқдор гармо лозим аст? ( $L = 3,4 \cdot 10^5$  Ҷ/кг,  $c = 4200$  Ҷ/кг $\cdot^\circ\text{C}$ ).

А. 1160 кҶ. Б. 4660 кҶ. В. 5660 кҶ. С. 2660 кҶ.

6. Гармои хоси гудозиш  $L_{\text{гуд}}$  ва гармои хоси сахтшуд  $L_{\text{сахт}}$  аз ҳамдигар бо чӣ фарқ мекунанд?

А. Айни ҳамдигаранд, дар ҳарду маврид миқдори гармои яхела хориҷ мешавад.

Б. Айни ҳамдигаранд, дар ҳарду маврид миқдори гармои яхела фурӯ бурда мешавад.

В. Айни ҳамдигаранд, дар мавриди гудозиш миқдори гармои зарурӣ фурӯ бурда мешавад, вале ҳангоми сахтшуд хориҷ мешавад.

С. Айни ҳамдигаранд, дар ҳарду маврид миқдори гармои яхела талаф меёбад.

7. Ҳангоми сахт шудани руҳи моеъи массааш 0,5кг, ҳарораташ баробари ҳарорати гудозиш ва то ҳарорати  $19^\circ\text{C}$  сард шудани руҳи сахтшуда чӣ қадар гармо хориҷ мегардад? ( $L = 1,2 \cdot 10^6$  Ҷ/кг;  $c = 380$  Ҷ/кг $\cdot^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{сахт}} = 419^\circ\text{C}$ ).

А. 136 кҶ. Б. 126 кҶ. В. 156 кҶ. С. 166 кҶ.

8. Дар як истакон алкули ҳарораташ  $20^\circ\text{C}$ , дар истакони дигар оби ҳамонгуна ҳарорат мерезем. Баъд ба ҳарду истакон яктоғӣ ҳароратсанҷи яхела меандозем. Нишондоди кадмин ҳароратсанҷ пасттар хоҳад буд?

А. Нишондоди ҳароратсанҷи даруни об (об нисбат ба алкул зиёдтар бухор мешавад).

Б. Нишондоди ҳароратсанҷи даруни алкул (алкул нисбат ба об зиёдтар бухор мешавад).

В. Нишондодҳои ҳарду ҳароратсанҷ яхела мемонанд.

С. Нишондоди ҳароратсанҷи даруни алкул бетағйир монда нишондоди ҳароратсанҷи даруни об паст мешавад.

9. Барои ба бухор табдил додани 20 кг оби ҳарораташ

100 °C чӣ қадар гармо лозим аст?

А.  $4,6 \cdot 10^6$  Ҷ. Б.  $4,6 \cdot 10^5$  Ҷ. В.  $4,6 \cdot 10^7$  Ҷ. С.  $4,6 \cdot 10^8$  Ҷ.

10. Ҳангоми чиголида (конденсатсия) шудани 25 кг бухори ҳарораташ 100 °C чӣ қадар гармо хориҷ мешавад?

А. 57500 кҶ. Б. 575000 кҶ. В. 5750 кҶ. С. 575 кҶ.

### Чанд масъала

1. Агар тамоми энергияи аз сӯзиши 20 г карасин хориҷшаванда барои гарм кардани 44кг об сарф шавад, ҳарорати об, чӣ қадар тағйир меёбад? Гармои хоси сӯхти карасин  $q = 4,6 \cdot 10^7$  Ҷ/кг, гармигунҷориши хоси об  $c = 4200$  Ҷ/кг. °C мебошанд. (Ҷавоб:  $\approx 5$  °C).

2. Дар асоси назарияи ҷумбишҳои молекулии сохти модда шарҳ диҳед, ки чаро дар лаҳзаи гудозиши ҷисм ва сахтшудии он ҳарорати ҷисм намеафзояд.

3. Ғулаҳои баробармассаи алюмин ва сурб то ҳарорати гудозишашон гарм карда шудаанд. Барои гудохтани кадоми ин ҷисмҳо гармои зиёдтар ва чанд баробар зиёдтар зарур аст?

4. Барои об кардани 40 кг яхи ҳарорати аввалааш  $-10$  °C ва ҷӯшондани он чӣ миқдор гармо зарур аст? (Ҷавоб: 31240кҶ)

5. Лавҳачаи сурбии ҳаҷмаш  $88,5$  см<sup>3</sup> то ҳарорати гудозиш гарм карда шуд. Барои гудозиши сурбпора чӣ миқдор гармо лозим аст? (Ҷавоб:  $2,5 \cdot 10^4$  Ҷ).

6. Барои гудохтани 10 т оҳани ҳарораташ баробари ҳарорати гудозиш чӣ қадар гармо лозим аст? (Ҷавоб:  $2,7 \cdot 10^9$  Ҷ).

7. Барои об кардани 100 кг яхи ҳарорати аввалааш  $-10$  °C ва ҷӯшонидани он чӣ миқдор гармо зарур аст? (Ҷавоб: 78 100 кҶ).

8. Дар ду косаи якхела дар як вақт ба миқдори баробар, аммо ба яке об ба дигаре рағани ҳарораташон якхела рехтанд. Кадоми онҳо зудтар сард мешавад?

9. Чӣ миқдор гармӣ зарур аст, ки аз яхпори массааш 8 кг ва ҳарораташ  $-10$  °C бухори ҳарораташ 100 °C ҳосил карда шавад? (Ҷавоб: 24648 кҶ).

10. Муҳаррики дарунсӯз 5 кг бензин сӯхта, кори судманди  $4,6 \cdot 10^8$  кҶ-ро иҷро кард. Суди муҳаррикро муъайян кунед. (Ҷавоб: 20 %).

## 6. БАҶҚ (ЭЛЕКТР) 1.

### 6.1. Барқаманд шудани ҷисмҳо

Чунони шумо, хонандагони вақт оғоҳ ҳастед (ниг. "Физика, 7"), ду ҷисме, ки дорони масса мебошанд, ба ҳамдигар бе таъсир аз ин ё он масофа низ ба василаи қувваи ҷозиба таъсир рабонда метавонанд. Ин қувва Моҳро дар гирди Замин, сайёраҳоро дар гирди Офтоб мегардонад. Вале қувваи ҷозиба қувваи ягонаи бе таъсир ва аз дур таъсиркунанда нест. Мо чандин бор аз хусуси таъсири магнитӣ сухан рондем. Магнити наҷандон қалон метавонад кашиши Замини қалонҷуссаҳо баргараф карда, меҳи оҳаниро боло бардорад. Яъне таъсири *бетамоси* магнитӣ нисбат ба таъсири ҷозибавӣ зиёд аст.

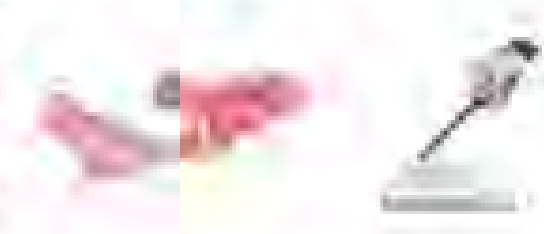
Акнун боа бо як наъми қувваи аз ин ё он дурӣ таъсиркунанда — бо қувваи электрикӣ шинос мешавем.

Меғӯянд, ки файласуфи Юнони қадим Фалес таъсири қувваи электрикӣ тақрибан 2600 сол пеш аз давраи мо мушоҳида кардааст. Агар каҳрабӯро ба матоъи пашмин молиш (сойиш) диҳем, хосияти ҷисмҷазбкунандагӣ пайдо карда, ҷисмҳои сабӯро ба худ мекашад. Қалмаи юнонии **электр** (электрон) маънои **каҳрабӯ** дорад. Каҳрабӯ зифти саҳтшудаи дарахти сӯзанбарг аст.

Хосияти ҷисмҷазбкунандагиро на танҳо каҳрабӯи ба матоъи пашмин молишхӯрда, балки чӯбчаи эбонитӣ ё хаткашаки пластмасии ба матоъ сойида низ доранд (эбонит, каучукест, ки дар таркибаш омехтаи зиёди сулфур дорад).

Хосияти ҷисмҳои дигарро ҷазб кардани ҷисмҳои молишхӯрда **барқаманд** будани онҳоро ифода мекунад. Яъне **сабаби электрнокшавии ҷисмҳо соҳиби барқа** (заряди электрия) **будани онҳо аст.**

Ҳамин тавр, бузургии наъми физикӣ **барқа** (заряди электрикӣ) ба майдони истеъмол омад. Минбаъд хосияти барқаҳоро месомӯзем. Барқаманд шудани ҷисмҳо «маҳсули» сойиши ду ҷисм аст: чӯбчаи каҳрабӯ — матоъи пашмин; эбонит — матоъи пашмин ё қоғаз ва ҳоказо. Дар ҳамаи ин маъриҳҳо ҳарду ҷисм соҳиби барқа (заряди электрикӣ) мешаванд.



Рас. 6.1





1. Қувваҳоеро номбар кунед ва хосиятҳои онҳоро шарҳ диҳед, ки бо ҳамдигар ба тавос (аз ин ҷо он масофа) таъсир мерасонанд.
2. Чаро қисмҳои бо матоъи пашмин сояшхӯрда қобилияти ҷазбкунандагиро соҳиб мешаванд?

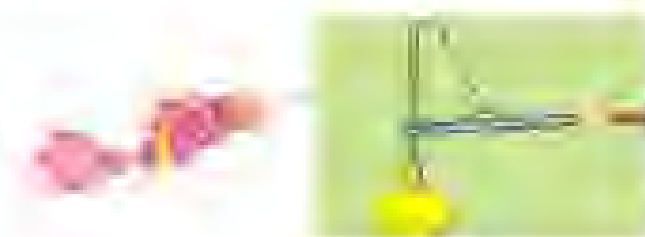
## 6.2. Ду навъи барқа (заряди электрия)

Пеш аз ҳама пурсиш ба миён меояд, ки чанд навъ барқа мавҷуд аст. Посух чунин аст: ду навъи барқа вуҷуд дорад—барқаи мусбат ва барқаи манфӣ. Буди онҳоро бо таҷрибаҳои сода намоиш додан мумкин аст.

Хаткашаки пластмассиро ба матоъи пашмин сояиш дода, аз мобайни он бо ресмон меовезем. Баъд хаткашаки пластмассии дигареро низ бо ҳамин тарз барқаманд карда, ба хаткашаки овезон наздик мебарем ва мебинем, ки онҳо аз ҳамдигар тела меҳӯранд (рас. 6.2). Ин таҷрибаро метавонем бо чӯбчаҳои шишагини ба матоъи абрешимӣ сойдашуда низ такрор карда бинем, ки он чӯбчаҳо аз ҳамдигар тела меҳӯранд. Хуллас, қисмҳои якхелаи бо ҳамон як роҳ барқамандшуда аз ҳамдигар тела меҳӯранд. Вале агар шумо чӯбчаи шишагини ба матоъи абрешимӣ молишдодаро бо хаткашаки пластмассии ба матоъи пашмин молишхӯрда наздик кунед, мебинед, ки онҳо ҳамдигарро мекашанд (ҷазб мекунанд) (рас. 6.3). Пас, маълум мегардад, ки навъи барқро, ки ҳангоми молиш додани чӯбча бо матоъи абрешимин ҳосил шудааст, аз барқаи хаткашаки ба

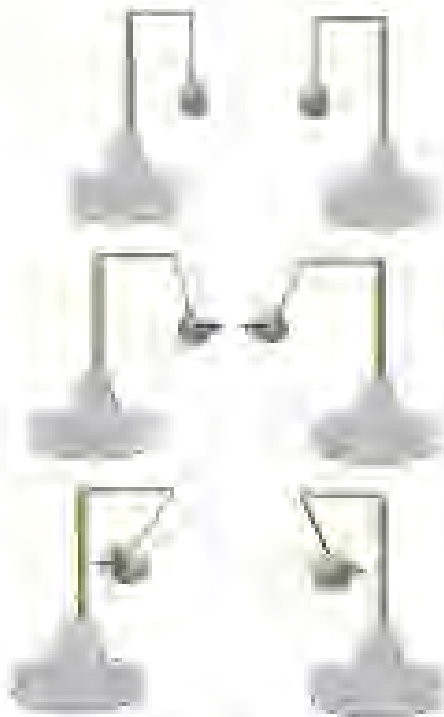


Рас. 6.2



Рас. 6.3

матоъи пашмин молишхӯрда фарқ мекунанд. Барқаҳои якхела (ҳамном) аз ҳамдигар тела меҳӯранд ва барқаҳои гуногун (гуногунном) ҳамдигарро ҷазб мекунанд. Яке аз ду навъи барқаро "барқаи мусбат" гуфтаанду дигареро –



Рас. 6.4

“барқои манфӣ”. Албатта, интихоби аломати барқҳои манфӣ ва мусбат шартӣ мебошад. Расм шудааст, ки барқои қаламчои ба матоъи абрешимин молишхӯрда мусбат гирифта шаваду барқои қаҳрабо (эбонит, гугирд, резин)-и ба матоъи пашмин молишхӯрда — манфӣ.

Ҳамин тавр, таҷриба нишон дод, ки ду навъи барқа — барқҳои мусбат ва манфӣ вуҷуд доранд. Барқҳои гуногуналомат, чунонки гуфтем, ба ҳамдигар ҷазб мешаванду барқҳои яқаломат аз ҳам тела мехӯранд (рас. 6.4).

Ҳангоми молиш додани ҷисмҳо дар яке аз онҳо як миқдор барқои мусбат пайдо мешаваду дар ҷисми дигар — ҳамон миқдор барқои манфӣ.

*Ҷамъи алҷабрии барқҳои манфӣ ва мусбат баробари сифр аст. Ин*

ифодаи қонуни барқои барқа мебошад.

Ҷисмҳои, ки ба роҳи молишдиҳӣ барқаманд мешаванд, муддате барқадор буда метавонанд. Аммо баъд онҳо охишта-охишта барқои худро ба молекулаҳои ҳаво дода, хунсо (бебарқа) мешаванд.



1. Ду хаткашани пластмасии бо матоъи пашмин молишхӯрда ба ҳамдигар чӣ тавр таъсири мутақобил мекунанд?
2. Хаткашани пластмасии бо матоъи пашмин молишхӯрда ва ҷубҷан бо матоъи абрешимин молишхӯрда чӣ тавр таъсири мутақобил мекунанд?
3. Чанд навъи барқа вуҷуд дорад?
4. Таъсири мутақобили байни барқҳои яқаломат ва гуногуналомат чӣ гуна аст?

### 6.3. Барқаманд (электрон) шудани ҷисмҳо ҳангоми расиш

Ҳангоми ба ҳам расондани ду ҷисми филизӣ (металлӣ)-е, ки яке барқадор,

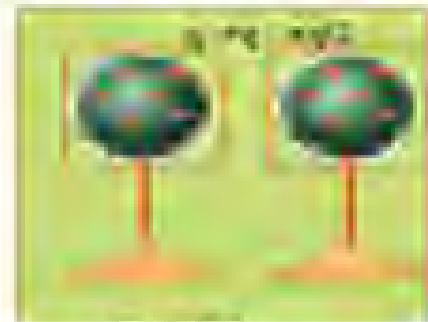
Рас. 6.5



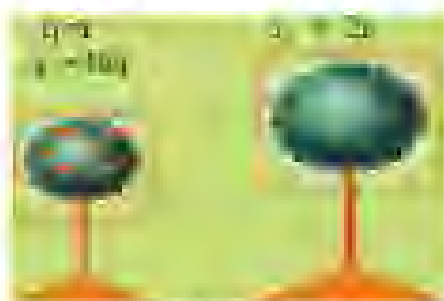
вале дигараш бебарқа аст, ҷисми бебарқа соҳиби барқа мешавад. Масалан, агар шумо ду кураи филизиро, ки яке барқаманд асту дигаре бебарқа (рас.6.5) бо ҳам расонед, мекунед, ки ҳардуи онҳо барқадоранд (рас.6.6). Агар радиуси кураҳои бо ҳам расида яқинла бошад, он гоҳ барқҳои ҳарду кура яқинла мешавад (рас.6.7). Агар радиуси кураи филизии бебарқа нисбат ба кураи барқадор ду бор зиёд бошад, он гоҳ кураи хурд дорои барқҳои  $1/3$  ҳиссаи барқҳои аввала ва кураи радиусаш калон дорои барқҳои баробар ба  $2/3$  ҳиссаи барқҳои аввала мешаванд. Яъне, агар бузургии барқҳои аввала  $q$  бошад, он гоҳ барқҳои кураи радиусаш  $r$  ба  $q_1$  ва барқҳои кураи радиусаш  $2r$  ба  $q_2 = 2/3q$  баробар мешавад. Умуман, барқҳои кураҳои радиусашон  $r_1$  ва  $r_2$  ва барқҳои онҳо  $q_1$  ва  $q_2$  и бо ҳам расида ин хел ёфта мешавад:



Рас.6.6



Рас.6.7



Рас.6.8

$$q_{r_2} = \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} r_2 \quad (2)$$

$$q_{r_1} = \frac{q_1 + q_2}{r_1 + r_2} r_1 \quad (1)$$

Дар ин ҷо  $q_1$  барқҳои кураи радиусаш  $r_1$  баъди бо кураи радиусаш  $r_2$  расидан асту  $q_2$  барқҳои кураи радиусаш  $r_2$ .

Ҳамин тавр, ҳар қадар, ки андозаи кура калон бошад, он ҳамон қадар барқҳои бештар мегирад. Ҳамин аст, ки барқҳои ҷисмҳо танҳо ба Замин мешорад. Дар маъриди ба Замин расидани ҷисми барқаманд, қариб ҳама барқҳои ҷисм ба Замин мегузарад, зеро Замин назар ба ҳар гуна ҷисм андозаҳои ҳазорҳо бор зиёд дорад.

**Як мисол.** Кураи филизии радиусаш  $r$ -и барқҳои аввалааш  $18q$ -ро (рас.6.8) ба кураи радиусаш  $2r$  расониданд. Кураҳо баъди расиш соҳиби чӣ қадарӣ барқа мешаванд?

Додаҳо:

$$q_1 = 18q,$$

$$r_1 = r,$$

$$r_2 = 2r$$

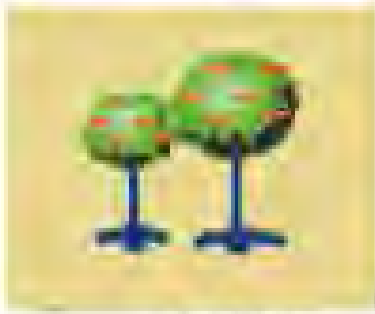
$$q_{r1} = ?$$

$$q_{r2} = ?$$

Ҳал: Дар асоси формулаҳои (1) ва (2) мёёбем:

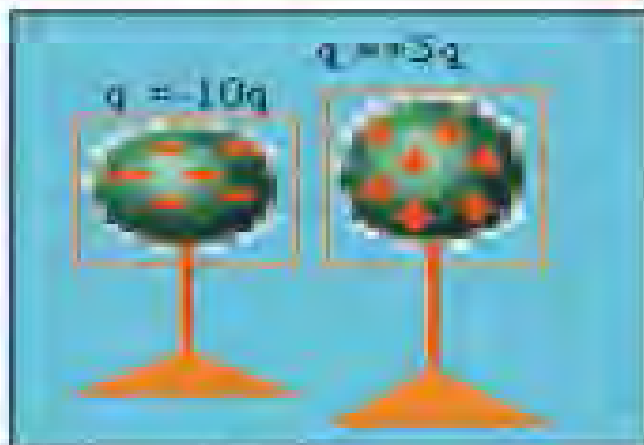
$$q_{r1} = \frac{18q}{3r} r = 6q; \quad q_{r2} = \frac{18q}{3r} 2r = 12q.$$

Ҳамин тавр, ҳангоми расиш кураи радиусааш  $2r$  нисбат ба кураи радиусааш  $r$  ду бор зиёдтар барқадор мешавад (рас.6.9).

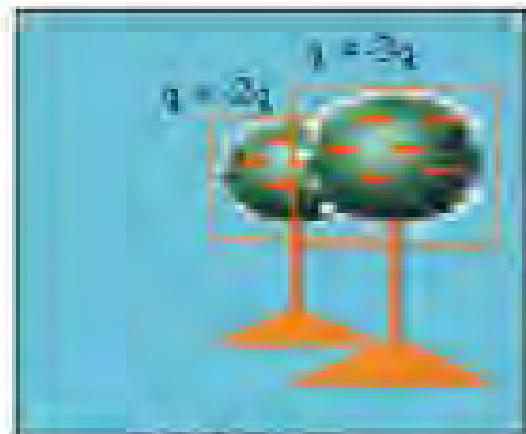


Рас.6.9

Як мисоли дигар. Ду кураи барқамандеро, ки радиуси яке аз онҳо  $2r$ , барқаш  $-10q$ , радиуси дигаре  $3r$  ва барқаш  $+5q$  бо ҳам расониданд (рас.6.10; ва 6.11). Барқии кураҳоро ёбед.



Рас.6.10



Рас.6.11

Додаҳо:

$$q_1 = 18q,$$

$$r_1 = r,$$

$$r_2 = 2r$$

$$q_{r1} = ?$$

$$q_{r2} = ?$$

Ҳал:

$$q_{r1} = \frac{-10q + 5q}{5r} 2r = -2q;$$

$$q_{r2} = \frac{-10q + 5q}{5r} 3r = -3q.$$

?

1. Ҳангоми ба ҳам расидани ду кураи барқаманд чӣ ҳодиса рӯй меоید?
2. Барқии ду кура ба радиусҳои он чӣ бастагӣ дорад?

#### 6.4. Электроскоп (барқабин)

Капимаи электроскоп аз калимаҳои юнонии *electron* — каҳрабо ва *scopeo* — мушоҳида қардан таркиб ёфтааст. Электроскоп асбобест, ки ба воситаи он ҳамтаъсири барқаҳоро мушоҳида мекунанд. Содатарин электроскопро ду варақаи тунуки алюминӣ ё тиллоие ташкил медиҳанд, ки дар милаи оҳанин оғезонанд. Дар чунин электроскоп милаи оҳанин бо ёрии пӯки эбонитӣ ё каҳрабой дар даруни зарфи шишагин ҷойгир карда мешавад (рас. 6.12). Агар ба кураи электроскоп ҷисми барқаманде, масалан, хаткашаки пластмасоиеро, ки ба матоъи пашмин молиш дода шудааст, расонем, мебинем, ки варақаҳо аз ҳамдигар дур мешаванд.



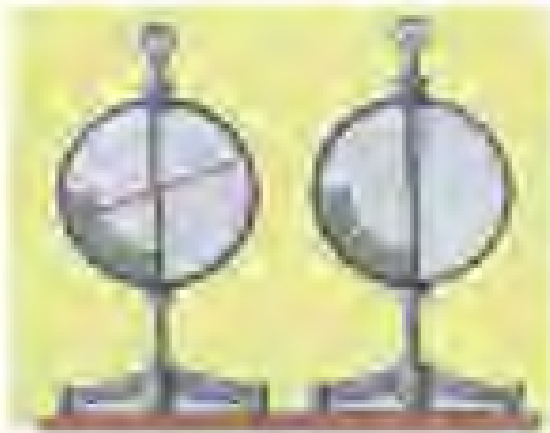
Рас.6.12



Рас.6.13

Сабаб чист, ки варақаҳо аз ҳам дур мешаванд? Барқаҳои дар хаткашаки пластмасоӣ ҳосилшуда ба воситаи милаи оҳанин ба варақаҳои электроскоп расида, онҳоро барқаманд мекунанд. Ба сабаби он ки ҳарду варақа якхела (манфӣ) барқаманд мешаванд, онҳо аз ҳамдигар тӯла меҳӯранд.

Ин таҷрибаро бо ёрии ҷӯбҷаи шишагини мусбатбарқа намодиш додан мумкин аст. Дар ин маврид варақаҳои электроскоп соҳиби барқаи мусбат шуда, аз ҳамдигар тӯла меҳӯранд (рас.6.13)



Рас. В.14

Чунонки дар боло гуфтем, хангоми ба ҳам расондани кураҳои барқанок ва беварқа кураи беварқа низ соҳиби барқа мешавад. Аз ин рӯ агар ба кураи электроскопи барқаманд кураи беварқаро расонем, барқии электроскоп кам мешавад — дар ин сурат варақаҳои электроскоп ба ҳамдигар наздик меоянд. Агар кураи беварқа нисбат ба кураи

электроскоп калон бошад, қисми зиёди барқа ба он мегузарад.

Он гоҳ варақаҳо ба ҳам наздик меоянд.

Талахӯрди варақаҳо ба бузургии барқа вобастагӣ дорад. Ҳар қадаре ки барқии электроскоп зиёд бошад, варақаҳо аз ҳамдигар ҳамон қадар сахттар дур мешаванд.

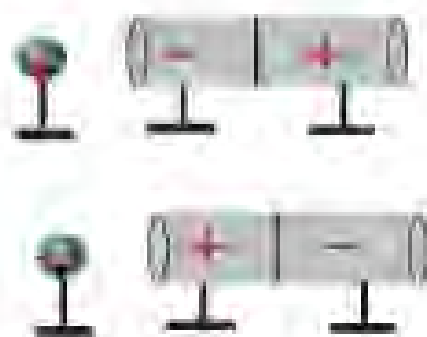
Ҳамин тавр, аз рӯи тағйироти кунҷи байни варақаҳои электроскоп зиёд ё кам шудани миқдори барқаро дидан мумкин аст. Дар расми В.14. тарҳи намунаи электроскопи миқёсдор (шкаладор) тасвир шудааст. Электроскопҳои миқёсдорро *электрометр* меноманд.

Дар электрометрҳо ба ҷои варақаҳо аҳрабаки сабуки гирди меҳвар гардишхӯранда истифода мешавад. Ин гуна асбобҳои ҳассос дар амалия барои чен кардани шиддати нурафканиӣ моддаҳои радиоактив низ истифода мешаванд.

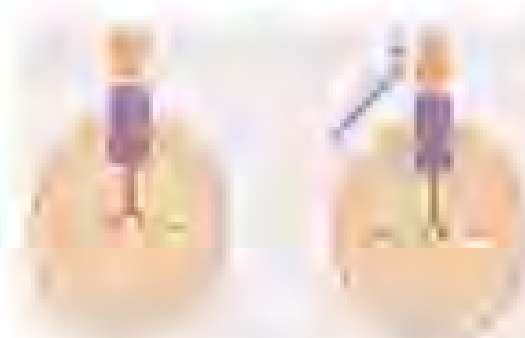


1. Соҳти электроскоп чӣ гуна аст? Электрометр чист?
2. Чаро хангоми ба кураи электроскоп расондани қисми барқаманд варақаҳои он аз ҳамдигар дур мешаванд?
3. Чаро хангоми ба кураи электроскоп расонидани кураи беварқа варақаҳои электроскоп ба ҳамдигар наздик мешаванд?
4. Дар сурати кураи электроскопро ба Замин пайваст кардан чӣ падида рӯй медиҳад?
5. Чӣ тавр бо ёрии электроскоп аломати барқаро муайян кардан мумкин аст?

## 6.5. Илқо (индуксия)-и электростатикӣ



Рас. 6.15



Рас. 6.16

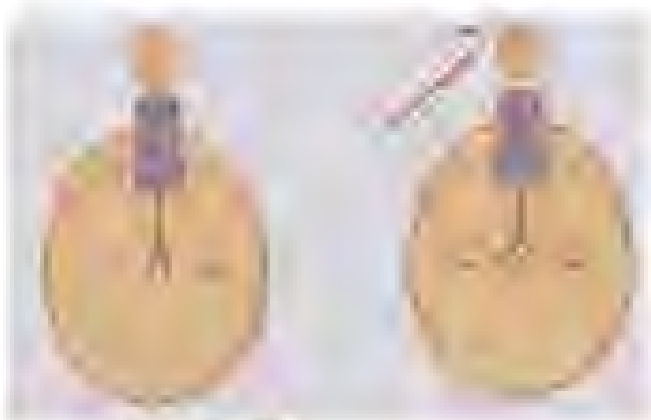
Ба ноқил чизеро норасонида, барқаҳои дохили онро аз ин ё он масофа (бе тамос) ба ҳаракат мебарорем. Аз ҷумла, агар ба гулаи ноқил кураи мусбатбарқаро наздик кунем, барқаҳои манфии дохили ноқил ба барқаҳои мусбати кура ҷазб шуда, барқаҳои мусбати он тела меҳӯранд. Дар натиҷа дар қисми ба кураи барқанок наздики ноқил барқои манфӣ, дар қисми дур аз ҷубҷаи ноқил барқои мусбат ҷамъ мешаванд. Баръакс, агар шумо ба ноқил кураи манфибарқаро наздик кунед, дар қисми ба ҷубҷа наздики ноқил барқаҳои мусбат ва дар

қисми дури ноқил барқаҳои манфӣ ҷамъ меоянд (рас.6.15).

Падидаи дар ноқил (ё қисми диэлектрикӣ) ҷудо шудани барқаҳои мусбат ва манфиро, ҳангоми ба ноқил наздик кардани ҷисмҳои барқаманд *илқои электростатикӣ (индуксияи электростатикӣ)* меноманд.

Падидаи илқои электростатикиро бо воситаи электроскоп камобеш таҳқиқ кардан мумкин аст. Барои ин электроскопро барқаманд (масалан, манфӣбарқанок) мекунем. Баъд ба он ҷубҷаи барқамандеро наздик мебарем.

1) Агар ҷубҷа мусбат барқанок бошад (масалан, ҷубҷаи шишагини ба матоъи абрешимин молишхӯрда), он гоҳ дар кураи электроскоп барқаҳои манфӣ ба вуҷуд меоянд ва бузургии барқа дар варақои он кам мешавад. Бино бар ин варақаҳо ба ҳамдигар наздик меоянд (рас.6.16)



Рас.6.17



Рас.6.18

2) Агар чўбча (масалан, чадвали пластмасии ба матоъи пашмин молишхўрда) соҳиби барқои манфӣ бошад, он гоҳ дар кураи электроскоп барқаҳои мусбат пайдо мешаванд ва барқои ҳосилшуда варақаҳоро аз ҳамдигар дур мекунад.

Ҳамин тариқ, дар ин гуна таҷриба аломати барқаҳои ба кураи электроскоп наздикшавандаро муъайян кардан осон аст.

**Масъала:** Ба ду гўлаи филизии бо ҳам пайвасти 1

ва 2, гўлаи 3-уми мусбатбарқаро наздик бурда, баъд гўлаҳоро аз ҳамдигар ҷудо карданд. Гўлаҳо соҳиби чӣ гуна барқа мешаванд?

**Ҳал:** Ҳангоми ба гўлаҳои 1 ва 2 наздик бурдани гўлаи барқаманди 3 дар гўлаи 1 барқои манфӣ ва дар гўлаи 2 барқои мусбати илқойшуда ба вуҷуд меояд. Ҳангоми аз ҳамдигар ҷудо кардани гўлаҳо гўлаи 2 мусбатбарқанок, вале гўлаи 1 манфибарқаманд мешаванд (рас.6.18).



1. Илқо (индукция)-и электростатикӣ чист?
2. Дар сурати ба кураи барқаманд наздик кардани чўбчаи ноқил чӣ падида рух медиҳад?
3. Мавҷудияти барқаҳоро ба воситаи электроскоп чӣ тавр санҷидан мумкин аст?



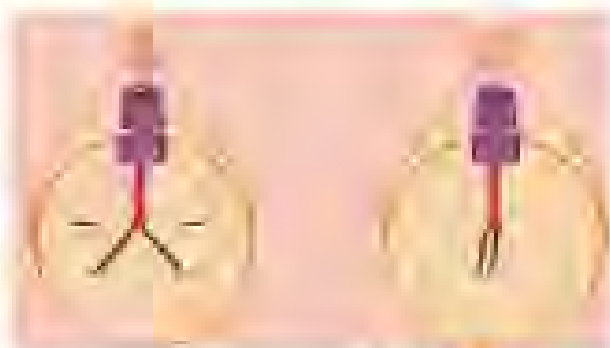
## 6.6. Ноқилҳо ва диэлектрикҳо

Моддаҳоро ба ноқилҳо ва диэлектрикҳо (ғайри-ноқилҳо) ҷудо мекунанд.

Ду электроскопро дар масофаи муъайян ҷой дода, яке аз онҳоро бо ҷубҷаи шишагин барқанок мекунем (рас.6.19). Электроскопи барқанокшударо бо электроскопи дуюм ба воситаи сими мисин пайваста, мебинем, ки варақаҳои электроскопи барқанок ба ҳам наздиктар меоянд, вале варақаҳои электроскопи дуюм аз ҳамдигар дур мешаванд (рас.6.20), яъне электроскопи дуюм барқанок мешавад. Ин таҷриба аз он шаҳодат медиҳад, ки барқҳо ба воситаи сими мисин электроскопи дуюмро барқанок мекунанд. Агар ба ҷои сими мисин симҳои дигари филизӣ (алумин, оҳан, нукра, тилло ва ғ.)-ро истифода кунем, боз ҳамон натиҷа ба даст меояд. Бояд гуфт, ки ҳангоми ба электроскопи барқанок даст расондан, он бебарқа мешавад, чунки барқҳо ба воситаи ҷисми мо ба Замин мегузаранд. Сипас, нӯғҳои сими мисинро ба воситаи ресмони абрешимӣ ба кураҳои электроскоп мерасонем.

Акнун таҷрибаро такрор карда, электроскопҳоро бо абрешим ё ҷубҷаи шишагин мепайвандем ва мебинем, ки электроскопи дуюм барқманд намешавад, яъне барқҳои электроскоп ба воситаи ресмони абрешимӣ намекӯчанд ва электроскопи дуюм барқа намегирад. Ҳамин тариқ, барқҳо бо сими мисин бо осонӣ метавонанд бикӯчанд, вале бо ресмони абрешимин намекӯчанд.

Моддаҳоро, ки ба воситаи онҳо барқҳо бо осонӣ ҷой худро иваз мекунанд, **ноқил** меноманд. Моддаҳоро, ки ин хосиятро надоранд, **диэлектрик** мегӯянд.



Рас.6.19



Рас.6.20

Ҳамаи филизот (металлҳо), маҳлули намакҳо ва турушаҳо (кислотаҳо) ва инчунин газҳои тафсон ноқили хубанд. Фарфор (фағфур), қаҳрабо, шиша, эбонит, резин, абрешим, газҳои пастҳарорат ( $15-20\text{C}^\circ$ ) мисоли диэлектрикҳои хуб мебошанд.

Ҷисмҳоро, ки аз диэлектрикҳо сохта шудаанд, **изолятор** ё худ **ойиқ** мегӯянд.

Ба ноқилҳо ва диэлектрикҳо ҷудо кардани моддаҳо шартӣ аст, албатта. Дар асл диэлектрикҳо низ барқаҳоро мегузаронанд, вале қобилияти гузаронандагии онҳо нисбат ба ноқилҳо садҳо ва ҳазорҳо бор кам аст.

Дар табиъат моддаҳои мавҷуданд, ки онҳо аз рӯи хосиятҳои ҳолати мобайнро ишғол мекунанд. Онҳоро **нимноқил** мегӯянд.

Хосияти электргузаронии моддаҳо ба ҳарорат бастагӣ дорад. Диэлектрикҳо (изоляторҳо) дар ҳароратҳои баланд хосияти диэлектрикии худро гум мекунанд. Масалан, газҳои бо шӯъла гармшуда ба ноқил табдил меёбад.



1. Ноқилҳо аз диэлектрикҳо чӣ фарқ доранд?
2. Чӣ тавр дар таҷриба бо ёрии электроскоп хосиятҳои ноқилҳо ва диэлектрикҳоро таҳқиқ мекунанд?
3. Оё хосияти гузаронандагии моддаҳо ба ҳарорат бастагӣ дорад?

## 6.7. Қонуни Кулон

Мо чанд бор ёдовар шудем, ки ҷисмҳои барқаманд бо ҳамдигар таъсири мутақобил мекунанд. Барқаҳои яқаломат аз яқдигар тела мехӯранду барқаҳои гуногуналомат ба ҳамдигар ҷазб мешаванд.

Барои дар бораи падидаҳои электрикӣ пайдо кардани тасаввуроти аниқтар, биед масъалаи тавсифи миқдории ҳамтаъсири ҷисмҳои барқанокро мавриди баррасӣ қарор диҳем. Пурсиш ба миён меояд, ки қувваи таъсиркунандаи байни барқаҳо ба чӣ бастагӣ дорад? Агар масофаи байни ҷисмҳои барқаманд аз андозаи ҷисмҳо хеле зиёд бошад, муойинаи масъала сода хоҳад буд. Дар ин маврид метавонем ҷисмҳои барқанокро ҳамчун барқаҳои нуқтагӣ пиндошта, сохтори фазоии барқаҳоро ба ҳисоб нагирем.

Масъалаи ҳамтаъсири ду барқани нуқтагиро дар таҷриба олими

фаронсаӣ Шарл Кулон (1736-1806) с. 1785 паҳӯҳида, қонуни ҳамтаъсиrotи онҳоро муқаррар кардааст. Ба ифтихори Кулон ин қонун бо номи ӯ ёд мешавад.

Кулон дар таҷрибаҳои худ барои ташхиси қувваи ҳамтаъсиrotи ду зарраи барқаманд тарозуҳои гардишхӯрандари истифода кардааст (рас. 6.21). Тарозуи гардишхӯранда ва шоҳини диэлектрикӣ инборат аст, ки он дар сари сими борики чандире оғезон мебошад. Дар як нӯги шоҳин сақочаи филизӣ, дар нӯги дигараш порселит часпонда шудааст. Сақочаи филизии дигаре дар нӯги милаи шинанда шудааст, ки он дар сарпӯши асбоб ба таври ноҷунбон маҳкам аст. Дар сурати барқаманд кардани сақочаҳо онҳо аз ҳамдигар тепа меҳӯранд ва шоҳин ба ин ё



Рас. 6.21

он кунҷ гардиш хӯрда, қувваи ҳамтаъсиrotро нишон медиҳад. Ҳар қадаре ки қувваи таъсиркунанда зиёд бошад, шоҳин ба кунҷи ҳамон қадар зиёдтар гардиш меҳурад. Ш.Кулон аз санҷиши кунҷи гардиш ҳамтаъсиrotи ҷисмҳои барқамандро муъайян карда, ҳамбастагии қувваи таъсиркунандаро ба бузургии барқҳо ва масофаи байни онҳо омӯхта муқаррар кард, ки қувваи ҳамтаъсиrotи ду ҷисми нуқтагии барқаманд дар ҳало (вакуум) ба ҳосили зарби бузургии барқҳо мутаносиби рост ва ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа мебошад.

Дар маъриди бо ҳарфҳои  $q_1$  ва  $q_2$  ишорат кардани барқии зарраҳои мӯйинашавандаи 1 ва 2, ва бо  $r$  ишорат кардани масофаи байни онҳо қувваи таъсиркунандаи барқҳо, яъне қонуни Кулон бо формулаи зэйл ифода мешавад:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1)$$

Ин ҷо  $k$  зариф (коэффисент)-и мутаносибиест, ки қимати он ба интиҳоби Манзумаи воҳидҳо (системаи воҳидҳо) вобаста мебошад.

Қувваи ҳамтаъсиrotи барқҳоро **қувваи кулонӣ** ё

**қувваи электрикӣ** меғянд.

Дар сурати якаломат будани барқаҳо онҳо аз ҳамдигар бо қувваи кулонӣ тела меҳӯранд. Агар ду барқаи бо якдигар таъсиркунанда гуногуналомат бошанд, онҳо ба ҳамдигар бо ҳамон қувва кашида мешаванд.



1. Барқаҳои нуқтагӣ чӣ гунаанд?
2. Таҷрибаи Кулон чӣ натиҷа дод?
3. Қувваи таъсироти мутақобили барқаҳо ба чӣ гуна бузургиҳои физикӣ бастагӣ дорад?

### 6.8. Воҳиди барқа

Мо дар бандҳои пешина бузургии нави физикӣ — **барқа** (заряди электрикӣ, бори электрикӣ)-ро ба майдони истифода овардем. Ва гуфтем, ки барқаҳо дар ҳоли бо якдигар норасида будан низ таъсир мерасонанд. Бузургии қувваи ин ҳамтаъсирот аз рӯи формулаи (1) банди 6.7 ёфта мешавад. Формулаи қувваи ҷозиба (ҳамтаъсирот)-и ду ҷисми дорои массаҳои  $m_1$  ва  $m_2$  шаклан ба формулаи (1) монанд аст. Вале дар он ба ҷойи барқаҳо массаи ҷисмҳо омадаасту ба ҷойи бузургии  $k$  — собити ҷозиба  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ .

Боз як тафовути дигар ин аст, ки барқаҳо ду навъанд ва қувваи ҳамтаъсироти барқаҳо ҳам ҷозибавӣ ва ҳам теладиханда буда метавонад: барқаҳои якаломат аз якдигар тела меҳӯранду барқаҳои гуногуналомат ҷазб мешаванд, ҳол он ки дар мавриди ҳамтаъсироти ҷирмҳо ин қувваҳо ҳамеша ҷозибавӣ мебошанд.

Барои он ки ҳамтаъсироти барқаҳоро ҳисобпазир кунем, сараввал воҳид муқаррар кардан мебояд. Ба сифати воҳиди барқа барқае қабул шудааст, ки он ба барқаи ҳамчени худ аз масофаи 1 м бо қувваи  $9 \cdot 10^9 \text{ Н}$  таъсир мекунад. Воҳиди бо ин роҳ интихобшударо **кулон (Кл)** меноманд.

Зариб (коэффисент)-и  $k$  дар формулаи Кулон дар сурати истифода шудани Манзумаи байналмилалӣ воҳидҳо (SI) бо  $\text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$  ифода карда мешавад. Қимати ададии  $k$  ин аст:

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Дар амалия ҳиссаҳоидҳои кулонро низ истифода мекунанд.

**Масъалаи 1.** Ду барқии бузургии ҳар якешон 1 Кл аз ҳамдигар дар масофаи 2 м ҷойгиранд. Қувваи ҳамтаъсири кулони барқаҳоро ёбед.

Ҳал : Дар асоси қонуни Кулон

<p><i>Додаҳо:</i>  <math>q_1 = q_2 = 1 \text{ Кл},</math>  <math>r = 2 \text{ м},</math>  <math>k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2</math>  <math>F = ?</math></p>
--

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{1 \text{ Кл} \cdot 1 \text{ Кл}}{4 \text{ м}^2} = 2,25 \cdot 10^9 \text{ Н}$$

мебошад. Ин қувва хеле бузург аст.

**Масъалаи 2.** Ду барқии 200 мкКл ва 150 мкКл дар масофаи 1,5 м ҷойгиранд. Онҳо бо чӣ гуна қувваи кулонӣ бо ҳамдигар таъсир мерасонанд?

<p><i>Додаҳо:</i>  <math>q_1 = 150 \text{ мкКл} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Кл},</math>  <math>q_2 = 200 \text{ мкКл} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл},</math>  <math>r = 1,5 \text{ м}</math>  <math>F = ?</math></p>
---

Ҳал: Дар асоси қонуни Кулон

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2 (1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Кл})(2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл})}{2,25 \text{ м}} = 120 \text{ Н}.$$

Ин қувва ба қувваи вазниние баробар аст, ки ҷисми дорои массаи 6 кг бо он ба Замин таъсир меоварад (кашида мешавад).



1. Як кулон чӣ гуна воҳид аст?
2. Қимати зариби k дар формулаи Кулон бо кадом воҳидҳо ифода карда мешавад?

## Машқ

1. Ду барқои бузургии ҳар якеаш 1 мкКл дар масофаи 3 см дур аз якдигар ҷойгиранд. Онҳо бо чӣ гуна қувваи кулонӣ ба ҳамдигар таъсир мерасонанд? (Ҷавоб: 10 Н).

2. Ду сақочаи барқаҳшон якхела аз масофаи 3 см ба якдигар бо қувваи 0,001Н таъсир мерасонанд. Барқои ҳар як сақоро ёбед. (Ҷавоб:  $10^{-4}$  Кл).

## 6.9. Майдони электрикӣ

Аз гуфтаҳои боло равшан аст, ки барқаҳо (зарраҳо ё ҷисмҳои электрнок)-и дар ҳоли бо ҳамдигар норасида (аз ин ё он масофа) низ таъсири мутақобил мекунанд. Пас, ин гуна пуршиш ба миён меояд: таъсир аз як ҷисми барқаманд ба ҷисми дигар чӣ тавр дода мешавад?

Посух чандон одӣ нест. Дар асоси санҷишҳо муқаррар шудааст, ки таъсир аз як ҷисми барқаманд ба ҷисми дигар бе иштироки ҳаво дода мешавад. Посухи асоснокро физикдони англис Майкл Фарадей (1791-1867) додааст. Баъд ин назария аз ҷониби Максвелл такмил дода шудааст. Ба гуфти онҳо як барқа ба барқои дигар бе ҳеҷ гуна модда (ҳаво ё моддаи дигар) ба воситаи майдони электрикӣ таъсир мерасонад.

Ҳар як ҷисм (ё зарраи барқаманд) дар атрофи худ майдони электрикӣ ба вуҷуд меоварад. Як ҷисм (зарра)-и барқаманд ба ҷисм (зарра)-и барқаманди дигар ба воситаи майдони электрикии ҷисмҳоро фарогиранда таъсир мерасонад.

Мо ба сифати барқои озмойишӣ барқои маълуме ( $q$ )-ро гирифта, бо ёрии он метавонем майдони электрикии зодаи як ё чанд барқаро биомӯзем. Барқои озмойиширо дар фазои фарогирифтаи майдони электрикӣ, масалан, дар атрофи зарра ё ҷисми хурдандозаи барқаманд мушоҳида кардан осон аст. Дар ин гуна таҷриба дидан осон аст, ки дар масофаҳои гуногун аз он ҷисм қувваи таъсиркунанда қимати гуногун дорад.

Ин чо барои ба таври миқдорӣ тавсиф додани майдони электрикӣ зарурати ворид намудани бузургии физикии нав ба миён омад. Ин бузургиро *шиддати майдони электрикӣ* меноманд (номи пешинааш *шадиддияти майдони электрикӣ* буд) ва онро маъмулан бо ҳарфи **E** ишорат мекунанд. Ин бузургӣ бузургии векторӣ (бузургии бурдорӣ) мебошад.

Дар нуқтаи дилхоҳи фазо шиддати майдони электрикӣ **E** нисбати қувваи ба барқаи озмояишӣ таъсиркунанда **F**-ро бар бузургии барқаи озмояишӣ **q** ифода мекунанд:

$$E = \frac{F}{q}. \quad (1)$$

Ҳамин тариқ, шиддати майдони электрикӣ қувваест, ки ба барқаи воҳидӣ таъсир меорад. Шиддати майдони электрикӣ ва қувваи таъсиркунанда ҳамсамтанд. Дар Манзумаи байналмилалии воҳидҳо (SI) шиддати электрикиро бо Н/Кл ифода мекунанд.

Дар бисёр мавридҳо шиддати майдони электрикиро метавонем аз рӯи формулаи (1) ҳисоб кунем. Масалан, шиддати барқаи нуқтагии **Q**-ро дар масофаи **r** аз барқа ба таври хеле сода ифода кардан мумкин аст. Агар гӯем, ки барқаи озмояишӣ **q** аст, дар асоси қонуни Кулон бузургии қувваи ба он аз тарафи барқаи **Q** таъсиркунанда

$$F = k \frac{Qq}{r^2} \quad (2)$$

хоҳад буд. Бино бар ин бузургии (модули) шиддати майдони электрикӣ

$$E = \frac{F}{q} = k \frac{Q}{r^2} \quad (3)$$

$$\text{аст ( } k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \text{ )}.$$

**Масъалаи 1.** Дар нуқтаи интихобии майдон ба барқои озмоишии бузургнаш  $2 \text{ мкКл}$  қувваи  $0,4 \text{ Н}$  таъсир мекунад. Шиддати майдони электрикии нуқтаи интихобиро ёбед.

*Додаҳо:*  
 $F = 0,4 \text{ Н},$   
 $q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл},$   
 $E = ?$

*Ҳал:* Ба формулаи  $E = \frac{F}{q}$  додаҳо

гузошта, ҳосил мекунем:

$$E = \frac{0,4 \text{ Н}}{2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}} = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

**Масъалаи 2.** Шиддати майдони электрикиро дар масофаи  $45 \text{ см}$  аз барқои  $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$  баҳодод кунед.

*Додаҳо:*  
 $r = 45 \text{ см} = 0,45 \text{ м}$   
 $Q = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл},$   
 $E = ?$

*Ҳал:* Додаҳо ба формулаи

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

гузошта, ҳосил мекунем:

$$E = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{4,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}}{0,45^2 \text{ м}^2} = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$



1. Таъсири зарраҳои барқаманд чӣ тавр воқеъӣ мегардад?
2. Шиддати майдони электрикӣ чӣ гуна бузургист?
3. Шумо дар бораи шиддати майдони электрикии барқои нуқтагӣ чӣ гуфта метавонед?

**Машқ**

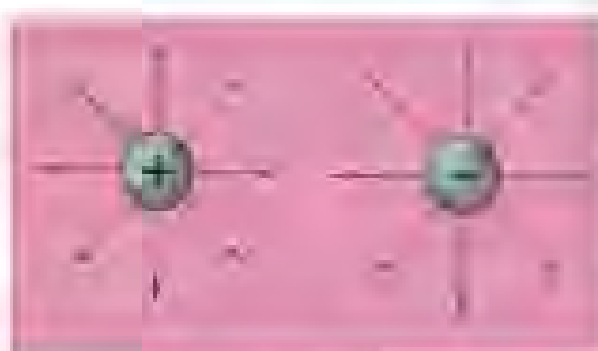
1. Дар нуқтае, ки шиддати майдонаш ба  $50000 \text{ Н/Кл}$  баробар аст, ба барқои  $10 \text{ мкКл}$  чӣ қадар қувва таъсир мерасонад? (Ҷавоб:  $0,5 \text{ Н}$ ).

2. Шиддати майдони электрикиро дар масофаи  $9 \text{ см}$  аз барқои  $Q = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$  ҳисоб кунед. (Ҷавоб:  $4 \cdot 10^4 \text{ Кл/м}^2$ ).



## 6.10. Хатҳои қувваи майдони электрикӣ

Барои ба таври аёнӣ нишон додани тақсироти фаззии майдони электрикӣ хатҳои қуввагӣ ё худ хатҳои шиддати майдони электрикӣ (номи пешинааш; шадидияти майдони электрикӣ) истифода мешавад. Хатҳои қуввагӣ самти шиддатро дар нуқтаи дилхоҳи фазо нишон медиҳанд. Равиши хатҳои қуввагӣ бо қуввае ҳамсамт мебошад, ки он ба барқои мусбати озмоишӣ таъсир меорад. Намунаи хатҳои қуввагии барқҳои мусбат ва манфӣ дар рас.6.22 оварда шудааст; хатҳои қуввагӣ аз барқои мусбат сар мешаванду дар барқои манфӣ "фурӯ мераванд". Ин хатҳо самтҳои қувваи аз тарафи барқои мусбат ё манфӣ ба барқои мусбати озмоишӣ таъсиркунандаро нишон медиҳанд.



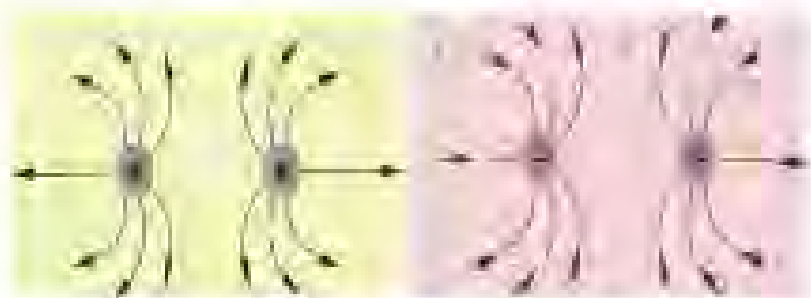
Рас. 6.22



Рас. 6.23

Дар рас.6.23 хатҳои қуввагӣ дар якҷоягӣ бо ду барқои "зоиандаи" он хатҳо тасвир шудаанд: мусбату манфӣ (ду барқои мусбат (рас.6.24, а) ва ду барқои манфӣ (рас.6.24, б)).

Хатҳои қуввагии майдони электрикӣ сарбаст нестанд.



Рас. 6.24

Онҳо, чунонки гуфтем, аз барқои мусбат ибтидо гирифта, дар "сари" барқои манфӣ интиҳо меёбанд.

Бояд гуфт, ки дар наздикии зарраи барқаманд, ки он ҷо қувваи