

5  
2  
А. ИСРОИЛОВ

# ФИЗИКАДАН МАСАЛАЛАР



А. А. Исроилов

# ФИЗИКАДАН ҚУРИЛИШ МАЗМУНИДАГИ МАСАЛАЛАР

Механика. Гидростатика.  
Молекуляр физика

Ўзбекистон Республикаси  
Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги  
тайёрлов бўлимлари тингловчилари учун  
қўлланма сифатида тавсия этган

ТОШКЕНТ  
„ЎЗБЕКISTОН“  
1993



— физика-математика фанлари доктори,  
профессор У. АБДУРАҲМОНОВ,  
физика-математика фанлари номзоди А. С. РАҲМАТОВ.

Муҳаррир М. САЪДУЛЛАЕВ

**Исроилов А. А.**

И 82 Физикадан қурилиш мазмунидаги масалалар:  
Механика. Гидростатика. Молекуляр физика: Тай-  
ёрлов бўлимлари тингловчилари учун қўлл.— Т.:  
Ўзбекистон, 1993.—112 б.

ISBN 5-640-01325-7

Фундаментал фанларни ўқитишда тингловчиларнинг бўлажак мутахассислигини ҳисобга олиш физика ўқитиш методикасининг долзарб масалаларидан биридир. Мазкур қўлланма муаллифнинг шу йўналишдаги кўп йиллик изланишлари самарасидир.

Қўлланмада физикадан қурилиш мазмунига эга бўлган масалалар берилди. Уларнинг кўпчилиги янгитдан, баъзилари мавжуд масалалар ғоялари асосида муаллиф томонидан тузилган. Қўлланмадан методик адабиётларда баён қилинган қурилиш мазмунидаги масалалар ҳам ўрин олди.

Қўлланма олий ўқув юр்தларининг тайёрлов бўлимларида қурилиш ихтисосликлари бўйича таҳсил олаётган тингловчилар учун мўлжалланган. Ундан ўрта мактаб ва ҳунар-техника билим юр்தлари ўқувчилари ва ўқитувчилари, ўрта махсус ўқув юр்தлари талабалари, элементар физика ва унинг табиқи билан қизиқувчи кенг китобхонлар оммаси фойдаланиши мумкин. Қўлланма ёшларни касбга йўналтириш масалалари билан шуғулланувчи мутахассислар, олий ўқув юр்தларининг талабалари учун қизиқарли бўлиши мумкин.

**Исраилов А. А. Задачи по физике: Пособие для слушателей подготовительных отделений вузов.**

**ББК 22.3я729**

№ 282—93  
Навойи номли Ўзбекистон Республикаси  
давлат кутубхонаси.

И 1604000000—50 13—93  
М 351 (04)—93

Физика ўқитиш услубиётининг долзарб масалаларидан бири ўқувчининг бўлажак мутахассислигини ҳисобга олишдир. Бу эса бир неча усуллар билан амалга оширилиши мумкин. Масалан: 1) физиканинг бўлажак мутахассис учун энг муҳим бўлимларини чуқурроқ ўргатиш. Бўлажак энергетиклар эътиборини электр ва магнетизм бўлимига, химик инженерлар эътиборини молекуляр физика, атом физикаси бўлимларига, электролиз, ёруғликнинг кимёвий таъсири мавзуларига кўпроқ жалб қилиш муҳимдир; 2) физика ўқитиш жараёнида иш дастури чегарасидан чиқмаган ҳолда бўлажак мутахассислик элементларини баён қилиб бориш ва бошқалар.

Мазкур қўлланма муаллифнинг Тошкент политехника институти тайёрлов бўлимида қурилиш ихтисосликлари бўйича таҳсил оладиган тингловчиларга амалий машғулотлар учун ўқув қўлланмаси яратиш борасидаги излавишлари самарасидир. Бунда у физика дарсларида қурувчилик касби элементларини баён қилиб боришнинг мақсад қилиб қўйган. Қўлланмадан қурилиш мазмунидаги масалалар ўрин олган.

Қурилиш мазмунидаги масалалар физикадан масалалар ечишга қўйиладиган барча талабларга жавоб беради. Шу билан бирга улардан яна қўйидагича фойдаланиш мумкин:

1) ўқувчиларни қурилиш материаллари ва уларнинг физик хоссалари, қурилиш асбоб-ускуналари, механизмлари ишлаш принциплари, техник кўрсаткичлари, қурилиш хавфсизлик техникаси қоидалари билан таништириш; 2) қурилиш иқтисоди элементларини ўргатиш; 3) ўқувчиларни касбга йўналтириш ва унга меҳр қўйишларига эришиш; 4) физиканинг табиат,

турмуш, саноат билан боғланишини кўрсатиш ва ҳоказо.

Масалалар қийинлик даражаси ошиб борадиган тартибда жойлаштирилди.

Қўлланмадан: а) ҳисоблашга ва сифатга доир, б) график, в) экспериментал масалалар ўрин олди.

Ҳар бир боб бўлимларга бўлинган бўлиб, бўлим қисқача назарий материал ва масала ечиш намуналари билан таъминланган. Шундан кейин мустақил ечиш учун масалалар келтирилган. Жавобларнинг ҳам аналитик кўринишда, ҳам сон қиймати кўринишида берилиши олинган жавобни ҳисоб-китоб ишларини бажармай туриб текширишга ва китобхон вақтини тежашга имкон беради.

Қўлланма қўлёзмаси билан атрофлича танишиб, билдирилган қимматли фикр мулоҳазалар учун собиқ Тошкент политехника институти Олий ўқув юртларига тайёрлаш ва касбга йўналтириш бўлими «Умумий таълим фанлари» кафедраси жамоасига, Тошкент давлат дорилфунуни физика куллиёти катта ўқитувчиси физика-математика фанлари номзоди А. С. Раҳматовга, профессорлар У. Абдурахмонов, Э. Назировга муаллиф чуқур миннатдорчилик изҳор қилади.

*Муаллиф*

**Физика** — лотинча фюзис сўзидан олинган бўлиб, табиат деган маънони билдиради. Физика табиат ҳақидаги фандир. У жонсиз материянинг ҳаракати билан боғлиқ бўлган ҳодисаларни ўрганади.

## I. МЕХАНИКА

Механика физиканинг материя ҳаракатининг энг оддий кўринишларини, яъни жисмларнинг ёки жисмлар қисмларининг бир-бирига нисбатан вазиятларининг ўзгаришини ўрганадиган қисми.

Механиканинг асосий вазифаси — бошланғич шароитлар (бошланғич координата, бошланғич тезлик) маълум бўлганда, жисмнинг исталган пайтдаги вазиятини аниқлашдир.

### 1. Кинематика

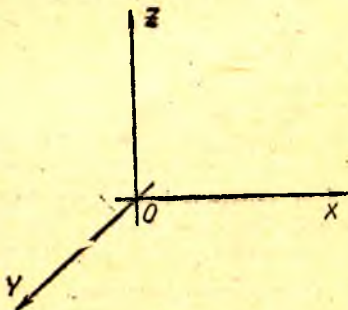
Кинематика жисмларнинг ҳаракатини бу ҳаракатни юзага келтирувчи сабаблар билан боғламаган ҳолда ўрганади.

*1.1. Саноқ системаси.* Механик ҳаракатни тасвирлаш учун ҳаракатни қайси жисмга нисбатан қаралаётганини кўрсатиш керак. Бу жисм *саноқ жисми* деб аталади.

Ҳаракатдаги жисмнинг фазодаги вазиятини бериш учун саноқ жисмига координата системасини боғлаш керак. Энг содда координата системаси  $XYZ$  Декарт координата системасидир (1-расм).

Саноқ жисми, унга боғланган координата системаси ва вақтни ҳисоблаш усули биргаликда *саноқ системаси* деб аталади.

*1.2. Моддий нуқта.* *Траектория.* *Босиб ўтилган йўл.* *Кўчиш.* Ҳаракатнинг муайян шароитида ўлчамларини ҳисобга олмаслик мумкин бўлган жисм *моддий нуқта* деб аталади. Жисмни моддий

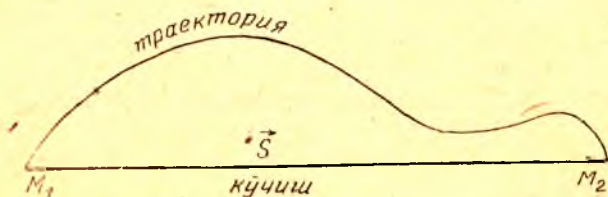


1-раем.

нуқта деб ҳисоблаш мумкин бўлган ҳолларда жисмнинг ҳаракати ўрнига унинг битта нуқтасининг ҳаракатини текшириш кифоядир.

Жисм ҳаракат қилган чизиқ *траектория* деб аталади (2-расм). Поезд ҳаракатининг траекторияси темир йўлдан, автомобиль ҳаракати учун траектория шосседан иборатдир.

Траекториянинг узунлиги *босиб ўтилган йўл* дейилади.



2-расм.

Жисмнинг ҳаракат траекторияси маълум бўлса, босиб ўтилган йўлни траектория бўйлаб қўйиб, жисмнинг ҳаракат охиридаги вазиятини аниқлаш мумкин. Лекин траектория маълум бўлмаса, жисмнинг кейинги вазиятини аниқлаб бўлмайди. Бу ҳолда жисм координатасини аниқлаш учун унинг кўчишини билиш керак. Жисмнинг бошланғич ва охириги вазиятларини бирлаштирувчи йўналган кесма  $\vec{s}$  *кўчиш* деб аталади (2-расмга қараи). Кўчиш вектор катталикдир.

Бирликларнинг халқаро системасида (СИ система-сида) босиб ўтилган йўл ва кўчиш метр билан ўлчанади:  $[s] = \text{м}$ . Бу ерда [ ] — ўлчов бирлиги белгиси.

**1.3. Тўғри чизиқли текис ҳаракат.** Механик ҳаракатнинг энг содда тури тўғри чизиқли текис ҳаракатдир. Тўғри чизиқли текис ҳаракатда жисм тенг вақтлар ичида бир хил кўчади (жисмнинг ҳаракат траекторияси тўғри чизиқдан иборат ва тенг вақтлар ичида бир хил масофалар ўтилади). Бу ҳаракатни характерлаш учун тезлик деб аталган катталик киритилган.

Тўғри чизиқли текис ҳаракатнинг  $v$  *тезлиги* деб жисм  $\vec{s}$  кўчишининг шу кўчиш юз берган  $t$  вақтга нисбатига ай-тилади:

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} \quad (1.1)$$

Тезлик вектор катталиқдир. Унинг йўналиши кўчиш йўналиши билан аниқланади. Тезлик м/с билан ўлча-  
нади:

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Агар  $x$  ўқини жисм ҳаракати йўналишида олсак, тўғри  
чизиқли текис ҳаракат қилаётган жисмнинг исталган  
пайтдаги координатаси

$$x = x_0 + vt \quad (1.2)$$

тенглама билан аниқланади. Бунда  $x_0$ — жисмнинг бош-  
ланғич координатаси,  $v$  — тезликнинг  $x$  ўқига проек-  
цияси. (1.2) ифодада  $x_0 = 2$  м,  $v = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  бўлсин. Нуқта-  
нинг  $t = 0$  с, 2 с, 4 с, ... вақтлар ичидаги вазиятини ҳи-  
соблаймиз ва жадвалга ёзамиз:

$t, \text{с}$	0	2	4	6	8	10
$x, \text{м}$	2	5	8	11	14	17

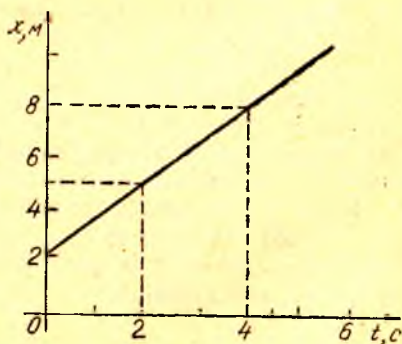
$x, t$  координата ўқларида  $x$  координатанинг  $t$  вақтга  
боғланиш графигни чизамиз (3-расм).

Графикнинг  $t$  ўқига  $\alpha$  қиялиги  $v$  тезликнинг қийма-  
тига боғлиқ:

$$\text{tg}\alpha = v.$$

Тўғри чизиқли те-  
кис ҳаракатда тезлик  
вақт ўтиши билан  
ўзгармайди. Шунинг  
учун тезликнинг вақт-  
га боғланиш графиги  
вақт ўқига параллел  
бўлган тўғри чизиқдан  
иборат.

Айни бир жисмнинг  
ҳаракатини бир-бирига  
нисбатан ҳаракат қи-  
лувчи турли саноқ  
системаларига нисба-



3-расм.



тан текширишга тўғри келади. Тажриба ва ҳисоблашлар тезликларни қўшиш қондаси ўрибли эканини кўрсатади: жисмнинг қўзғалмас санақ системасига нисбатан  $\vec{v}$  тезлиги жисмнинг ҳаракатланувчи санақ системасига нисбатан  $\vec{v}_1$  тезлиги билан ҳаракатланувчи система-нинг қўзғалмас системага нисбатан  $\vec{v}_2$  тезлигининг геометрик йиғиндисига тенг:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2. \quad (1.4)$$

Бундан қуйидаги хулосалар қелиб чиқади: жисмнинг турли санақ системаларига нисбатан вазияти, тинч ҳолати, ҳаракати, траекторияси нисбийдир.

*1.4. Нотекис ҳаракат. Ўртача тезлик. Оний тезлик.* Тенг вақтлар ичида жисм турлича кўчган ҳолдаги ҳаракат *нотекис ҳаракат* деб аталади. Ҳаракат нотекис бўлган ҳолда ўртача тезлик деб аталган катталиқдан фойдаланилади.

Жисмнинг ҳамма кўчишлари  $\vec{s}$  ни шу кўчишлар юз берган ҳамма вақт  $t$  га нисбати *ўртача тезлик* деб аталади:

$$\vec{v}_{\text{ор}} = \frac{\vec{s}}{t}, \quad \vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \dots \quad (1.5)$$

Жисмнинг муайян пайтдаги ёки ҳаракат траекториясининг маълум нуқтасидаги тезлиги *оний тезлик* деб аталади. Оний тезликни аниқлаш формуласи:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_{\text{ор}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}; \quad (1.6)$$

Бу ерда  $\vec{v}$  — оний тезлик,  $\Delta \vec{s}$  — кичик  $\Delta t$  вақт ичидаги кўчиш.

*1.5. Тўғри чизиқли текис тезланувчи ҳаракат.* Нотекис ҳаракатнинг энг содда тури тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатдир. Тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракат деб шундай ҳаракатга айтиладики, бунда тенг вақтлар ичида жисм тезлиги бир хил ўзгаради.

Текис тезланувчан ҳаракат тезланиш деган катталиқ билан ифодаланади. Ҳаракатдаги жисм тезлиги ўзгаришининг шу ўзгариш юз берган  $t$  вақтга нисбати *тезланиш* деб аталади:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\Delta \vec{v}}{t}, \quad (1.7)$$

бу ерда  $\vec{a}_0$  — тезланиш,  $\vec{v}_0$ ,  $\vec{v}$  — жисмнинг бошланғич ва охириги тезликлари. Тезланиш вектор катталиқдир. Унинг йўналиши тезлик ўзгаришининг йўналиши билан мос тушади. Тезланиш  $m/c^2$  билан ўлчанади:

$$[a] = \frac{[v - v_0]}{t} = \frac{m/c}{c} = m/c^2.$$

(1.7) га кўра тезликнинг ихтиёрий пайтдаги қиймати:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t. \quad (1.8)$$

X координата ўқини ҳаракат траекторияси бўйлаб йўналтирсак, (1.8) нинг бу ўққа проекцияси

$$v = v_0 + at \quad (1.9)$$

кўринишда ёзилади.  $a > 0$  бўлганда (1.9) тенглама текис тезланувчан ҳаракатни,  $a < 0$  бўлганда секинланувчан ҳаракатни беради. Лекин механикада секинланувчан ҳаракатни манфий тезланиш билан содир бўлаган тезланувчан ҳаракат сифатида қаралади.

Текис тезланувчан ҳаракатда кўчиш катталиги қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1.10)$$

бу ерда  $v_0$  — жисмнинг бошланғич тезлиги,  $a$  — тезланиши,  $t$  — ҳаракат вақти.

Жисмнинг ихтиёрий вақтдаги координатаси

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1.11)$$

$x_0$  — бошланғич координата.

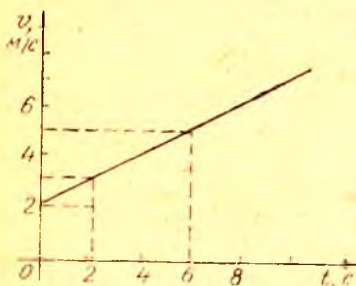
Текис тезланувчан ҳаракатда кўчиш билан тезлик ўзгариши ўртасидаги боғланиш:

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}. \quad (1.12)$$

Тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракат қилаётган жисмнинг ихтиёрий пайтдаги тезлиги катталиги (1.9) ифода билан аниқланишини биламиз. Тезликнинг вақтга боғланиш графигини чизиш учун  $v_0$  бошланғич тезликка ва  $a$  тезланишга бирор қийматлар берамиз:  $v_0 = 2$  м/с,  $a = 0,5 \frac{m}{c^2}$ , у ҳолда (1.9) ифода асосида қуйидаги жадвални тузиш мумкин

$t, c$	0	2	4	6	8	...
$v \frac{m}{c}$	2	3	4	5	6	...

Жадвал асосида график чизамиз (4-расм).



4-расм

Жисмларнинг фақат Ернинг тортишиш таъсирида ҳаракатланиши эркин тушиш деб аталади. Эркин тушиш тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатнинг хусусий ҳолидир. Улчаш ва кузатишлар эркин тушиш тезланиши барча жисмлар учун бир хил бўлиб, вертикал пастга йўналган ва унинг қиймати  $g = 9,8m/c^2$

эканини кўрсатади. Эркин тушаётган жисм учун (1,7) — (1.12) ифодаларда  $a$  ўрнига  $g$  ёзиш керак.

1.6. *Айлана бўйлаб текис ҳаракат.* Айлана бўйлаб ҳаракатдаги жисм тенг вақтлар ичида тенг ёй узунликларини ўтса, бундай ҳаракат айлана бўйлаб текис ҳаракат деб аталади.

Айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган жисм радиус-вектори бурилиш бурчаги  $\Delta\phi$  ни шу бурилиш юз берган  $\Delta t$  вақтга нисбати  $\omega$  бурчак тезлик деб аталади:

$$\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}. \quad (1.13)$$

Бурчак тезлик рад/с (радиан тақсим секунд) билан ўлчанади.  $1 \text{ рад} = 57^\circ 18'$ .

Айлана бўйлаб текис ҳаракатда моддий нуқтанинг бир марта тўлиқ айланиши учун кетган вақт  $T$  айланиш даври деб аталади.

Моддий нуқтанинг вақт бирлиги ичидаги айланишлари сонни  $\nu$  айланиш частотаси деб аталади:

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (1.14)$$

Айланиш даври ёки айланиш частотаси бурчак тезлик билан

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad (1.15)$$

ифода орқали боғланган.

Айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган моддий нуқта ўтган  $\Delta l$  ёй узунлигининг шу ёйни ўтиш учун кетган  $\Delta t$  вақтга нисбати  $v$  *чизиқли тезлик* деб аталади:

$$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}. \quad (1.16)$$

Чизиқли тезлик, бурчак тезлик ва айлананинг  $R$  радиуси ўртасида боғланиш мавжуд:

$$v = \omega R. \quad (1.17)$$

Айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган жисм тезлигининг катталиги ўзгармайди. Лекин тезлик векторининг йўналиши муттасил ўзгаради. Бинобарин, бундай ҳаракатда тезланиш мавжуд. Бу тезланиш моддий нуқтадан радиус-вектор бўйлаб айлана маркази томон йўналган. Шунинг учун бу тезланиш *марказга интилма тезланиш* деб аталади.

Марказга интилма тезланиш қуйидаги ифодалар билан аниқланади:

$$a = v \cdot \omega; \quad (1.18)$$

$$a = v^2/R; \quad (1.19)$$

$$a = \omega^2 R. \quad (1.10)$$

### Масала ечиш намуналари

**1.1.** Қуйидаги мисолларнинг қайси бирида ўрганилаётган жисмни моддий нуқта деб қабул қилиш мумкин: 1) пойдевор плитанинг тупроққа босими аниқланмоқда; 2) плита бостирмани горизонтал ҳолатда бирор баландликка кўтаришда бажарилган иш ҳисобланмоқда; 3) плита бостирма билан уй шипи ёпилмоқда; 4) юк автомобили билан қурилиш материаллари бир шаҳардан иккинчи шаҳарга ташилмоқда.

Ечилиши. 2) ва 4) мисолларда жисмнинг ўлчамларини ҳисобга олмаслик ва шунинг учун жисмларни моддий нуқта деб қараш мумкин.

**1.2.** КБ-406 минорали кран юкни қўзғалувчан блок ёрдамида  $h=12$  м баландга кўтаради. Юкнинг  $s$  кўчиши нимага тенг? Чиғир барабанига қандай  $l$  узунликдаги трос ўралади?

Ечилиши. Юкнинг  $s$  кўчиши катталиги юк кўтарилган баландликка тенг:  $s=h=12$  м. Юк қўзғалув-

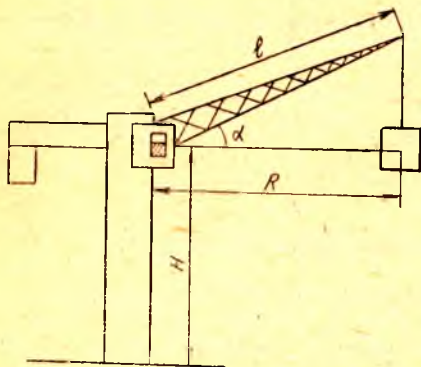
чан блок ёрдамида кўтарилгани учун  $l = 2 \cdot s = 2 \cdot 12 \text{ м} = 24 \text{ м}$ .

1.3. Кўприкли кран юкни  $h = 4 \text{ м}$  баландга кўтараяпти. Шу вақтнинг ўзида кран рельс бўйлаб  $l = 7 \text{ м}$  масофага силжиди. Юкнинг  $s$  кўчиши нимага тенг?

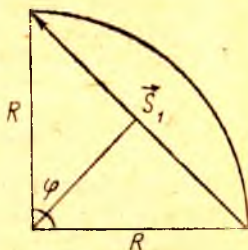
Ечилиши. Пифагор теоремасига кўра:

$$s = \sqrt{h^2 + l^2} = \sqrt{16 \text{ м}^2 + 49 \text{ м}^2} \approx 8,06 \text{ м}.$$

1.4. Минорали кран ёрдамида юк вертикал йўналишда ер сиртидан кранчи кабинаси жойлашган сатҳга кўтарилди. Кейин кран стреласи  $\varphi = 90^\circ$ га бурилди. Юкнинг  $s$  кўчиш катталигини ва босиб ўтган  $S$  йўлини топинг. Кран стреласи горизонт билан  $\alpha = 30^\circ$  бурчак ҳосил қилади, стреланинг узунлиги  $l = 30 \text{ м}$ , кранчи кабинасининг ер сиртидан баландлиги  $H = 13 \text{ м}$  (5-расм).



5-расм.



6-расм.

Ечилиши. Юкнинг вертикал йўналишда кўчиш катталиги  $H$  га, горизонтал йўналишда  $s_1$  га тенг (6-расм). Чизмага кўра  $s_1 = 2R \sin \frac{\varphi}{2} = 2l \cos \alpha \sin \frac{\varphi}{2}$ . Натижавий кўчиш Пифагор теоремасига асосан аниқланади:

$$s = \sqrt{H^2 + s_1^2} = \sqrt{H^2 + \left(2l \cos \alpha \sin \frac{\varphi}{2}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{169 \text{ м}^2 + (2 \cdot 30 \text{ м} \cdot \cos 30^\circ \sin 45^\circ)^2} \approx 39 \text{ м}.$$

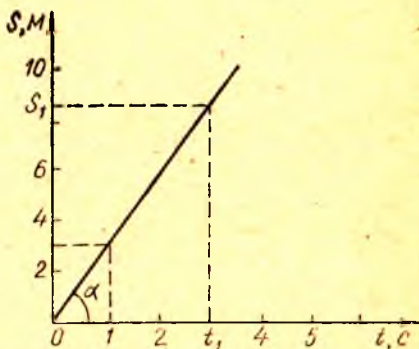
Юк босиб ўтган йўл вертикал йўналишдаги  $H$  кўчиш

билан горизонтал текисликда юк чизган ёй узунлигига тенг:

$$S = H + \frac{2\pi l \cos \alpha}{360^\circ} \cdot \varphi = 13 \text{ м} + \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 30 \text{ м} \cdot \cos 30^\circ}{360^\circ} \cdot 90^\circ \approx 54 \text{ м}.$$

1.5. 7-расмда ЭК-2А электр арава босиб ўтган йўлнинг вақтга боғланиши графиги берилган. Бу қандай ҳаракат? Аравачанинг  $v$  тезлигини аниқланг.

Ечилиши. Босиб ўтилган йўл вақтга чизиқли боғланган. Шунинг учун график текис ҳаракатга тегишлидир. Тезлик қуйидаги ифодадан топилади (7-расмга қаранг):



7-расм.

$$v = \operatorname{tg} \alpha = \frac{s_1}{t_1} = \frac{8,4 \text{ м}}{3 \text{ с}} = 2,8 \text{ м/с}.$$

1.6. КБ-572А минорали крани қўзғалувчан блок ёрдамида юкни  $v = 0,33$  м/с тезлик билан кўтармоқда. Кран троси чиғир барабанига қандай  $v_1$  тезлик билан ўралади?

Ечилиши. Қўзғалувчан блок билан юкнинг  $h$  баландликка кўтарилиши вақтида трос чиғир барабанига  $2h$  узунликда ўралади. Шунинг учун  $v_1 = 2v = 2 \cdot 0,33 \text{ м/с} = 0,66 \text{ м/с}$ .

1.7. Кўприкли кран рельс бўйлаб  $v_1 = 8,3$  см/с тезлик билан  $t = 18$  с вақт давомида силжиди. Шу вақтнинг ўзида юк кран бўйлаб  $v_2 = 20$  м/мин тезлик билан силжитилди. Краннинг  $s_1$  кўчиши қанча? Юк кран бўйлаб қандай  $s_2$  масофага кўчади? Ерга бириктирилган саноқ системасида юкнинг  $s$  кўчиши ва  $v$  тезлиги нимага тенг?

Ечилиши. Тўғри чизиқли текис ҳаракатда ўтилган йўл ифодасига кўра краннинг кўчиши:  $s_1 = v_1 \cdot t = 8,3 \text{ см/с} \times 18 \text{ с} = 1,5 \text{ м}$ . Юкнинг кран бўйлаб кўчиши  $s_2 = v_2 \cdot t =$

$= \frac{1}{3} \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 18 \text{ с} = 6 \text{ м}$ . Юкнинг ерга бириктирилган саноқ системасида кўчиши Пифагор теоремасига кўра:

$$s = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} = \sqrt{(1,5 \text{ м})^2 + (6 \text{ м})^2} = 6,18 \text{ м}.$$

Тезлик  $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}$ , ёки  $v = \frac{s}{t} = \frac{6,18 \text{ м}}{18 \text{ с}} = 0,34 \text{ м/с}$ .

1.8. КС-3562Б маркали автокран юкни  $v = 0,4 \text{ м/с}$  тезлик билан  $s = 18 \text{ м}$  гача баландликка кўтара олади. Бунга қанча  $t$  вақт кетишини ҳисобланг.

Ечилиши. Тўғри чизиқли текис ҳаракатда кўчиш  $s = v \cdot t$ .  $x$  ўқини ҳаракат йўналишида олсак,  $s = v \cdot t$ . Бундан  $t = \frac{s}{v} = \frac{18 \text{ м}}{0,4 \text{ м/с}} = 45 \text{ с}$ .

1.9. Уй қурилиши комбинати билан қурилиш объекти орасидаги масофа  $s = 60 \text{ км}$ . Газ-53 А юк автомобили ўртача  $v = 50 \text{ км/соат}$  тезлик билан ҳаракат қилса, ҳайдовчи объектдан комбинатга бир сменада неча марта бориб қайтади. Иш сменаси  $T = 7,2 \text{ соат}$  давом этади деб ҳисобланг.

Ечилиши. Бир марта қатнаш учун кетадиган вақт

$$t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \cdot 60 \text{ км}}{50 \text{ км/соат}} = 2,4 \text{ соат}.$$

Қатнашлар сони:  $n = T/t = 7,2 \text{ соат} / 2,4 \text{ соат} = 3$ .

1.10. Зилзила эпицентрдан  $s = 100 \text{ км}$  масофада жойлашган аҳоли яшайдиган пунктга бўйлама тўлқинлар қанча  $t$  вақтда етиб келади? Зилзила вақтида ҳосил бўладиган бўйлама тўлқинларнинг тарқалиш тезлигини  $v = 8 \text{ км/с}$  деб олинг.

Ечилиши. Тўлқиннинг тарқалиш тезлиги  $v = s/t$ . Бундан  $t = s/v = 100 \text{ км} / 8 \text{ (км/с)} = 12,5 \text{ с}$ .

1.11. Агар бирор пунктда зилзиланинг «ўтиб кетиши» (бўйлама тўлқинларнинг етиб келиши) ва «қайтиши» (кўндаланг тўлқинларнинг етиб келиши) ўртасида ўтган вақт  $\Delta t = 50 \text{ с}$  бўлса, зилзила маркази пунктдан қандай  $l$  масофада жойлашган? Зилзила ҳосил қилган бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезликлари мос равишда  $U_1 = 8 \text{ км/с}$  ва  $v_2 = 5 \text{ км/с}^2$ .

Ечилиши. Тўлқинларнинг тарқалиш тезликлари:

$$v_1 = \frac{l}{t_1}, \quad (1)$$

$$v_2 = \frac{l}{t_2}. \quad (2)$$

Бу ерда  $t_1, t_2$  — бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг етиб келиш вақтлари. (1) ва (2) дан:

$$t_1 = \frac{l}{v_1}; \quad t_2 = \frac{l}{v_2}, \quad (3)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1. \quad (4)$$

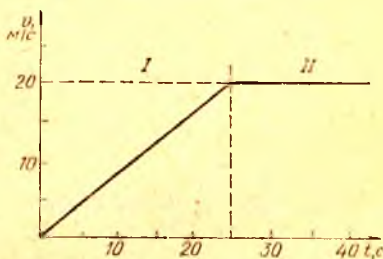
(3) ифодаларни (4) га қўйсак:  $\Delta t = \frac{l}{v_2} - \frac{l}{v_1}$ . Бундан  $l = \Delta t / \left( \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right) = 50 \text{ с} / \left( \frac{1}{5 \frac{\text{км}}{\text{с}}} - \frac{1}{8 \frac{\text{км}}{\text{с}}} \right) \approx 667 \text{ км}$ .

1.12. Минорали кран юкни қўзғатиб,  $t = 3 \text{ с}$  вақт ичида унинг тезлигини  $v = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  гача етказди. Кран юкни қандай  $a$  тезланиш билан кўтарди?

Ечилиши. Тўғри чизиқли текис тезланувчан ҳаракатда тезланиш катталиги формуласига кўра:  $a = \frac{v - v_0}{t}$ . Бошланғич тезлик нолга тенг бўлгани учун ( $v_0 = 0$ )

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v}{t} = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} / 3 \text{ с} = 0,2 \text{ м/с}^2.$$

1.13. 8-расмда ГАЗ-52-04 юк автомобили тезлигининг вақтга боғланиш графиги берилган. Графикнинг I қисмида автомобиль қандай  $a$  тезланиш билан ҳаракат қилган? У эришган энг катта  $v$  тезлик нимага тенг? Графикнинг иккинчи қисмида тезлик қандай ўзгарган?  $t_1 = 25 \text{ с}$  ва  $t_2 = 10$  мин давомида ўтилган  $s_1$  ва  $s_2$  йўлларни ҳисобланг. Автомобилнинг энг катта тезлигини км/соат билан ифодаланг.



8-расм.

Ечилиши. I қисмда тезлик бир текис ошиб борапти. Бинобарин бу ҳолда автомобиль текис тезланувчан ҳаракат қилади. Унинг тезланиши чизмадан:

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 0}{25 \text{ с}} = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$



Энг катта тезлик  $v = 20$  м/с. II қисмда тезлик ўзгармайди. I қисмда ҳаракат бошланғич тезликсиз текис тезланувчан ҳаракат бўлгани учун  $s = at_1^2/2 = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (25 \text{ с})^2/2 = 250$  м.

Графикнинг иккинчи қисмида автомобиль текис ҳаракат қилади:  $s_2 = s_1 + v(t_2 - t_1) = 250 \text{ м} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} (600 \text{ с} - 25 \text{ с}) = 11750$  м. Тезликни км/соат билан ифодалаймиз.  $v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 20 \cdot \frac{3600}{1000} \frac{\text{км}}{\text{соат}} = 72 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$ .

1.14. Қурилиш юқларини ташишда қўлланиладиган ЗИЛ-130-76 автомобили энг катта тезлик  $v = 90 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$  билан ҳаракатланмоқда. Тормоз системаси ишга туширилганда у  $t = 8$  с вақтда тўхтади. Тормоз йўли  $s$  ни топинг.

Ечилиши. Текис тезланувчан ҳаракатдаги йўл формуласига кўра:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}. \quad (1)$$

Тезланиш таърифидан:  $a = \frac{v - v_0}{t}$ ;  $v = 0$  бўлгани учун:

$$a = -v_0/t, \quad (2)$$

яъни ҳаракат секинланувчан. (2) ни (1) га қўйсак.

$$s = \frac{v_0 t}{2}; \quad s = \frac{25 \text{ м/с} \cdot 8 \text{ с}}{2} = 100 \text{ м}.$$

1.15. СО-115 бўёқчилик станцияси бўёқ моддаларини вертикал бўйича  $h = 45$  м баландликка етказиб бериши мумкин. Ишқаланишни ҳисобга олмаган ҳолда бўёқ составига қандай  $v_0$  бошланғич тезлик берилиши кераклигини аниқланг.

Ечилиши.  $v_0$  бошланғич тезлик билан тик юқорига отилган жисмнинг энг юқорига кўтарилиш масофаси:

$$h = \frac{v_0^2}{2g}. \quad (1)$$

Бу ерда  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> эркин тушиш тезланиши. (1) дан:

$$v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 45 \text{ м}} \approx 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

1.16. Минорали кран  $t = 3,1$  с ичида юкни кўзғатиб, унинг тезлигини  $v = 0,68 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  гача етказди. Бу вақт ичида юк қандай  $h$  баландликка кўтарилди? Кран троси узилиб кетса, юк қанча  $\tau$  вақтда тушади?

Ечилиши. Координата бошини юк тинч турган вазиятга бириктириб,  $y$  ўқини вертикал юқорига йўналтирамиз (9-расм). Бошланғич тезликсиз текис тезланувчан ҳаракат учун:

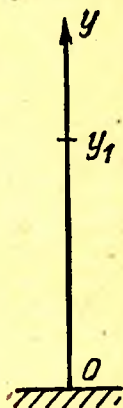
$$y_1 \approx h = \frac{at^2}{2}. \quad (1)$$

Тезланиш таърифига кўра

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v}{t}. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсақ,

$$h = \frac{v}{t} \cdot \frac{t^2}{2} = \frac{vt}{2} = \frac{0,68 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 3,1 \text{ с}}{2} \approx 1 \text{ м}$$



9-расм.

Юк ерга тушган вақтда (9-расмга қаранг)  $y_2 = 0$ . (3) Иккинчи томондан трос узилгач, юк аввал секинланувчан ҳаракат қилиб, тўхтайтиди, кейин текис тезланувчан ҳаракат қилади. Ҳаракат тенгламаси

$$y_2 = h + v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} \quad (4)$$

кўринишда ёзилади. (3) ни (4) га қўйиб, ҳосил бўлган тенгламани  $5\tau - 0,68\tau - 1 = 0$  кўринишда ёзиш мумкин. Бундан  $\tau = (0,68 \pm \sqrt{(0,68)^2 + 4 \cdot 5 \cdot 1})/10$  с;  $\tau = 0,52$  с. Иккинчи ечим вақт учун манфий қийматни беради ва бу ечим физик маънога эга эмас.

1.17. Баландлиги  $h = 10$  м бўлган бинодан горизонтал йўналишда  $v_0 = 1,5$  м/с тезлик билан қурилиш чиқиндилари отилиб чиқиши маълум бўлса, хавфсизлик девори бино пойдеворидан камида қандай  $s$  масофада ўрнатилиши керак?

Ечилиши. Қурилиш чиқиндилари горизонтал йўналишда текис ҳаракат қилади. Шунинг учун.

$$s = v_0 \cdot t, \quad (1)$$

бунда  $t$  — ҳаракат вақти.

Вертикал йўналишдаги ҳаракат эркин тушишдан иборат бўлгани учун:

$$h = \frac{gt^2}{2}. \quad (2)$$

(2) дан:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (3)$$

(3) ни (1) га қўйиб, изланаётган катталиқ учун  $s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$  ифодани ҳосил қиламиз:

$$s = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \text{ м}}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} \approx 2,14 \text{ м}.$$

1.18. Сиртларни силлиқловчи машина диски айланиш частотаси  $\nu = 550 \frac{1}{\text{мин}}$ . Диск айланишининг даври  $T$ , бурчак тезлиги  $\omega$ . Диск марказидан  $R = 40$  см узоқликдаги нуқтанинг  $v$  чизиқли тезлиги топилсин.

Ечилиши. Дискнинг айланиш даври  $T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{9,2 \frac{1}{\text{с}}} \approx 0,11$  с. Бурчак тезлик:  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu = 2 \cdot 3,14 \times 9,2 \text{ рад/с} = 57,8 \text{ рад/с}$ . Чизиқли тезлик:  $v = \omega \cdot R = 57,8 \text{ рад/с} \times 0,4 \text{ м} = 23,12 \text{ м/с}$ .

1.19. Портал краннинг айланиш частотаси  $\nu = 0,025 \frac{1}{\text{с}}$  бўлса, у  $\varphi = 90^\circ$  га бурилиши учун қанча вақт керак? Кран айланишининг  $\omega$  бурчак тезлиги нимага тенг?

Ечилиши. Бурчак тезликни ҳисоблаймиз:  $\omega = 2\pi\nu = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,025 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \approx 0,16 \text{ рад/с}$ . Бурчак тезлик таърифига кўра:  $\omega = \frac{\varphi}{t}$ . Бундан:  $t = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{\pi}{2 \cdot 2\pi\nu} = \frac{1}{4\nu} = 1 / (4 \times 0,025 \frac{1}{\text{с}}) = 10$  с.

1.20. Полга ўринатилган силлиқловчи дастгоҳ шпинделининг бурчак тезлиги  $\omega = 3200 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Агар шпиндел мар-

кавланимаган бўлса, полга таъсир қилувчи даврий куч частотаси  $\nu$  нимага тенг?

Ечилиши. Айлана бўйлаб ҳаракатда бурчак тезлик билан частота ўртасидаги боғланишга кўра  $\omega = 2\pi\nu$ . Бундан:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{3200\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}}{2\pi \text{ рад}} = 1600 \frac{1}{\text{с}}.$$

1.21. Гусеничали трактор  $t = 0,83$  мин да  $\varphi = 90^\circ$  га бурилса, унинг платформаси айланишининг  $\nu$  частотаси нимага тенг?

Ечилиши. Платформа айланишининг бурчак тезлиги  $\omega = \frac{\varphi}{t}$ , иккинчи томондан  $\omega = 2\pi\nu$ . Шунинг учун  $\frac{\varphi}{t} = 2\pi\nu$ . Бундан:  $\nu = \frac{\varphi}{2\pi t} = \frac{\pi}{2 \cdot 2\pi \cdot 0,83 \text{ мин}} = 0,3 \frac{1}{\text{мин}} = 0,05 \frac{1}{\text{с}}.$

1.22. Портал краннинг айланиш частотаси  $\nu = 0,025 \frac{1}{\text{с}}.$

Кран стреласи узунлиги  $l = 30$  м ва горизонтал ҳолатда бўлса, илмоқнинг  $v$  чизиқли тезлиги нимага тенг?

Ечилиши. Айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган жисмнинг чизиқли тезлиги айланиш частотаси  $\nu$  ва жисмнинг айланиш марказидан  $l$  узоқлиги билан қуйидагича боғланган:

$$v = 2\pi\nu l = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,025 \frac{1}{\text{с}} \cdot 30 \text{ м} = 4,7 \text{ м/с}.$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

1.1. Қуйидаги мисолларнинг қайси бирида ўрганилаётган жисмни моддий нуқта деб қабул қилиш мумкин:

- 1) уй девори учун гишт терилмоқда;
- 2) битта гишти ер сиртидан бинонинг 4-қаватига кўтариш учун сарфланадиган энергия ҳисобланмоқда;
- 3) бетон плита автомобиль кузови платформасининг қандай юзасини эгаллаши ҳисобланмоқда. [2- мисолда.]

1.2. Кўтарма кран: а) юкни кўтараётган; б) юкни кўтараётган ва илгариланма ҳаракат қилаётган, в) юкни кўтараётган ва стрела айланаётган ҳоллар учун юк траекториясини чизинг.

1.3. Минорали кран юкни қўзгалувчан блок ёрдамида юқорига кўтармоқда. Бунда чиғир барабанига

$l=32$  м узунликдаги трос ўралди. Юкнинг  $s$  кўчиши нимага тенг? Юк қандай  $S$  масофани ўтади?

$$[s = l/2 = 16 \text{ м}; \quad S = l/2 = 16 \text{ м.}]$$

1.4. Зилзила марказидан  $s=120$  км масофада жойлашган аҳоли яшайдиган пунктга кўндаланг тўлқинлар  $t=24$  с да етиб келган бўлса, бу тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги  $v$  нимага тенг? [ $v=s/t=5$  км/с.]

1.5. Юксиз ЭТ-550М электр арава 15 км/соат тезлик билан ҳаракат қилади. Арава босиб ўтган йўлнинг вақтга боғланиш графигини чизинг.

1.6. КБ-406 минорали кран ёрдамида юкни кўзгалувчан блок ёрдамида кўтараётганда кран троси чиғир барабанига  $v_1 = 0,38 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  тезлик билан ўралади. Юк қандай  $v_2$  тезлик билан кўтарилади? Юк  $h = 12$  м баландликка қанча  $t$  вақтда кўтарилади? [ $v_2 = \frac{v_1}{2} = 0,19$  м/с;  $t = h/v_2 = 63,2$  с.]

1.7. Кўприкли кран юкни  $l_1 = 6$  м баландликка кўтарди. Шу вақтнинг ўзида кран рельс бўйлаб  $l_2 = 8$  м масофага силжиди. Агар юк кран бўйлаб  $t = 0,2$  мин ҳаракат қилган бўлса, юкнинг натижавий  $s$  кўчиши нимага тенг? Юкнинг кран бўйлаб ҳаракат тезлиги  $v = \text{м/мин}$ . [ $s = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} + v^2 t^2 = 12,56$  м.]

1.8. Уй қуриш комбинати билан қурилиш объекти орасидаги масофа  $s=40$  км. Материал ташиш режаси бажарилиши учун юк автомобили ҳайдовчиси объектдан комбинатга бир сменада  $n=4$  марта бориб келиши керак. Иш сменаси  $T=7,2$  соат давом этадиган бўлса, бунда ҳайдовчи автомобилни камида қандай  $v$  тезлик билан ҳайдаши керак? Юкларни ортиш ва туширишга ҳаммаси бўлиб  $t=1$  соат сарф бўлади деб ҳисобланг. [ $v = 2n \cdot s / (T - t) = 51,6$  км/соат  $\approx 14,3$  м/с.]

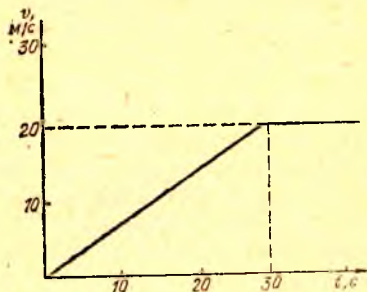
1.9. Агар бирор пунктдан зилзиланинг «ўтиб кетиши» ва «қайтиши» ўртасида ўтган вақт  $\Delta t = 32$  с бўлса, зилзила маркази пунктдан қандай  $l$  масофада жойлашган? Зилзила ҳосил қилган бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг тезликлари мос равишда  $v_1 = 7,8$  км/с ва  $v_2 = 4,6$  км/с. [ $l = \Delta t / \left( \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right) \approx 356$  км =  $356 \cdot 10^3$  м.]

1.10. Зилзила ҳосил қилган бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезликлари мос равишда  $v_1 =$

$= 8$  км/с ва  $v_2 = 5$  км/с. Зилзила ўчоғи пунктдан 200 км масофада жойлашган бўлса, бу тўлқинларнинг пунктга етиб келиши орасидаги  $\Delta t$  вақтни аниқланг. [ $\Delta t = t \left( \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1} \right) = 15$  с.]

1.11. Минорали кран қанча  $t$  вақт давомида юкни қўзғатиб, унинг тезлигини  $v = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  га етказди? Юкнинг кўтарилиш тезланиши  $a$  ни  $0,18 \text{ м/с}^2$  га тенг деб олинг. [ $t = \frac{v}{a} = 3,3$  с.]

1.12. Зил-130-76 автомобили энг катта  $v = 90$  км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормоз системаси ишга туширилганда у  $t = 8$  с да тўхтади. Автомобиль ҳаракати тезлигининг вақтга боғланиш графигини чизинг.



10-расм.

1.13. 10-расмда ҚАЗ-608В эгарли шатакчи автомобили (сидельный тягач) тезлигининг вақтга боғланиш графиги берилган. Шатакчи қандай  $a$  тезланиш билан ҳаракат қилган? У эришган энг катта  $v$  тезлик нимага тенг?  $t_1 = 30$  с да ўтилган  $s_1$  йўл қанча? Шатакчи текис ҳаракат қилиб,  $t_2 = 2$  соатда қанча  $s_2$  йўл ўтади? [ $a \approx 0,67 \text{ м/с}^2$ ;  $v = 20 \text{ м/с}$ ;  $s_1 = \frac{at_1^2}{2} = 300 \text{ м}$ ;  $s_2 = v \cdot t_2 = 144000 \text{ м}$ .]

1.14. Қўрилиш юкларини ташишда қўлланиладиган ГАЗ-53А автомобили энг катта  $v = 80 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$  тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормоз системаси ишга туширилганда у  $s = 92 \text{ м}$  йўл ўтиб тўхтади. Автомобиль қандай  $a$  тезланиш билан ҳаракат қилган? У қанча  $t$  вақтда тўхтаган? [ $a = v^2/2s = 2,7 \text{ м/с}^2$ ;  $t = \sqrt{2s/a} = 8,3$  с.]

1.15. СО-115 буюқчилик станцияси буюқ моддасига тик юқорига йўналган  $v_0 = 29 \text{ м/с}$  тезлик бериши мумкин. Ишқаланишни ҳисобга олмаганда буюқ моддаси қандай  $h$  баландликка етказиб берилади? [ $h = v_0^2/2g = 42,9 \text{ м}$ .]

1.16. ҚПП-5-30-10,5 минорали крани юкни қўзғатиб,  $t=3$  с ичида унинг тезлигини  $v=72 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$  га етказди. Бу вақт ичида юк қандай  $h$  баландликка кўтарилади? Кран троси узилиб кетса, юк қанча  $\tau$  вақтда тушади?  $\left[ h = \frac{v \cdot t}{2} = 1,8 \text{ м}, \tau = (v \pm \sqrt{v^2 + 2gh})/g = 0,74 \text{ с.} \right]$

1.17. Баландлиги  $h=12$  м бўлган бинодан горизонтал йўналишда  $v_0=1,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  тезлик билан қурилиш чиқиндилари отилиб чиқиши маълум бўлса, хавфсизлик девори бино пойдеворидан камида қандай  $s$  масофада ўрнатилиши керак?  $\left[ s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2,8 \text{ м.} \right]$

1.18. Бинонинг баландлиги  $h=18$  м, хавфсизлик девори бино пойдеворидан  $s=4$  м масофада ўрнатилган бўлса, энг юқори қаватдан қурилиш чиқиндиларини горизонтал йўналишда қандай энг катта  $v_0$  тезлик билан улоқтириш мумкин?

1.19. КС-3571Б автомобиль кранининг юк кўтариш илмоғининг кран ўқидан энг катта узоқлиги  $r=19,1$  м, юкни кўтариш баландлиги  $h=20$  м, бехосдан узилган юк горизонтал йўналишда  $v=0,4$  м/с тезлик билан ҳаракат қилиши мумкин бўлса, хавфсизлик зонасининг  $R$  радиуси камида қанча бўлиши керак? Кўтарилаётган бир жинсли юкларнинг энг катта ўлчамини  $l=4$  м деб

олинг.  $\left[ R = r + v \sqrt{\frac{2h}{g}} + l/2 = 22 \text{ м.} \right]$

*Эслатма:* Хавфсизлик зонаси радиуси  $R = r + s + a$ . Бу ерда  $r$  — юк кўтариш илмоғининг кран ўқидан энг катта узоқлиги,  $s$  — юк горизонтал йўналишда учиб бориб тушиши мумкин бўлган энг катта масофа,  $a$  — юк оғирлик марказидан унинг четигача бўлган масофа.

1.20. Минорали краннинг айланиш даври  $T=40$  с. Кран айланишининг  $\nu$  частотасини,  $\omega$  бурчак тезлигини ва  $\varphi = 180^\circ$  га бурилиши учун қанча  $t$  вақт сарф бўлишини

ҳисобланг.  $\left[ \nu = \frac{1}{T} = 0,025 \frac{1}{\text{с}}; \omega = \frac{2\pi}{T} = 0,16 \text{ рад/с;} \right]$

$t = \varphi/\omega = 19,6 \text{ с.}$

1.21. Бетон сиртларни силлиқловчи машина СО-170

дискнинг айланиш частотаси  $\nu = 60 \frac{1}{\text{мин}}$ . Диск айланишнинг  $T$  даврини ва  $\omega$  бурчак тезлигини аниқланг.  $\left[ T = \frac{1}{\nu} = 1 \text{ с}; \omega = 2\pi\nu = 6,28 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$

1.22. Бетон қорғичнинг айланиш частотасини ва даврини секунд стрелкали соат ёки секундомер ёрдамида аниқланг.

1.23. Чўян, бетон ва бошқа қаттиқ материалларни тешини учун қаттиқ қотишмалардан тайёрланган пластинкали парма (бурғи)лардан фойдаланилади. Парманинг кесувчи қисми қандай турдаги ҳаракатларда иштиради?

## 2. ДИНАМИКА

Динамикада жисмларнинг ҳаракати бу ҳаракатни юзага келтирган сабаблар билан бирга ўрганилади. Динамикада тезланиш ҳосил бўлиш сабаблари ва уни ҳисоблаш усуллари кўриб чиқилади.

2.1. *Куч*. Агар жисм тезланиш билан ҳаракат қилаётган бўлса, унга таъсир қилаётган бир ёки бир неча жисмни ҳамма вақт кўрсатиш мумкин. Жисмга бошқа жисмларнинг таъсири *куч* деб аталади. Куч — вектор катталиқ. Кучнинг йўналиши жисмнинг шу куч таъсирида олган тезланиши йўналиши билан аниқланади.

2.2. *Ньютоннинг биринчи қовуни*. *Жисмларнинг инертлиги*. *Масса*. *Инерциал саноқ системалари*. Кузатишлар ва тажрибалар асосида И. Ньютон (1687 й) қуйидагича баён қилган қонунга келиш мумкин:

Агар жисмга куч таъсир қилмаса ёки барча кучларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлса, жисм ёки тинч туради ёки тўғри чизиқли текис ҳаракат қилади. Ньютоннинг биринчи қонуни *инерция қонуни* деб ҳам аталади.

Жисмларнинг тинч ёки тўғри чизиқли ҳаракат ҳолатини сақлаш хоссаси *инертлик* деб аталади.

Илгариланма ҳаракат қилаётган жисмнинг инертлик хоссасини ифодаловчи катталиқ *масса* деб аталади. Бирликларнинг халқаро системасида массанинг ўлчов бирлиги қилиб килограмм (қисқача кг) қабул қилинган. Ўлчов ва тарозиларнинг халқаро бюросида сақланадиган ва иридий ҳамда платина қотишмасидан маҳсус тайёрланган цилиндрнинг массаси — 1 кг.



Жисм  $m$  массасининг  $V$  ҳажмига нисбати унинг қандай материалдан ясалганига боғлиқ бўлиб, жисмларнинг инертлик хоссаларини таққослашга ҳизмат қилади. Бу катталиқ  $\rho$  зичлик деб аталади:  $\rho = m/V$ . Зичлик  $\text{кг/м}^3$  билан ўлчанади.

Ньютоннинг биринчи қонуни инерциал саноқ системалари деб аталган системалардагина ўринлидир. Тўғри чизиqli текис ҳаракат қилаётган жисмга боғланган саноқ системаси *инерциал саноқ системаси* деб аталади. Бирор инерциал саноқ системасига нисбатан тўғри чизиqli текис ҳаракат қилаётган барча саноқ системалари ҳам инерциал саноқ системалари бўлади.

2.3. *Ньютоннинг иккинчи қонуни.* Тажрибалар жисмнинг  $\vec{a}$  тезланиши унга қўйилган  $\vec{F}$  кучга тўғри пропорционал, жисмнинг  $m$  массасига тескари пропорционал эканини кўрсатади:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (1)$$

(1) ифода Ньютоннинг иккинчи қонунидан иборат. (1) га

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (2)$$

Бу ифода жисм ҳаракатининг динамик тенгламаси дейилади. Агар жисмга бир неча куч таъсир қилаётган бўлса, (1) ва (2) тенгламаларда барча кучларнинг тенг таъсир этувчисини қўйиш керак:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots \quad (3)$$

Кучнинг ўлчов бирлиги (2) тенгламага кўра

$$[F] = [m] \cdot [a] = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ Ньютон (Н)}.$$

1 Н — массаси 1 кг жисмга 1  $\text{м/с}^2$  тезланиш берадиган кучдир.

2.4. *Ньютоннинг учинчи қонуни.* Икки жисм ўзаро таъсир қилганида тажрибалар қўйидаги муносабат ўринли бўлишини кўрсатади:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (1)$$

Бу ерда  $m_1$ ,  $a_1$  — жисмлардан бирининг массаси ва тезланиши,  $m_2$ ,  $a_2$  — иккинчи жисмнинг массаси ва тезланиши. Шу билан бирга, жисмларнинг тезланишлари

йўналиши қарама-қарши. У ҳолда (1) ни вектор кўри-  
нишида ёзиш мумкин:

$$\frac{\vec{a}_1}{\vec{a}_2} = -\frac{m_2}{m_1}, \quad (2)$$

ёки

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2. \quad (3)$$

(3) ифода ўзаро таъсир табиатига боғлиқ эмас. Нью-  
тоннинг иккинчи қонунига кўра

$$\vec{F}_1 = m_1 \vec{a}_1. \quad (4)$$

— биринчи жисмга таъсир қилаётган куч;

$$\vec{F}_2 = m_2 \vec{a}_2 \quad (5)$$

— иккинчи жисмга таъсир қилаётган куч. (4) ва (5) ни  
ҳисобга олиб, (3) ни қуйидаги шаклга келтирамиз:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2. \quad (6)$$

Бу тенглама Ньютоннинг учинчи қонунининг математик  
ифодасидир: жисмлар бир-бирига бир тўғри чизиқ бўй-  
лаб йўналган, абсолют қийматлари тенг ва йўналиши  
қарама-қарши бўлган кучлар билан таъсир қилади.

2.5. *Бутун олам тортишиш қонуни. Оғирлик кучи.*  
Қонинотдаги массага эга бўлган барча жисмларнинг  
бир-бирига тортишиши *бутун олам тортишиши* деб ата-  
лади. 1667 йилда И. Ньютон астрономик кузатишларга  
асосланган ҳолда бутун олам тортишиш қонунини  
кашф қилди. Бу қонунга кўра массага эга бўлган икки  
нуқтавий жисм массалари кўпайтмасига тўғри пропор-  
ционал, улар орасидаги  $R$  масофанинг квадратига тес-  
кари пропорционал  $F_T$  куч билан бир-бирига тортилади:

$$F_T = G \frac{m_1 m_2}{R}. \quad (1)$$

бу ерда  $m_1, m_2$  — тортишувчи жисмларнинг массалари.  
(1) ифодага кирган  $G$  коэффициент *тортишиш доимийси*  
деб аталади. Тортишиш доимийси сон қиймати жиҳатдан  
массалари 1 кг дан бўлган икки жисмнинг 1 м масофа-  
дан туриб тортишиш кучига тенгдир:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Бутун одам тортишиш қонуни (1) билан аниқланади-  
ган кучлар *гравитация кучлари* деб аталади.

Жисмларнинг Ерга тортилиш кучи *оғирлик кучи* деб аталади. Жисмнинг массаси  $m$ . Ернинг массаси  $M$  бўлсин. Бутун олам тортишиш қонунига кўра  $P$  оғирлик кучи:

$$P = G \frac{m \cdot M}{R^2} \quad (2)$$

ва ер маркази томон йўналган, бу ерда  $R$  — Ернинг радиуси. Оғирлик кучи таъсирида жисм тезланиш (эркин тушиш тезланиши) билан ҳаракат қилади. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра бу  $g = P/m = GM/R^2 = 9,8$  м/с тезланиш жисмнинг массасига боғлиқ эмас ва ҳамма жисмлар учун бир хил. (2) га кўра оғирлик кучи катталиги  $P = mg$  кўринишда ёзилиши мумкин.

2.6. *Жисмларнинг оғирлиги. Тезланиш билан ҳаракат қилаётган жисмнинг оғирлиги. Вазнсизлик.* Жисм ерга тортилиши туфайли у таянчга ёки осмага куч билан таъсир қилади. Бу куч жисмнинг *оғирлиги* деб аталади. Таянч ёки осма ерга нисбатан тинч турган ёки тўғри чизиқли текис ҳаракат қилаётган бўлса, жисмнинг оғирлиги оғирлик кучига тенгдир:

$$P = mg. \quad (1)$$

Вертикал юқорига йўналган,  $\vec{a}$  тезланиш билан ҳаракат қилаётган жисмнинг оғирлиги

$$P = m(g + a), \quad (2)$$

вертикал пастга йўналган,  $\vec{a}$  тезланиш билан ҳаракат қилаётган жисмнинг оғирлиги

$$P = m(g - a) \quad (3)$$

ифода билан аниқланади. Жисмнинг тезланиш билан ҳаракат қилиши туфайли оғирлигининг ортиши *ортиқча юкланиш* деб аталади. Жисм эркин тушаётган бўлса,  $a = g$  ва, бинобарин,  $P = m(g - g) = 0$ . Бундай шароитда жисм таянчга ёки осмага таъсир қилмайди: жисм вазнсизлик ҳолатида бўлади.

2.7. *Эластиклик кучлари. Гук қонуни.* Жисмларни чўзиш, сиқиш, эгиш ва бураш жисмларни *деформациялаш* деб аталади. Деформация вақтида юзага келган кучлар табиати жиҳатидан электромагнит кучлари бўлиб, *эластиклик кучлари* деб аталади. Бу кучлар жисм зарраларининг деформация вақтидаги кўчиш йўналишига қарама-қарши йўналган. Тажрибалар сиқишиш ёки чўзилиш деформациялари учун деформация

кичик бўлганда Гук қонуни ўринли эканини тасдиқлайди: эластиклик кучи деформация катталиги  $x$  га тўғри пропорционал:  $\vec{F}_{эл} \sim \vec{x}$ , ёки

$$\vec{F}_{эл} = -k\vec{x}. \quad (1)$$

Минус ишора эластиклик кучларининг йўналиши деформация йўналишига қарама-қарши эканлигини кўрсатади.  $k$  пропорционаллик коэффициенти эластик жисмнинг *бикрлиги* деб аталади. (1) ифодада  $x=1$  м деб олсак,  $F_{эл}=k$  га келамиз. Бундан бикрликнинг физик маъноси келиб чиқади: эластик жисмнинг бикрлиги сон қиймати жиҳатидан деформация катталиги бир бирликка тенг бўлганда жисмда юзага келадиган эластиклик кучига тенгдир. (1) га кўра

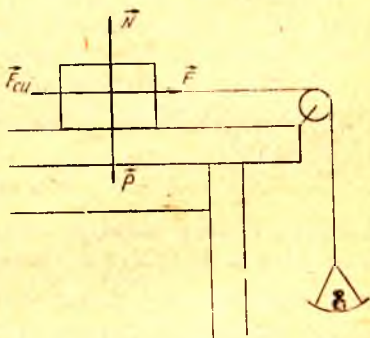
$$k = \frac{F_{эл}}{x}. \quad (2)$$

Бундан  $k$  коэффициентнинг ўлчов бирлиги учун

$$[k] = [F_{эл}] / [x] = 1 \text{ Н/1 м} = 1 \text{ Н/м}$$

ни оламиз.

**2.8 Ишқаланиш кучлари.** Стол устидаги жисм  $P$  босим кучи билан стол сиртига таъсир қилаётган бўлсин (11-расм). Жисмга ип боғлаймиз ва блок орқали ўтган ипнинг иккинчи учига паллача осамиз. Паллачага кичикроқ юк қўяйлик. Ип таранглашиб, жисмга  $F$  куч таъсир эта бошлайди. Паллачадаги юк унча катта бўлмаганда, жисм тинч қолади. Бу эса Ньютон-



11-расм.

нинг биринчи қонунига кўра жисмга  $\vec{F}$  куч билан бирга яна  $\vec{F}_{ти}$  куч таъсир этаётганини билдиради. Нисбий кўчиш содир бўлмаган ҳолдаги бу  $\vec{F}_{ти}$  кучи тинчликдаги *ишқаланиш кучи* деб аталади. Тинчликдаги ишқаланиш кучи жисмнинг бошқа жисм билан уриниш сиртига па-

ралелл йўналишда бўлади ва жисмга қўйилган кучнинг ортиши билан бирор максимал қийматгача ортиб боради.

Паллачага қўйилган юк оғирлигининг, яъни  $\vec{F}$  кучнинг тайинли бир қийматида жисм ҳаракат қила бошлайди. Лекин бу ҳолда ҳам жисмга ишқаланиш кучи таъсир қилади. Нисбий кўчиш содир бўлган ҳолдаги ишқаланиш кучи *сирпаниш ишқаланиш кучи* деб аталади. Сирпаниш ишқаланиш кучи жисмнинг у билан уринувчи жисмга нисбатан қиладиган ҳаракатининг тезлигига қарама-қарши йўналади. Бу куч жисмнинг нисбий тезлигини камайтиради.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, тинчликдаги ишқаланиш кучининг максимал қиймати ва  $\vec{F}_{\text{сн}}$ —сирпаниш ишқаланиш кучи сиртга таъсир этувчи  $\vec{P}$  нормал босим кучига пропорционалдир:

$$|\vec{F}_{\text{сн}}| = \mu |\vec{P}|, \text{ ёки } F_{\text{сн}} = \mu P,$$

бу ерда  $\mu$  — ишқаланиш коэффициенти деб аталади.

Ишқаланиш кучлари уринувчи сиртларнинг гадир-будурликлари ва ишқаланувчи жисмлар атом ва молекуларининг ўзаро таъсири туфайли вужудга келади.

**2.9. Импульс. Импульсининг сақланиш қонуни.** Жисм  $m$  массасининг унинг  $\vec{v}$  тезлигига кўпайтмаси  $\vec{P}$  импульс деб аталади:

$$\vec{P} = m \vec{v}. \quad (1)$$

Импульс вектор катталиқдир. Унинг йўналиши (1) га кўра тезлик йўналиши билан бир хил. СИ бирликларида импульсининг ўлчов бирлиги қилиб  $1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  тезлик билан ҳаракатланаётган 1 кг массали жисмнинг импульси қабул қилинган:

$$|P| = |m| |v| = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м/с} = 1 \text{ кг м/с}.$$

Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра

$$\vec{F} = m \vec{a}, \quad (2)$$

бу ерда  $\vec{F}$  — жисмга таъсир қиладиган куч,  $\vec{a}$  — тезланиш. Таърифга кўра

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t}, \quad (3)$$

бу ерда  $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$  — тезлик ўзгариши,  $t$  — вақт. (3) ни (2) га қўйсақ,  $\vec{F} = m \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t}$ , ёки

$$\vec{F} \cdot t = m \vec{v}_2 - m \vec{v}_1. \quad (4)$$

$\vec{F}$  кучнинг унинг таъсир қилиш  $t$  вақтига кўпайтмаси *куч импульси* деб аталади. (4) га кўра куч импульси импульс ўзгаришига тенгдир.

Массалари  $m_1$  ва  $m_2$  бўлган икки жисм ёпиқ системани ташкил қилсин. Агар система жисмларига ташқаридан бошқа жисмлар таъсир қилмаса, бундай система *ёпиқ система* деб аталади.

Жисмларнинг тезликлари  $\vec{v}_1$  ва  $\vec{v}_2$  бўлсин. Ўзаро таъсир натижасида уларнинг тезликлари ўзгариб,  $\vec{v}'_1$  ва  $\vec{v}'_2$  га тенг бўлиб қолади. Ҳисоблашлар импульснинг сақланиш қонуни ўринли бўлишини кўрсатади:

Ёпиқ система ҳосил қилувчи жисмлар импульсларининг геометрик йиғиндиси бу системадаги жисмларнинг бир-бири билан бўладиган ҳар қандай ўзаро таъсирида ўзгармасдир:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2. \quad (5)$$

Жисмларга таъсир қилувчи кучларни ҳисоблаб бўлмаган ёки ҳисоблаш мураккаб бўлган ҳолларда механика масалаларини ечишда импульснинг сақланиш қонунидан фойдаланиш мумкин.

### Масала ечиш намуналари

2.1. Нима учун кўтарма кран машинистига оғир юкни жойндан кескин кўтариш тақиқланади?

Ечилиши. Оғир юк тинчлик ҳолатини сақлашга интилади ва юкни кескин кўтарганда кран триси узилиб кетади.

2.2. Қуйидаги ҳолларда қандай жисмларининг таъсири бир-бирини мувозанатлашини тушунтиринг:

а) юк автомобили горизонтал йўл устида тинч турибди;

б) юк автомобили қия текислик бўйлаб пастга томон текис ҳаракат қилмоқда;

в) юк автомобили қия текислик бўйлаб юқорига томон текис ҳаракат қилмоқда;

г) кўтарма кран юкни юқорига вертикал йўналишда текис кўтармоқда.

Ечилиши. а) юкни Ернинг тортиши ва Ер сиртининг реакцияси;

б) Ернинг тортиши, қия текислик сиртининг реакцияси, автомобиль ғилдираклари билан йўл сирти ўртасидаги ишқаланиш;

в) Ернинг тортиши, қия текислик сиртининг реакцияси, ишқаланиш, двигателнинг тортиши;

г) кран тросининг таранглиги, Ернинг тортиши.

2.3. Девор учун ишлатиладиган йирик блокнинг массаси  $m=1,5$  т, ўлчамлари  $V=3000 \times 1000 \times 500$  (мм)<sup>3</sup>. Блок материалнинг  $\rho$  ўртача зичлиги қандай?

Ечилиши: Зичлик таърифига кўра

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1500 \text{ кг}}{3 \cdot 1 \cdot 0,5 \text{ м}^3} = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

2.4.  $N=10$  дона девор блокларини ташиш учун ажратиладиган юк автомашинаси қанча  $M$  массали юкни кўтара оладиган бўлиши керак? Блокларнинг зичлиги  $\rho=900$  кг/м<sup>3</sup>, ўлчамлари  $V=3000 \times 1000 \times 500$  (мм)<sup>3</sup>.

Ечилиши. Зичлик таърифига кўра  $\rho = \frac{m}{V}$ . Бундан бир дона блокнинг массаси  $m = \rho \cdot V$ . Ҳамма блокларнинг массаси  $M = N \cdot m = N \rho V = 10 \cdot 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3 \cdot 1 \cdot 0,5 \text{ м}^3 = 13,5 \text{ т}$ .

2.5. Т-400 маркали плита зичлиги  $\rho=950$  кг/м<sup>3</sup> бўлган қаттиқ ёғочдан тайёрланади. Унинг ўлчамлари: бўйи  $a=3,35$  м, эни  $b=1,60$  м, қалинлиги  $c=0,004$  м. Плитанинг  $m$  массасини ҳисобланг.

Ечилиши. Зичлик таърифига кўра  $\rho = m/V$ . Бунда  $V = a \cdot b \cdot c$  — плитанинг ҳажми. (1) дан:  $m = \rho \cdot V = \rho \cdot a \cdot b \cdot c = 950 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3,35 \text{ м} \cdot 1,6 \text{ м} \cdot 0,004 \text{ м} \simeq 19 \text{ кг}$ .

2.6. Ф-20 турдаги пойдевор плитасининг массаси  $m = 2,45$  т. Унга  $m_n = 14,8$  кг пўлат сарф бўлади. Плитанинг узунлиги  $a = 1,18$  м, кенглиги  $b = 2,0$  м, баландлиги  $c = 0,5$  м. Пўлатнинг зичлигини  $\rho_n = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  деб ҳисоблаб, бетоининг  $\rho_6$  зичлигини аниқланг.

Ечилиши. Бетоннинг массаси

$$m_6 = m - m_n. \quad (1)$$

Плитанинг ҳажми:

$$V = a \cdot b \cdot c. \quad (2)$$

Пўлатнинг зичлиги ифодаси:  $\rho_n = \frac{m_n}{V_n}$  дан плита таркибидаги

пўлатнинг ҳажми:  $V_n = \frac{m_n}{\rho_n}$ . Бинобарин, бетоннинг ҳажми:

$$V_6 = V - \frac{m_n}{\rho_n} = a \cdot b \cdot c - \frac{m_n}{\rho_n}. \quad (3)$$

(1), (2), (3) ни ҳисобга олган ҳолда бетоннинг зичлигини топамиз:  $\rho_6 = m_6 / V_6 = (m - m_n) / (abc - m_n / \rho_n) = (2450 \text{ кг} - 14,8 \text{ кг}) / \left( 1,18 \text{ м} \cdot 2,0 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м} - \frac{14,8 \text{ кг}}{7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \right) = 2067 \text{ кг/м}^3$

2.7. Ф-32 маркали пойдевор плиталари учун В12,5 синфига мансуб  $V_6 = 1,6 \text{ м}^3$  ҳажмда бетон ва  $m_n = 39,5 \text{ кг}$  пўлат сарфланган бўлса, унинг умумий  $m$  массаси нимага тенг? Бетоннинг зичлиги  $\rho_6 = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Ечилиши. Плитанинг массаси унинг таркибидаги пўлатнинг  $m_n$  массаси билан бетоннинг  $m_6$  массаси йиғиндисига тенг:

$$m = m_n + m_6. \quad (1)$$

Бетон массаси унинг зичлиги  $\rho_6$  ва ҳажми  $V_6$  орқали аниқланади:

$$m_6 = \rho_6 V_6. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсақ,

$$m = m_n + \rho_6 V_6 = 39,5 \text{ кг} + 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,6 \text{ м}^3 = 3239,5 \text{ кг}.$$

2.8. Ирригация иншоотларини қуришда тупроқ бостириб текисланади. Тупроқнинг дастлабки зичлиги  $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$ , у зичлаштирилгандан кейин  $h = 10 \text{ см}$  пасайган бўлса, тупроқнинг кейинги  $\rho_1$  зичлигини аниқланг. Зичлаштириш тупроқнинг  $H = 1 \text{ м}$  бўлган қаллинигига таъсир қилди деб ҳисобланг.

Ечилиши. Юзи  $S$ , қаллиниги  $H$  бўлган тупроқнинг массаси:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot SH. \quad (1)$$

Тупроқ зичлаштирилгандан кейин

$$m = \rho_1 S(H - h). \quad (2)$$

(1) ни (2) га тенглаймиз:  $\rho SH = \rho_1 S(H - h)$ .



Ёки  $\rho H = \rho_1 (H-h)$ . Бундан

$$\rho_1 = \frac{\rho H}{H-h} = 1400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1 \text{ м} / (1 \text{ м} - 0,1 \text{ м}) = 1556 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

2.9. Зилзила жараёнида иншоотнинг исталган элементида ҳосил бўладиган  $F$  инерция кучи

$$F = \frac{a}{g} Q = K_c Q$$

ифода орқали аниқланади. Бу ерда  $a$  — замин тебраниши тезланиши;  $g$  — оғирлик кучи тезланиши,  $Q = mg$  — иншоот оғирлиги,  $K_c$  — сейсмиклик коэффициенти.

Агар  $K_c = 0,25$  (7 балли зилзила учун), иншоотнинг массаси 50 т бўлса, унга таъсир этувчи кучни ва тезланишни баҳоланг.

Ечилиши.  $F_c = K_c Q = K_c \cdot mg = 0,025 \cdot 50\,000 \text{ кг} \times 9,8 \text{ м/с}^2 = 12500 \text{ Н}$ ;  $a = K_c \cdot g = 0,025 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 0,245 \text{ м/с}^2$ .

2.10. Минорали кран ёрдамида  $m = 0,5$  т массали юк кўзғатилиб,  $t = 3$  секундда тезлигини  $v = 0,6$  м/с гача етказилди. Бунда кран тросининг таранглик кучи нимага тенг бўлади?

Ечилиши. Юқорига йўналган  $a$  тезланиш билан ҳаракат қилаётган жисмнинг оғирлиги ва бинобарин, кран тросининг таранглик кучи:

$$T = m(g + a). \quad (1)$$

Тезланишнинг таърифига кўра:

$$a = \frac{v - v_0}{t}. \quad (2)$$

Бошланғич тезлик:  $v_0 = 0$  эканини ҳисобга олсак,

$$T = m \left( g + \frac{v}{t} \right) = 500 \text{ кг} (9,8 \text{ м/с}^2 + 0,6 \text{ м/с} / 3 \text{ с}) = 5000 \text{ Н}.$$

2.11. КБ-406 крани  $m_1 = 10$  т гача юк кўтара олади. Кран ёрдамида  $m_2 = 9400$  кг массали юк кўтарилаётган бўлса, юк кўтарилиш тезланиши кўпи билан қанча бўлиши мумкин?

Ечилиши. Масаланинг шартига кўра кран тросига таъсир қиладиган  $T$  таранглик кучи

$$T \leq m_1 g$$

шартни қаноатлантириши керак. Иккинчи томондан,

юқорига йўналган  $a$  тезланиш билан ҳаракат қилаётган жисмнинг оғирлиги (кран тросининг таранглик кучи)

$$T = m_2(g + a). \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсак,  $m_2(g + a) \leq m_1g$ . Бундан  $a \leq (m_1 - m_2)g/m_2$  ёки

$$a \leq (10 \cdot 10^3 - 9,4 \cdot 10^3) \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 / 9,4 \cdot 10^3 \text{ кг} \approx 0,63 \text{ м/с}^2.$$

2.12. ГАЗ-53А юк автомобили учун йўл қўйиладиган оғирлик  $F=40$  кН ни ташкил қилади. Унга  $m=3200$  кг юк ортилган. Автомобиль йўлнинг эгрилик радиуси  $R=20$  м бўлган ботиқ қисмидан ўтаётган бўлса, унинг  $v$  тезлиги кўпи билан қанча бўлиши керак?

Ечилиши. Ботиқ кўприк устида ҳаракат қилаётган жисмнинг  $P = m(g + v^2/R)$  оғирлиги  $F$  кучдан катта бўлмаслиги керак:  $m(g + v^2/R) \leq F$  ёки  $F \leq mg + mv^2/R$ .

Бундан:  $v \leq \sqrt{(F - mg)R/m} =$

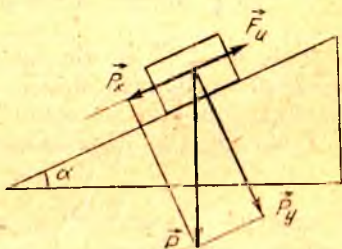
$$= \sqrt{(4 \cdot 10^4 - 3,2 \cdot 10^4) \text{ Н} \cdot 20 \text{ м} / 3200 \text{ кг}} = 7,1 \text{ м/с}.$$

2.13. Мих қалпоқчаси устида тўр кўринишида ўйиқчалар, қалпоқча тагида стерженда кўндаланг ўйиқ чизиқлар мавжуд. Уларнинг вазифаси нимада?

Ечилиши. Қалпоқчадаги ўйиқлар болға билан михни урганда болға сирғаниб кетмаслиги учун зарур бўлиб, стержендаги чизиқлар эса мих билан ёғоч ўртасидаги ишқаланишни оширади.

2.14. Фишт транспортёр лентасидан сирпаиб тушмаслиги учун лентанинг горизонт билан ҳосил қилган бурчаги  $\alpha$  кўпи билан қанча бўлиши керак (12-расм)? Фишт билан резина ўртасидаги ишқаланиш коэффициенти  $\mu$ , а) лента текис ҳаракат қилади, б) лента ҳаракат йўналишида  $a$  тезланиш билан силжияпти деб ҳисобланг.

Ечилиши. а) транспортёр лентасидаги фишт сирпаиб тушмаслиги учун фишт билан резина ўртасидаги ишқаланиш кучи  $F_{\text{н}} = \mu P_y = \mu p \cos \alpha$  фиштни қия текислик бўй-



12-расм.

лаб пастга сирпантирувчи  $P_x = P \sin \alpha$  га тенг бўлиши керак:  $\mu P \cos \alpha = P \sin \alpha$  ёки  $\mu = \operatorname{tg} \alpha$ ;  $\alpha = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \mu$ .

б) фишт транспортёр лентасидан сирпаниб кетмаслиги учун

$$F_n = P \sin \alpha + ma \quad (1)$$

шарт бажарилиши керак (12-расмга қаранг). Бу ерда

$$F_n = \mu P \cos \alpha \quad (2)$$

— ишқаланиш кучи, (2) ни (1) га қўйсак,

$$\mu P \cos \alpha = P \sin \alpha + \frac{P}{g} a$$

ёки

$$\mu \cos \alpha = \sin \alpha + a/g. \quad (3)$$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$  ни ҳисобга олиб, (3) тенгламанинг иккала томонини квадратга кўтарсак,

$$\mu^2 - \mu^2 \sin^2 \alpha = \frac{a^2}{g^2} + 2 \frac{a}{g} \sin \alpha + \sin^2 \alpha,$$

ёки  $(1 + \mu^2) \sin^2 \alpha + 2 \frac{a}{g} \sin \alpha + \frac{a^2}{g^2} - \mu^2 = 0$ . Бундан

$$\alpha = \operatorname{arcsin} \left( -2a/g \pm \sqrt{4a^2/g^2 - 4(1 + \mu^2) \left( \frac{a^2}{g^2} - \mu^2 \right)} / 2(1 + \mu^2) \right).$$

2.15.  $h = 1,25$  м баландликдан тушаётган массаси  $m = 2400$  кг бўлган қозиқ қоқувчи тўқмоқ (копёр)нинг қозиққа урилиш олдидан  $P$  импульсини ҳисобланг.

Е ч и л и ш и. Тўқмоқнинг импульси

$$P = m \cdot v, \quad (1)$$

бу ерда  $v$  — тўқмоқнинг қозиққа урилиш олдидан тезлиги. Тўқмоқ эркин тушгани учун

$$h = \frac{v^2}{2g}, \quad \text{ёки } v = \sqrt{2gh}. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсак,

$$P = m \cdot \sqrt{2gh} = 2400 \text{ кг } \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{см}^2} \cdot 1,25 \text{ м}} = 11879 \text{ кг } \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2.16. Бир хил тезлик билан ҳаракат қилаётган ГАЗ-52-04 ва ЗИЛ-130-76 автомобилларнинг импульс-

ларини таққосланг. Автомобилларнинг массалари мос равишда  $m_1 = 2520$  кг ва  $m_2 = 4300$  кг.

Ечилиши. Автомобилларнинг импульслари мос равишда  $P_1 = m_1 v_1$  ва  $P_2 = m_2 v_2$ . Тезликлар бир хил бўлгани учун  $v_1 = v_2$ . Изланаётган катталиқ

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{4300 \text{ кг}}{2520 \text{ кг}} \approx 1,7.$$

2.17. ҚрАЗ-255Б юк автомобили жойидан қўзғалди ва текис тезланувчан ҳаракат қилиб, ўзининг энг катта тезлигига  $t = 18$  с да эришди. Автомобилнинг массаси  $m = 10270$  кг, тезланиши  $a = 0,6$  м/с<sup>2</sup> бўлса, унинг  $P$  импульси қанчага етади?

Ечилиши. Текис тезланувчан ҳаракатда тезлик формуласига кўра автомобилнинг тезлиги  $v = v_0 + at$  қий-матга етади. Бу ерда бошланғич тезлик  $v_0 = 0$ . Шунинг учун

$$v = at. \quad (1)$$

Импульс таърифига кўра

$$P = m \cdot v. \quad (2)$$

(1) ни (2) га қўйсак,

$$P = m \cdot at = 10270 \text{ кг} \cdot 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 18 \text{ с} = 110916 \text{ кг} \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2.19. Сувоқчи СО-50 насоси етказиб бераётган сувоқ қоришмасини шланг орқали деворга пуркаяпти. Агар қоришманинг шлангдан отилиб чиқиши тезлиги  $v$ , шланг кўндаланг кесимининг ички диаметри  $d$ , қориш-манинг зичлиги  $\rho$  бўлса, сувоқчи шлангни қандай  $F$  куч билан ушлаб туради?

Ечилиши.  $\Delta t$  вақт ичида шланг кўндаланг кеси-мидан  $m$  массали қоришма отилиб чиқсин. Қоришма импульсининг ўзгариши

$$\Delta P = m \cdot v. \quad (1)$$

Зичлик таърифига кўра

$$\rho = m/V; \quad (2)$$

$V$  — қоришманинг ҳажми.

$$V = S \cdot l = Sv \Delta t. \quad (3)$$

(2) дан

$$m = \rho \cdot V. \quad (4)$$

(3) ни (4) га қўйсак,

$$m = \rho S v \Delta t \quad (5)$$

(5) ни (1) га қўямиз

$$\Delta P = \rho S v \Delta t \cdot v. \quad (6)$$

Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра қоришмага таъсир этувчи куч

$$F_1 = \frac{\Delta P}{\Delta t}. \quad (7)$$

(6) ни (7) га қўйсак ва  $S = \pi d^2/4$  ни ҳисобга олсак,

$$F_1 = \frac{\rho S \Delta t v^2}{\Delta t} = \rho S v^2 = \rho \pi \frac{d^2}{4} v^2. \quad (8)$$

Ньютоннинг учинчи қонунига кўра шлангга таъсир этувчи куч ҳам сон қиймати жиҳатидан (8) ифода билан аниқланади. Бинобарин, сувоқчи шлангни тутиб туриш учун  $F = \rho \pi d^2 v^2 / 4$  куч қўйиши керак.

### Мустақил ечиш учун масалалар

2.1. Қўйидаги ҳолларда қандай жисмларнинг таъсири бир-бирини мувозанатлашини тушунтиринг:

а) юк автомобили горизонтал йўлда текис ҳаракат қилмоқда;

б) юк кран тросига осилган ҳолда тинч турибди;

в) пойдевор плитаси қия текисликда турибди;

г) фишт транспортёр лентасида юқорига текис кўтарилмоқда.

2.2. Қўйидаги ҳолларда қандай жисмларнинг таъсири бир-бирини мувозанатлашини тушунтиринг:

а) кўтарма кран юкни пастга вертикал йўналишда текис туширмоқда;

б) юк кран тросига осилган ҳолда тинч турибди;

в) пойдевор плитаси тўғри чизиқли текис ҳаракат қилаётган юк автомобили кузовида турибди.

2.3. Нима учун оғир ва қўпол юклар ортилган автомобилни кескин тўхтатиш мумкин эмас?

2.4. ПК-58-12 маркали шип панелининг массаси  $m = 2,04$  т, ўлчамлари  $V = 120 \text{ см} \times 22 \text{ см} \times 5,76 \text{ м}$ . Панел материалнинг ўртача зичлиги қандай? [ $\rho = m/V = 1342 \text{ кг/м}^3$ .]

2.5. Девор учун ишлатиладиган тошларнинг ўлчамлари  $V = 390 \times 190 \times 1,88 \text{ мм}^3$ , зичлиги  $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$  бўл-

са, бир дона тошнинг  $m$  массаси қанча? [ $m = \rho \cdot V = 25$  кг.]

2.6. Чизғич ва майший тарози ёрдамида гиштниң зичлигини аниқланг.

2.7. 200 мл ҳажмли стакан, тўрхалта, майший тарози ёрдамида қумнинг сочма зичлигини аниқланг.

2.8. Пойдевор плитасининг ўлчамлари  $a = 1$  м,  $b = 0,3$  м, зичлиги  $\rho = 2,1 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.  $N = 3$  та плитани ГАЗ-53А автомобилида ташиш мумкинми? Автомобилнинг юк кўтариш қобилияти  $M = 4000$  кг. [Мумкин эмас, юкнинг массаси  $m = \rho \cdot a \cdot b \cdot c = 4498$  кг.]

2.9. КрАЗ-5300 автомобили  $M = 8$  т юкка мўлжалланган бўлса, унга ўлчамлари  $V = 390 \times 190 \times 188$  мм<sup>3</sup>, зичлиги  $\rho = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  бўлган тошларнинг нечасини ортиш мумкин? [ $N = \frac{M}{\rho abc} = 320$ .]

2.10. Ирригация иншоотларини қуришда тупроқ бостириб текисланади. Тупроқнинг дастлабки зичлиги  $\rho = 1500$  кг/м<sup>3</sup>, зичлаштирилгандан кейинги зичлиги  $\rho_1 = 1600$  кг/м<sup>3</sup> бўлса, тупроқ қанча  $h$  пасайган? Зичлаштириш тупроқнинг  $H = 1$  м қалинлигига таъсир қилади деб ҳисобланг.

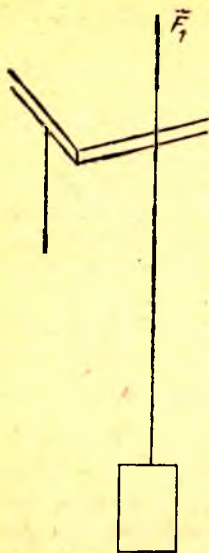
$$\left[ h = \frac{\rho_1 - \rho}{\rho_1} H = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ м.} \right]$$

2.11. Минорали кран ёрдамида  $m = 0,5$  т массали юк  $v = 0,6$  м/с тезлик билан кўтарилаётган эди  $t = 2$  с давомида юк тўхтатилаётган бўлса, кран тросининг таранглик кучи қанча  $\Delta F$  га ўзгаради? [ $\Delta F = -m \frac{v}{t} = -150$  Н.]

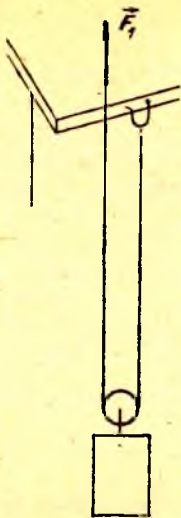
2.12. КБ-572А крани  $m_1 = 10$  т гача массали юкни кўтара олади. Юкнинг кўтарилиш тезланиши  $a = 0,5$  м/с<sup>2</sup> бўлса,  $m_2 = 9,5$  т массали юкни кўтариш мумкинми?

[Мумкин, тезланиш билан кўтарилаётган юкнинг оғирлиги  $P = m_2(g + a) = 97,85$  кН, йўл қўйиладиган таранглик кучи  $T = m_1 g = 98$  кН.]

2.13. Юк: а) бевосита арқон ёрдамида (13-расм); б) қўзгалувчан блок орқали ўтказилган арқон ёрдамида (14-расм) тортиб олинмоқда. Қайси ҳолда юкни кўтариш учун кўпроқ куч қўйиш керак? Шундай тажриба ўтказиб, жавобни асосланг. [а) ҳолда кўпроқ куч қўйиш керак.]



13-расм.



14-расм.

2.14. КамАЗ-5320 юк автомобилнинг массаси  $m_1 = 7080$  кг. Унга ортилиши мумкин бўлган юкнинг массаси  $m_2 = 8$  т. Шунча юк ортилган автомобил йўлнинг эгрилик радиуси  $R = 30$  м бўлган бстиқ қисмида  $v = 54 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$

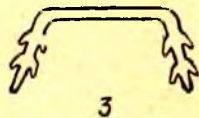
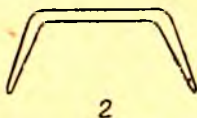
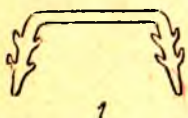
тезлик билан ҳаракат қилаётган бўлса, у йўлнинг энг қуйи нуқта-сида йўлга қандай куч билан босади?

$$[P = (m_1 + m_2) \left( g + \frac{v^2}{R} \right) \approx 260884 \text{Н.}]$$

2.15. Скобаларнинг (15-расм) қайсинисини тайёрлашда бракка йўл қўйилган? Нима учун? [2, 3.]

2.16. Фишт транспортёр лентасидан сирпаниб тушмаслиги учун лентанинг горизонт билан ҳосил қилган  $\alpha$  бурчаги кўпи билан қанча бўлиши керак (12-расмга қаранг)? Фишт билан резина орасидаги ишқаланиш коэффициентини  $\mu$ . Лента қия текислик бўйлаб пастга йўналган  $a$  тезланиш билан ҳаракат қилаяпти деб ҳисобланг.

$$\left[ \alpha = \arcsin \frac{2a/g \pm \sqrt{4a^2/g^2 - 4(1 + \mu^2)(a^2/g^2 - \mu^2)}}{2(1 + \mu^2)} \right]$$



15-расм.

2.17. Фиштниң кичик бўлаги, чизғич, электропроигриватель ёрдамида фишт билан диск устига қопланган материал ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини аниқланг.

2.18. Массаси  $m = 2400$  кг бўлган қозик қоқувчи тўқмоқнинг қозикқа урилиш олдидан импульси  $P = 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Тўқмоқ қандай  $h$  баландликдан қозик устига тушади?  
 $[h = P^2/2m^2 g \approx 0,87 \text{ м.}]$

2.19. Энг кўп юк ортилган ва юксиз МАЗ-5166 автомобили импульсларини таққосланг. Автомобилнинг хусусий массаси  $m_1 = 9050$  кг, унга ортиш мумкин бўлган энг кўп юкнинг массаси  $m_2 = 14\,500$  кг. Юкли ва юксиз автомобиллар тезлигини бир хил деб ҳисобланг.  
 $[P_2/P_1 = (m_1 + m_2)/m_1 \approx 26.]$

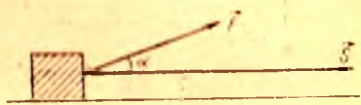
2.20. Сувоқчи СО-49 насоси ёрдамида етказиб берилаётган сувоқ қоришмасини шланг орқали деворга пуркамолда. Шланг кўндаланг кесими диаметри  $d$ , қоришманинг зичлиги  $\rho$ , сувоқчи шлангни  $F$  куч билан тутиб турган бўлса, қоришма шлангдан қандай  $v$  тезлик билан отилиб чиқяпти?  $[v = \sqrt{4F/\rho \pi d^2}.]$

### 3. МЕХАНИК ИШ ВА ЭНЕРГИЯ.

#### МЕХАНИК ЭНЕРГИЯНИНГ САҚЛАНИШ ҚОНУНИ

Жисмга таъсир этувчи кучларнинг қийматини ҳамма вақт ҳам осонгина аниқлаб бўлмайди. Бундай ҳолларда механика масалаларини ечишда импульс, энергия, механик иш каби катталиклар билан иш кўришга, импульс ва энергиянинг сақланиш қонуналаридан фойдаланишга тўғри келади.

3.1. *Механик иш. Қувват.* Трактор ер ҳайдаётганда, кўтарма кран юк кўтараяётганда, бола аравагани тортаётганда иш бажарилади. Бу ҳолларнинг барчасида жисмга куч қўйилган ва жисм куч таъсирида бирор масофага кўчади.



16-расм.

Узгармас  $\vec{F}$  куч бажарадиган  $A$  иш деб куч ва  $s$  кўчишнинг абсолют қийматлари билан куч ва кўчиш векторлари орасидаги  $\alpha$  бурчак косинусининг кўпайтмасига тенг бўлган катталикка айтилади (16-расм):

$$A = |\vec{F}| \cdot |s| \cos \alpha = Fs \cos \alpha.$$

СИ системасида иш бирлиги қилиб жисмга таъсир қилувчи 1 Н кучнинг жисмни 1 м масофага шу куч йўна-



лишида кўчиришда бажарган иши қабул қилинади. Ишнинг бу бирлиги жоуль (Ж) деб аталади:  $[A] = [F] \cdot [s] = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1 \text{ Ж}$ .

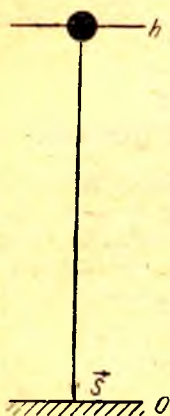
Машина ёки механизмларнинг ишни нақадар тез бажаришини билиш муҳимдир. Ишнинг бажарилиш тезлиги қувват деб аталадиган катталиқ билан характерланади.

Машина ёки механизмнинг  $N$  қуввати деб  $A$  бажарилган ишнинг шу ишни бажаришга кетган  $t$  вақтга нисбатига айтилади:

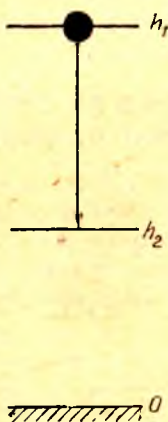
$$N = A/t.$$

СИ системасида қувват ватт (Вт) билан ўлчанади:

$$[N] = [A] / [t] = 1 \text{ Ж}/1\text{с} = 1 \text{ Вт}.$$



17-расм.



18-расм.

3.2. *Механик энергия. Механик энергиянинг сақланиш қонуни.* Жисмларнинг ёки жисмлар системасининг иш бажариш қобилияти *энергия* деб аталади. Механик энергия икки турга бўлинади: кинетик энергия ва потенциал энергия.

Жисмларнинг ҳаракати билан боғлиқ бўлган энергия *кинетик энергия* деб аталади.  $v$  тезлик билан

ҳаракатланаётган  $m$  массали жисмнинг кинетик энергияси жисм тўхтагунча бажара оладиган иш билан аниқланади. Ҳисоблашлар кинетик энергия учун

$$E_k = mv^2/2$$

ифодани беради.

Кинетик энергия ҳақидаги теоремага кўра бажарилган иш кинетик энергия ўзгаришига тенгдир:

ёки

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}, \quad (2)$$

$$A = E_{k2} - E_{k1}. \quad (2a)$$

Жисмларнинг ўзаро таъсири билан боғлиқ бўлган энергия потенциал энергия деб аталади:

Ер сиртидан  $h$  баландликда турган  $m$  массали жисм ер сиртига ўтишда (17-расм) бажара оладиган  $A_{ор}$  иш жисмнинг  $E_p$  потенциал энергиясидан иборат:  $A_{ор} = E_p = F \times s \times \cos \alpha$ . Бу ерда  $F = mg$  — оғирлик кучи;  $g$  — эркин тушиш тезланиши;  $s = h$ ;  $\cos \alpha = 1$ , чунки оғирлик кучи ва кўчиш бир хил йўналган. Шундай қилиб,

$$E_p = mgh. \quad (3)$$

Жисм ер сиртидан  $h_1$  баландликдаги  $A$  нуқтадан  $h_2$  баландликдаги  $B$  нуқтага ўтсин (18-расм). Бу ҳолда оғирлик кучи бажарадиган иш

$$A_{ор} = Fs \cos \alpha = mg(h_1 - h_2) = -(mgh_2 - mgh_1), \quad (4)$$

ёки

$$A_{ор} = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (4a)$$

(4)га кўра оғирлик кучининг бажарган иши жисм потенциал энергияси ўзгаришининг тесқари ишора билан олинган қийматига тенгдир.

Эластик деформацияланган жисмнинг потенциал энергияси

$$E_p = \frac{kx^2}{2}. \quad (5)$$

Бу ерда  $k$  — эластик жисмнинг бикрлиги;  $x$  — деформация (чўзилиш ёки сиқилиш) катталиги.

Эластик деформацияланган жисм учун ҳам (4a) тенглама ўринли бўлишини кўрсатиш мумкин.

Ёпиқ системани ташкил қилган жисмлар оғирлик кучлари ёки эластиклик кучлари билан ўзаро таъсир қилаётган бўлсин. Бу ҳолда системанинг тўлиқ механик энергияси сақланади:

$$E_{к1} + E_{р1} = E_{к2} + E_{р2} \quad (6)$$

(6) тенгламанинг чап ва ўнг томонлари системанинг ўзаро таъсирдан аввалги ва кейинги тўлиқ энергияларидан иборат.

3.3. Фойдали иш коэффициенти. Фойдали иш коэффициенти деб машина ёки механизм бажарган  $A_{ф}$  фойдали ишнинг  $A_{т}$  тўлиқ ишга нисбатига айтилади:

$$\eta = A_{ф}/A_{т}. \quad (1)$$

ёки фоиз ҳисобида

$$\eta = \frac{A_{\text{ф}}}{A_{\text{г}}} \cdot 100 \% . \quad (2)$$

Фойдали иш коэффициенти (қисқача ФИК) машина ёки механизмнинг самарадорлигини ифодалайди.

### Масалалар ечиш намуналари

3.1. Минорали кран горизонтал ҳолатда турган КП-140 маркали  $m=10$  т массали устунни  $n=6$  м баландликка текис кўтарди. Кран бажарган фойдали иш нимага тенг?

Ечиши. Механик иш таърифига кўра:

$$A = Fs \cos \alpha . \quad (1)$$

Бу ерда  $F$  — куч,  $s$  — кўчиш катталиги;  $\alpha$  — куч ва кўчиш йўналишлари орасидаги бурчак.  $F=mg$ ,  $s=h$ ,  $\alpha=0^\circ$  бўлгани учун (1) қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$A = mgh = 10\,000 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 6 \text{ м} \simeq 588 \text{ кЖ}.$$

3.2. Кавловчи қурилма чуқурлиги  $h=4$  м бўлган чуқур қазияпти ва тупроқни чиқариб ташлаяпти. Кавлагичнинг диаметри  $d = 0,5$  м, тупроқ зичлиги  $\rho = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  бўлса, тупроқни чиқариб ташлашда қурилма қандай фойдали  $A$  иш бажаради?

Ечиши. Тупроқни қазиб, чиқариб ташлаш учун  $A = mgh/2$  иш бажариш керак. Бунда  $m$  — тупроқ массаси. Қазиб чиқарилган тупроқ ҳажми  $V$  га тенг бўлса,

$$m = \rho \cdot V = \rho sh . \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйса ва  $s = \frac{1}{4} \pi d^2$  ни ҳисобга олса,

$$\begin{aligned} A &= \rho \pi d^2 gh^2/8 = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 3,14 \cdot (0,5 \text{ м})^2 \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} (4 \text{ м}^2)/8 = \\ &= 31 \cdot 10^3 \text{ Ж} \simeq 31 \text{ кЖ}. \end{aligned}$$

3.3. Тупроқ бўш бўлган ҳолларда бино пойдевори қоziқлар устига қурилади. Массаси  $m=2400$  кг қоziқ қоқувчи тўқмоқ (копёр)  $h=1$  м баланддан қоziқ устига тушганда у тупроққа  $l=2$  см кирган. Тупроқнинг  $F$  қар-

шилик кучини аниқланг. Қозиқнинг массасини ҳисобга олманг.

Ечилиши. Тўқмоқнинг потенциал энергияси

$$П = mgh. \quad (1)$$

Тўқмоқ қозиққа урилганда унинг энергияси қозиққа берилади ва тупроқнинг қаршилик кучига қарши  $A$  иш бажаришга сарф бўлади:

$$A = F \cdot l. \quad (2)$$

(1) ни (2) га тенглаб,  $F l = mgh$  ни ҳосил қиламиз. Бундан:

$$F = \frac{mgh}{l} = \frac{2400 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ м}}{0,02 \text{ м}} = \\ = 1,2 \cdot 10^6 \text{ Н} = 1200 \text{ кН}.$$

3.4. Автокран оғирлиги  $P = 30$  кН бўлган юкни қўзғалувчан блок ёрдамида бирор баландликка кўтаряпти. Блокнинг фойдали иш коэффициентини  $\eta = 90\%$  бўлса, кран тросининг тарангланиш кучи  $F$  нимага тенг?

Ечилиши. Юкни кўтаришда автокран бажарган фойдали иш

$$A_{\text{ф}} = P \cdot h, \quad (1)$$

бунда  $h$  — юк кўтарилган баландлик. Юк қўзғалувчан блок ёрдамида кўтарилгани учун тўлиқ иш

$$A_{\text{т}} = 2 \cdot F \cdot h$$

ифода ёрдамида аниқланади. Фойдали иш коэффициенти таърифига кўра  $\eta = (A_{\text{ф}}/A_{\text{т}}) \cdot 100\% = (P \cdot h / 2F \cdot h) \cdot 100\%$ . Бундан:  $F = (P/2\eta) \cdot 100\% = (30 \text{ кН} / 2 \cdot 90\%) \cdot 100\% \approx 17 \text{ кН}$ .

3.5. Универсал кўтаргич двигателининг қуввати  $N = 2,8$  кВт бўлса, унинг фойдали иш коэффициентини баҳоланг. Кўтаргич ҳар бир циклга  $t = 80$  с вақт сарфлайди ва  $m = 150$  кг массали юкни  $h = 30$  м га кўтариб беради.

Ечилиши. Кўтаргич бажарадиган тўлиқ иш:

$$A_{\text{т}} = N \cdot t, \quad (1)$$

фойдали иш

$$A_{\text{ф}} = mgh. \quad (2)$$

Фойдали иш коэффициенти таърифига кўра

$$\eta = \frac{A_{\text{ф}}}{A_{\text{т}}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

$$(1), (2) \text{ ларни } (3) \text{ га қўйсак: } \eta = \frac{mgh}{Nt} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{150 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 30 \text{ м}}{2800 \text{ Вт} \cdot 80 \text{ с}} \cdot 100\% = 19,7\%.$$

3.6.  $t=1$  минутда  $n=1000$  та ғиштни  $h=8$  м баландликка етказиб берувчи лентали транспортёр двигателининг фойдали  $N$  қуввати нимага тенг? Ишқаланишни ҳисобга олманг. Ғиштнинг ўлчамлари  $a=250$  мм,  $b=120$  мм,  $c=65$  мм, зичлиги  $\rho=1800$  кг/м<sup>3</sup>.

Ечилиши. Битта ғиштнинг  $m$  массасини зичлик ва  $V$  ҳажм орқали ҳисоблаш мумкин:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot a \cdot b \cdot c. \quad (1)$$

Ғиштнинг оғирлиги

$$P_0 = mg. \quad (2)$$

(1) ни (2) га қўйсак,  $P_0 = \rho abcg$  бўлади. Юқорига кўтарилган барча ғиштларнинг оғирлиги:  $P = n \cdot P_0 = n \rho abcg$ . Ғиштларни кўтаришда бажарилган иш:

$$A = mgh = Ph = n \rho abcgh. \quad (3)$$

Қувват таърифига кўра:

$$N = \frac{A}{t}. \quad (4)$$

(3) ни (4) га қўйсак,  $N = n \rho abcgh/t =$

$$= 1000 \cdot 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,065 \text{ м}^3 \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 8 \text{ м} / 60 \text{ с} =$$

$$= 4586 \text{ Вт}.$$

3.7. Сочилувчи материалларни ташишда қўлланиладиган қурилма  $t=1$  соатда  $V=10$  м<sup>3</sup> қумни  $h=25$  м баландликка етказиб бериши мумкин. Қурилма электродвигател қуввати  $N=4,5$  кВт бўлса, унинг  $\eta$  фойдали иш коэффициентини қандай? Қумнинг ўртача зичлигини  $\rho=1400$  кг/м<sup>3</sup> деб олинг.

Ечилиши. Қумни юқорига етказиб беришда

$$A_{\text{ф}} = \rho \cdot V \cdot g \cdot h \quad (1)$$

иш бажарилади. Тулиқ иш

$$A_{\text{т}} = N \cdot t. \quad (2)$$

Фойдали иш коэффициенти таърифига кўра  $\eta = \frac{A_{\text{ф}}}{A_{\text{г}}} \cdot 100\%$ . (3)

(1) ва (2) ни (3) га қўямиз:

$$\eta = (\rho V gh/Nt) \cdot 100\% \approx 21\%.$$

3.8. Тупроқнинг ишлаш қийинлигини аниқлашда кўндаланг кесим юзи  $S=1 \text{ см}^2$  бўлган бир жинсли стерженни тупроққа  $h=10 \text{ см}$  чуқурликка ботириш учун уни  $n=8$  марта урилди. Зарба кучи  $F=2000 \text{ кН}$  бўлса, 1) ҳар зарбада тупроққа бўлган  $p$  босимни; 2) умумий бажарилган  $A$  ишни; 3) тупроқнинг ўртача  $F_{\text{к}}$  қаршилик кучини ҳисобланг.

Ечилиши. Босим таърифига кўра:  $p = \frac{F}{S} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ Н}}{1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}$ . Бажарилган иш  $A = F \cdot h = 2 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м} = 2 \cdot 10^5 \text{ Ж}$ . — Иккинчи томондан  $A = F_{\text{к}} \cdot h$ ; шунинг учун  $F_{\text{к}} = F = 2 \cdot 10^6 \text{ Н}$ .

3.9. Минорали кран чиғирининг қуввати  $N = 60 \text{ кВт}$ , юкни кўтариш тезлиги  $v = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  бўлса, кран қандай  $P$  оғирликдаги юкни кўтара олади?

Ечилиши. Чиғирнинг  $N$  қуввати, унинг  $F$  тортиш кучи (юкнинг  $P$  оғирлик кучи) ва юкни кўтариш тезлиги  $v$  ўртасидаги боғланиш  $N = F \cdot v = P \cdot v$  дан:

$$P = \frac{N}{v} = \frac{60 \cdot 10^3 \text{ Вт}}{0,6 \text{ м/с}} = 10^5 \text{ Н}.$$

3.10.  $v=72 \text{ км/соат}$  тезлик билан ҳаракат қилаётган КамАЗ—5320 юк автомобилига қаршилик коэффициенти  $\mu=0,07$  бўлса, унинг двигателининг  $N$  қувватини аниқланг. Юкли автомобилнинг массаси  $m=10 \text{ т}$ .

Ечилиши. Машина ёки механизм қуввати билан унинг тортиш кучи ва тезлиги қуйидагича боғланган

$$N = F \cdot v. \quad (1)$$

Автомобиль текис ҳаракат қилгани учун  $F_{\text{т}}$  тортиш кучи қаршилик кучи  $F_{\text{к}} = \mu mg$  га тенг:

$$F_{\text{в}} = F_{\text{к}} = \mu mg. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсак.

$$\begin{aligned} N &= \mu mgv \approx 0,07 \cdot 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \\ &= 137 \cdot 10^3 \text{ Вт} \approx 137 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

3.1. Тинч турган ГАЗ-53А юк автомобилнинг тезлигини энг катта қиймат ( $v=80$  км/соат) га етказиш учун қанча  $A$  иш бажариш керак? Автомобилнинг массаси  $m=3250$  кг. Қаршилиқ кучларини ҳисобга олманг. [ $A=mv^2/2=802,5 \cdot 10^3$ Ж.]

3.2. Бўш автомобиль ва энг кўп юк ортилган КрАЗ-255Б автомобили энг катта тезлик ( $v=40$  км/соат) га эришиши учун бажариладиган ишларни таққосланг. Автомобилнинг ўз массаси  $m_1=11,8$  т, унга ортиш мумкин бўлган юкнинг максимал массаси  $m_2=7,5$  т. Қаршилиқ кучларини ҳисобга олманг. [ $A_2/A_1=(m_1+m_2)/m_1 \approx 1,6$ .]

3.3. Тинч турган КрАЗ-257Б1 автомобилнинг тезлигини энг катта қийматга ( $v=68$  км/соат) етказиш учун қанча  $A$  иш бажариш керак? Автомобилнинг массаси  $m=10,27$  т, тезланиши  $a=0,8 \frac{m}{c^2}$ . Ҳаракатга қаршилиқ коэф-

фициенти  $\mu=0,02$ . [ $A=mv^2\left(\mu \frac{g}{a} + 1\right)/2 \approx 2,29 \cdot 10^6$  Ж.]

3.4. КП-2 маркали горизонтал ётган темир-бетон колоннани минорали кран ёрдамида  $h=4$  м баландликка кўтаришда 208 кЖ фойдали иш бажарилган бўлса, унинг  $m$  массаси қанча? [ $m=A/gh=5,15 \cdot 10^3$  кг.]

3.5. ЛА синфига мансуб, юқори босимга бардош берадиган, узунлиги  $l=6$  м бўлган чўян труба горизонтал ҳолатда ер сиртида ётибди. Агар трубанинг массаси  $m=95$  кг бўлса, уни вертикал вазиятга келтириш учун бажарилиши керак бўлган  $A$  иш топилсин. [ $A=mgl/2=2793$ Ж.]

3.6. Юк: а) бевосита арқон ёрдамида (13-расмга қаранг); б) қўзғалувчан блок орқали ўтказилган арқон ёрдамида (14-расмга қаранг) тортиб олинмоқда. Қайси ҳолда кўпроқ иш бажарилади? Нима учун? (б) ҳолда кўпроқ иш бажарилади; б) ҳолда ишқаланиш кучларига қарши ва блокни кўтариш учун қўшимча энергия  $=mgl/2=2793$ Ж).

3.7.  $m=150$  кг массали юкни  $h=30$  м баландликка кўтариб берувчи универсал кўтаргич (подъёмник) УПК-150 бир циклда қанча  $A$  фойдали иш бажаради? [ $A=mgh=44100$  Ж.]

3.8. Том майдонидан сувни йўқотиш машинаси СО-106А  $t=1$  минутда  $V=25$  л сувни ўртача  $h=1,5$  м баландликка сўриб олади. Машинанинг  $A$  фойдали иши ва  $N$  қувватини ҳисобланг. Сувнинг зичлиги  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>. [ $A=\rho Vgh=367,5$  Ж;  $N=\rho Vgh/t=6,13$  Вт.]

3.9. Қавловчи қурилма чуқур қазияпти ва тупроқни чиқариб ташлаяпти. Кавлагичнинг диаметри  $d=0,5$  м, тупроқнинг ўртача зичлиги  $\rho=2000$  кг/м<sup>3</sup>. Агар тупроқни чиқариб ташлашда қурилма бажарган фойдали иш  $A=15,5$  кЖ га тенг бўлган бўлса, қурилма қазиган чуқурлик узунлиги қанча? [ $h=\sqrt{4A/\rho\pi d^2g}=2$  м.]

3.10.  $h=1,4$  м баландликдан массаси  $m=6$  т бўлган қозик қоқувчи тўқмоқ қозик устига тушмоқда. Бунда қозик тупроққа  $t=10$  см га кираётган бўлса, тупроқнинг  $F$  ўртача қаршилик кучини топинг. Қозикнинг массасини ҳисобга олманг. [ $F=mgh/t=840$  кН  $=840\cdot 10^3$  Н.]

3.11. Массаси  $m=2,4$  т бўлган тўқмоқ  $h=2$  м баландликдан қозик устига тушмоқда. Тупроқнинг қаршилик кучи  $F=980$  кН бўлса, қозик тупроққа қанча масофага киради? Қозикнинг массасини ҳисобга олманг. [ $l=mgh/F=4,8$  см.]

3.12. Автокран қўзғалувчан блок ёрдамида оғирлиги  $P=30$  кН юкни бирор баландликка кўтармоқда. Бунда кран тросининг таранглиниш кучи  $F=16$  кН бўлса, блокнинг фойдали иш коэффициентини аниқланг. [ $\eta=(P/2F)\cdot 100\%=94\%$ .]

3.13. ИЭ-1202 А электр пармалаш машинаси  $N=420$  Вт қувват истеъмол қилади. Агар машина  $t=1$  соат ишласа, у сарф қиладиган электр энергияси қанча? [ $A=N\cdot t=1512$  кЖ.]

3.14. Ёғоч полларни силлиқловчи СО-155 машинаси  $t=0,5$  соат ишлаб,  $A=3,6\cdot 10^6$  Ж электр энергияси истеъмол қилди. Машинанинг  $N$  қуввати нимага тенг? [ $N=A/t=2$  кВт.]

3.15. Лентали транспортёрнинг фойдали қуввати  $N_{\phi}=4$  кВт, фойдали иш коэффициенти  $\eta=30\%$  бўлса,  $t=1$  соат давомида у қанча  $A$  электр энергияси сарф қилади? [ $A=\frac{N_{\phi}\cdot 100\%}{\eta}\cdot t=48$  МЖ.]

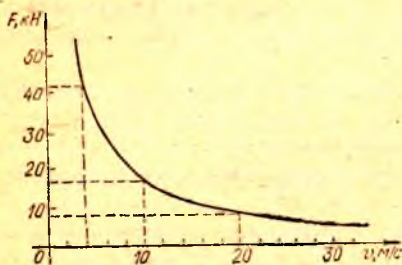
3.16. Универсал кўтаргич двигателининг қуввати  $N=2,8$  кВт, фойдали иш коэффициенти  $\eta=22\%$ . Қурилма бир кўтаришга  $t=80$  с вақт сарфлайди. Кўтаргич  $m=150$  кг массали юкни қанча баландликка кўтариб бериши мумкин? [ $h=Nt\eta/mg\cdot 100\%\approx 33,5$  м.]



3.17. Лентали транспортёрнинг фойдали қуввати  $N=5$  кВт. Унинг ёрдамида ўлчамлари  $a=250$  мм,  $b=120$  мм,  $c=138$  мм, зичлиги  $\rho=1200$  кг/м<sup>3</sup> бўлган қанча  $n$  тош  $h=10$  м баландликка  $t=0,2$  соатда етказиб берилиши мумкин? Ишқаланишни ҳисобга олманг. [ $n=Nt/\rho abc gh=7394$ .]

3.18. Сочилувчи материалларни ташишда қўлланиладиган қурилманинг электродвигатели қуввати  $N=4,5$  кВт, фойдали иш коэффициенти  $\eta=20\%$ . Қурилма ёрдамида зичлиги  $\rho=1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , ҳажми  $V=20$  м<sup>3</sup> бўлган оҳактош шагални  $h=30$  м баландликка қанча  $t$  вақтда етказиб бериш мумкин? [ $t=\rho Vgh \cdot 100\%/N\eta=7840$  с  $\approx 2,2$  соат.]

3.19. Массаси  $m=10$  т юкни  $V=0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  тезлик билан кўтариш учун минорали кран чиғирининг  $N$  қуввати қандай бўлиши керак? [ $N=mgv=40$  кВт.]



19-расм.

3.20. ГАЗ-53А автомобильнинг массаси  $m_1=3250$  кг, унга йўл қўйиладиган энг катта  $m_2=4000$  кг массали юк ортилган. Ҳаракатга қаршилик коэффициенти  $\mu=0,1$  бўлса, автомобиль қандай  $v$  тезлик билан ҳаракатнинг олади? Двигателнинг қуввати  $N=84,6$  кВт. [ $v=N/\mu g (m_1+m_2) \approx 42,9$  км/соат.]

3.21. ГАЗ-53 А юк автомобильнинг энг катта тезлиги  $v=80$  км/соат. Двигателнинг қуввати  $84,6$  кВт бўлса, шу тезликда унинг тортиш кучи нимага тенг? [ $F=N/v \approx 3,8$  кН.]

3.22. МАЗ - 5335 юк машинаси двигателининг қуввати  $132,4$  кВт. Автомобиль двигатели тортиш кучининг унинг тезлигига боғланиш графигини чизинг.

3.23. 19-расмда КраЗ-255 Б юк автомобили тортиш кучининг унинг тезлигига боғланиш графиги берилган. Автомобилнинг қуввати нимага тенг? Автомобил энг катта  $v=40 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$  тезликка эришганда унинг тортиш кучи нимага тенг? [ $N=180$  кВт;  $F=N/v=16,2$  кН.]

3.24.  $V = 40 \text{ м}^3$  гача ҳажмли бетон қоришмани  $h = 40 \text{ м}$  баландликка  $t = 1$  соат давомида етказиб берадиган насоснинг  $N_{\phi}$  фойдали қуввати нимага тенг? Қоришманинг ўртача зичлигини  $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$  деб олинг. [ $N_{\phi} = \rho Vgh/t \approx 6222 \text{ Вт}$ .]

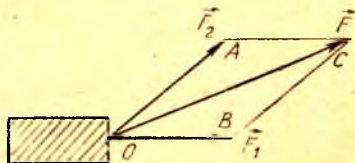
3.25. Ёғоч полларга сайқал берувчи СО-155 қўл машинасининг силлиқловчи барабани  $\nu = 23 \frac{1}{\text{с}}$  частота билан айланади. Машина истеъмол қиладиган қувват  $N = 2 \text{ кВт}$  нинг  $80\%$  и барабанга узатилади деб ҳисоблаб, унга таъсир қилувчи айлантирувчи моментни ҳисобланг. [ $M = 0,8 N/2\pi\nu \approx 11 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .]

## 4. СТАТИКА

Қўпинча жисмларнинг қандай шароитда кучлар таъсирида тезланиш олмаслигини ёки тинч ҳолатда қолишини билиш муҳим бўлади. Бундай жисмлар мувозанат ҳолатидаги жисмлар дейилади.

Механиканинг жисмлар мувозанати ўрганиладиган қисми *статика* деб аталади.

4.1. *Кучларни қўшиш*. Жисмга бир нечта куч таъсир қилаётган бўлсин. Тажрибалар кўрсатадики, бу кучларнинг таъсирини битта куч таъсири билан алмаштириш мумкин. Бу куч *тенг таъсир этувчи куч* деб аталади. Тенг таъсир этувчи кучни топиш *кучларни қўшиш* деб аталади.



20-расм.

Соддалик учун жисмга  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  кучлар таъсир қилаётган бўлсин (20-расм). Тенг таъсир этувчи кучни топиш учун  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  кучларни  $OACB$  параллелограмнинг томонлари деб қараймиз. У ҳолда параллелограмнинг  $OC$  диагонали тенг таъсир этувчи  $\vec{F}$  кучни беради:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2. \quad (1)$$

$\vec{F}$  кучнинг йўналиши  $OC$  диагонал йўналиши билан бир хил, катталиги косинуслар теоремаси орқали ҳисобланади:

$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha}$ , бунда  $F_1, F_2$  —  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  кучларнинг катталиги,  $\alpha$  —  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  кучлар йўналишлари орасидаги бурчак.

4.2. *Айланмайдиغان жисмларнинг мувозанат шартлари.* Фақат илгариланма ҳаракат қиладиган (айланмайдиغان) жисмнинг нисбий тинч ёки тўғри чизиқли текис ҳаракат ҳолати унинг *мувозанат ҳолати* деб аталади. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (1)$$

Бу ерда  $m$  — жисмнинг массаси,  $\vec{a}$  — жисм олган тезланиш,  $\vec{F}$  — жисмга таъсир қилувчи барча кучларнинг тенг таъсир этувчиси. Мувозанат ҳолатда  $\vec{a} = 0$ . Бинобарин, бу ҳолда (1) га кўра

$$\vec{F} = 0 \quad (2)$$

га келамиз, яъни илгариланма ҳаракат қиладиган жисм мувозанатда бўлиши учун унга таъсир қилувчи барча кучларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлиши керак.



21-расм.

(2) тенгламанинг бирор ўққа проекцияси учун  $F_x = 0$  ни оламиз: илгариланма ҳаракат қиладиган жисм мувозанатда бўлиши учун унга таъсир қилувчи барча кучларнинг бирор ўққа проекциялари алгебраик йиғиндиси нолга тенг бўлиши керак.

4.3. *Куч моменти.* Айланиш ўқиغا эга бўлган жисмнинг мувозанат шартлари. О айланиш ўқиغا эга бўлган жисмни кўриб чиқайлик (21-расм). Ай-

ланиш ўқидан жисмга таъсир қилаётган  $F$  кучнинг таъсир чизиғигача бўлган энг қисқа  $d$  масофа *куч елкаси* деб аталади.

Жисмга таъсир қилувчи кучнинг унинг елкасига кўпайтмаси *куч моменти* деб аталади:  $M = F \cdot d$ . Куч моменти кучнинг жисмни айлантирувчи таъсирини характерлайди. Куч моментининг ўлчов бирлиги  $1 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .  $[M] = [F] \cdot [d] = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Қўзгалмас айланиш ўқиға эға бўлған жисмнинг нисбий тинч ёки ўзгармас бурчак тезлик билан бўладиган айланма ҳаракат ҳолати унинг *мувозанат ҳолати* дейилади.

Тажриба ва ҳисоблашлар кўрсатишича, қўзгалмас айланиш ўқиға эға бўлған жисмға қўйилған кучларнинг бу ўққа нисбатан олинған моментларининг алгебраик йиғиндиси нолға тенг бўлса, бу жисм мувозанатда бўлади:  $M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$ . Бу тенглама *моментлар қонуниси* деб ҳам аталади.

### Масала ечиш намуналари

4.1. Горизонтал стрелали КБ – 572А минорали крани юк кўтариш чегараси  $m = 10$  т. юк кўтарадиган механизм илмоғи стрела ўқидан  $d_1 = 3,0$  м дан  $d_2 = 35$  м гача масофада бўлиши мумкин. Кранға осилған юк таъсир қилувчи куч моментлари чегараларини аниқланг.

Ечилиши. Куч momenti таърифиға кўра:  $M = F \cdot d$ . Бунда  $F = mg$  — оғирлик кучи;  $d$  — илмоқнинг айланиш ўқидан узоқлиғи. Қуйи чегара учун:  $M_1 = m g d_1 =$

$$= 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3,0 \text{ м} = 2,94 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}. \text{ Юқори чегара учун:}$$

$M_2 = m g d_2 = 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 35 \text{ м} = 34,3 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

4.2. Минорали кран стреласи учининг кран ўқидан узоқлиғи  $l_1 = 20$  м бўлғанда оғирлиғи  $P_1 = 50000$  Н юкни кўтаришға мўлжалланған (22-расм). Стрела учининг кран ўқидан узоқлиғи  $l_2 = 15$  м бўлғанда бу кран ёрдамида краннинг барқарорлигини ўзгартирмаған ҳолда қанча  $P_2$  оғирликдаги юкни кўтариш мумкин? Кран стреласи оғирлик марказининг вазияти ўзгаришини ҳисобға олманг.

Ечилиши. Кран стреласининг биринчи вазиятида ушға осилған юк туфайли таъсир этувчи куч momenti.

$$M = P_1 \cdot l_1, \quad (1)$$

иккинчи вазиятида

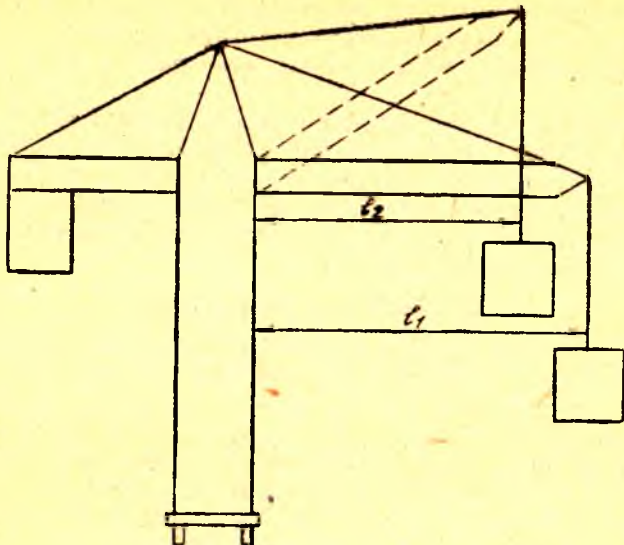
$$M_2 = P_2 l_2. \quad (2)$$

Краннинг барқарорлиғи ўзгармаслиғи учун

$$M_1 = M_2$$

шарт бажарилиши керак. (1) ва (2) ни (3) га қўйсақ,  $P_1 l_1 = P_2 l_2$ . Бундан:  $P_2 = P_1 l_1 / l_2 = 50000 \text{ Н} \cdot 20 \text{ м} / 15 \text{ м} \approx 67000 \text{ Н}.$

4.3. Минорали кран стреласи учининг кран ўқидан узоқлиғи  $l_1 = 20$  м бўлғанда оғирлиғи  $P_1 = 50$  кН юкни



22-расм.

кўтаришга мўлжалланган (22- расмга қаранг). Стрела учининг кран ўқидан узоқлиги  $l_2 = 10$  м бўлганда бу кран ёрдамида унинг барқарорлигини ўзгартирмаган ҳолда қанча  $P_2$  оғирликдаги юкни кўтариш мумкин? Кран стреласининг оғирлиги  $P_0 = 10$  кН.

Ечилиши. Стрелага осилган юкнинг биринчи вазиятдаги куч momenti:  $M'_1 = P_1 \cdot l_1$ . Стреланинг куч momenti

$$M''_1 = P_0 \cdot \frac{l_1}{2}.$$

Натижавий куч momenti:

$$M_1 = P_1 l_1 + P_0 \frac{l_1}{2}. \quad (1)$$

Шунингдек 2- вазиятда натижавий куч momenti:

$$M_2 = P_2 l_2 + P_0 \frac{l_2}{2}. \quad (2)$$

Краннынг барқарорлиги ўзгармаслиги учун

$$M_1 = M_2 \quad (3)$$

шарт бажарилиши керак. (1) ва (2) ни (3) га қўямиз:

$$P_1 l_1 + P_0 \frac{l_1}{2} = P_2 l_2 + P_0 \frac{l_2}{2}.$$

Бундан  $P_2 l_2 = P_1 l_1 + P_0 l_1 / 2 - P_0 l_2 / 2$ ,

ёки  $P_2 = (P_1 l_1 + P_0 (l_1 - l_2) / 2) / l_2 = 105$  кН.

## Мустиқил өчиш учун масалалар

4.1. Ходалар трос ёрдамида 23-расмда кўрсатилганидек кўтарилмоқда,  $\alpha$  бурчак  $90, 120, 150^\circ$  га тенг бўлганда, троснинг таранглиги қаерда кўпроқ: боғламнинг  $A$  ва  $B$  қисмидами ёки  $C$  қисмидами?

4.2. Нима учун эшик, дераза тутқичлари ошиқ-мошиқлардан имкони борича узоқ ўрнатилади?

4.3. Горизонтал стрелали БКСМ-14 ПМЗ минорали крани кўни билан  $m=5$  т массали юкни кўтара олади. Юк осиладиган илмоқнинг стрела айланиш ўқидан узоқлиги  $d_1=5,85$  м дан  $d_2=30$  м гача бўлса, юкнинг куч моменти қандай чегараларда ўзгаради? [ $M_1=mgd_1=192 \cdot 10^3$  Н·м;  $M_2=mgd_2=1500 \cdot 10^3$  Н·м.]

4.4. Минорали кран стреласи учининг кран ўқидан узоқлиги  $l_1=12$  м бўлганда оғирлиги  $P_1=72$  кН юкни кўтаришга муважжалланган. Стрела учининг кран ўқидан узоқлиги  $l_2=18$  м бўлганда кран ёрдамида унинг барқарорлигини ўзгартирмаган ҳолда қанча  $P_2$  оғирликдаги юкни кўтариш мумкин? Кран стреласи оғирлик марказининг мавзияти ўзгаришини ҳисобга олманг. [ $P_2=P_1l_1/l_2=48$  кН.]

4.5. Массалари турлича бўлган юкларни жойлашда оғир юкларни пастга тахлаш талаб қилинади. Нима учун?

4.6. Контейнер ичидаги материалларни контейнер ососи бўйлаб текис тақсимлаш ва оғирликни бир жойга тўпланмаслиги талаб қилинади. Нима учун?

4.7. Юкларни контейнер ичида кўчиб юрмайдиган қилиб жойлаш талаб қилинади. Нима учун?

4.8. Динамометр ёрдамида резьбали бирикмаларда маҳкамланадиган деталларга калит (ключ) орқали таъсир кучини ўлчанг. Куч елкасини  $D=15d$  ифода орқали ҳисобланг. Бунда  $d$  резьба диаметри. Маҳкамланадиган деталларга таъсир қилувчи куч моментини аниқланг.



23-расм.

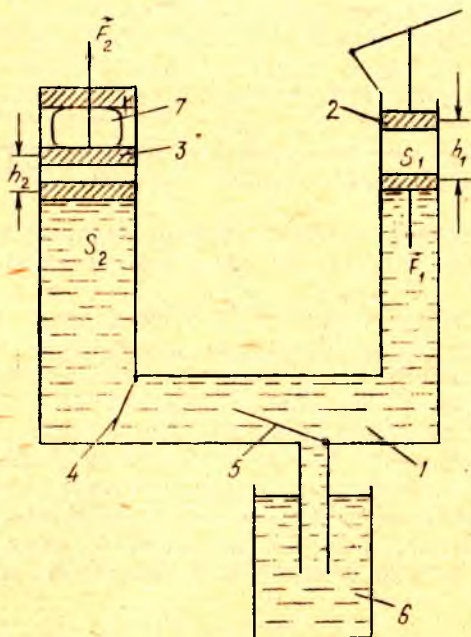
## II. ГИДРО - ВА АЭРОСТАТИКА

Гидро- ва аэростатикада суюқлик ва газларнинг мувозанати билан боғлиқ бўлган ҳодисалар ўрганилади

### 5. ГИДРО- ВА АЭРОСТАТИКА

5.1. Босим. Суюқлик ва газлар учун Паскаль қонуни. Юзага таъсир қилувчи  $F$  кучнинг шу  $S$  юзага нисбати билан аниқланадиган катталиқ  $p$  босим деб аталади:  $p = F/S$ . СИ бирликларида босимнинг ўлчов бирлиги паскаль (қисқача (Па):

$$[p] = [F] / [S] = 1 \text{ Н} / 1 \text{ м}^2 = 1 \text{ Па.}$$



24-расм.

Сууюқлик ва газларда айрим зарралар ёки қатламлар бир-бирига нисбатан ҳамма йўналишда эркин силжибди. Шунинг учун сууюқлик ёки газларга берилган босим фақат куч таъсир қилган йўналишда эмас, балки ҳамма йўналишларда узатилади. Тажирибалар француз олими Паскаль (1623—1662) кашф қилган қонун ўринли эканини кўрсатади: сууюқлик ёки газга берилган босим сууюқлик ёки газнинг ҳар бир нуқтасига ўзгаришсиз узатилади.

5.2. *Гидравлик пресс.* Детални пресслаш (сиқиш) учун ишлатиладиган ва Паскаль қонунига асосланиб ишлаган машиналар *гидравлик* пресс деб аталади.

Гидравлик пресс бир-бири билан қаттиқ труба 1 билан туташтирилган  $S_1$  юзали кичик поршень 2 ва  $S_2$  юзали катта поршень 3 га эга цилиндрлик идишлардан иборат (24-расм). Цилиндрларнинг поршенлар остидаги ҳажми ва туташтирувчи труба сууюқлик билан тўлдирилади. Прессланадиган 7 жисм катта поршенга бириктирилган платформа устига қўйилади. Бу поршень кўтарилганда жисм қўзғалмас устки платформага тақалади ва сиқилади. Кичик поршень пастга босилганда 5 клапан ёпилади, 4 клапан очилади. Кичик поршенга берилган босим катта поршенга узатилади. Кичик поршень юқорига кўтарилганида 4 клапан ёпилиб, 7 деталь сиқилган ҳолда ушлаб турилади, 5 клапан очилиб, 6 резервуардан кичик поршень остидаги бўшлиққа сууюқлик кўтарилади. Кейин кичик поршень яна пастга босилади ва жараён қайта такрорланади. Паскаль қонунини асосида бажарилган ҳисоблашлар

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1} \quad (1)$$

шарҳида ўринли эканини кўрсатади. Бу ерда  $F_1$ ,  $F_2$  — кичик ва катта поршенларга таъсир қилувчи кучлар. Бинобарин, катта поршень томонидан прессланадиган жисмга таъсир қилувчи  $F_2$  куч катта поршень юзи кичик поршенниқидан неча марта катта бўлса, шунча марта  $F_1$  кучдан катта бўлади.

Сиқилмайдиган сууюқлик модели асосида

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{h_1}{h_2} \quad (2)$$

шарҳи оламиз. Бунда  $h_1$ ,  $h_2$  — кичик ва катта поршенларнинг бир юришда силжишлари. (2) га асосан катта поршен-



га таъсир қилувчи кучдан неча марта ютсак, поршеннинг юрган йўлидан шунча марта ютқазилади.

**5.3. Суюқликнинг идиш тубига ва деворларига босими.** Ердаги шароитда суюқлик оғирлик кучи таъсирида бўлади. Шу туйғайли суюқлик идиш тубига ва деворларига босим билан таъсир қилади. Тубининг юзи  $S$  бўлган цилиндрик идишга  $h$  баландликкача  $m$  массали суюқлик қуяйлик. Идиш тубига суюқликнинг  $F = mg$  оғирлиги таъсир қилади, бунда  $g$  — эркин тушиш тезланиши. Босим таърифига кўра

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}. \quad (1)$$

Суюқлик массасини унинг  $\rho$  зичлиги ва  $V$  ҳажми орқали ифодалаймиз:

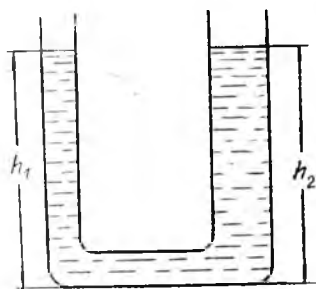
$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсак,

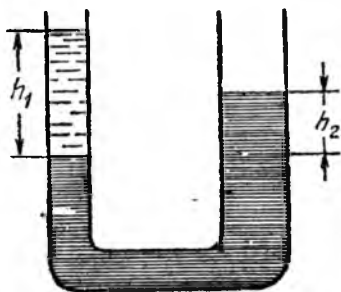
$$p = \rho gh \quad (3)$$

ни оламиз. (3) га кўра суюқлик устунининг босими идиш тубининг юзига боғлиқ эмас. Суюқлик томонидан идишнинг ён деворига бўлган ўртача босим  $p_{\text{урт}} = \rho gh/2$  бўлади.

**5.4. Туташ идишлар.** Остки қисми туташтирилган идишлар *туташ идишлар* деб аталади. Ҳисоблашларнинг кўрсатишича, туташ идишларга бир жинсли суюқлик қуйилганда суюқликнинг эркин сирти идишларда бир хил баландликда туради:  $h_1 = h_2$  (25-расм).



25-расм.



26-расм.

Туташ идишларга бир жинсли бўлмаган суюқликлар қуйилган бўлсин. Бунда идишларда суюқликларнинг

ажратувчи сатҳларидан юқоридаги суюқлик устунларининг  $h_1$  ва  $h_2$  баландликлари суюқликларнинг  $\rho_1$  ва  $\rho_2$  зичликларига тескари пропорционалдир (26-расм):

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$

**5.5 Суюқлик ва газлар учун Архимед кучи.** Зичлиги  $\rho$  бўлган суюқликка соддалик учун параллелепипед шаклидаги жисмни ботирайлик (27-расм). Жисмнинг устки ва пастки ёғига суюқлик томонидан таъсир қилувчи босим кучлари:

$$F_1 = \rho g h_1 \cdot S, \quad F_2 = \rho g h_2 \cdot S,$$

бу ерда  $h_1, h_2$  — суюқликнинг эркин сиртидан жисмнинг юқори ва пастки ёқларигача бўлган масофалар,  $S$  — жисмнинг юқори ёки пастки ёғи юзи бўлиб,  $F_2 > F_1$ . Шунинг учун, жисмга пастдан юқorigа йўналган

$$F_A = F_2 - F_1 = (\rho g h_2 - \rho g h_1) \cdot S \quad (1)$$

куч таъсир қилади (Архимед кучи). (1) ифодани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$F_A = \rho g h \cdot S = \rho g V.$$

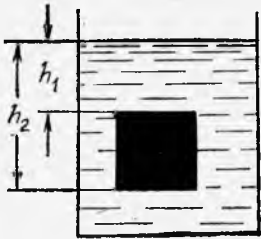
Бунда  $h = h_2 - h_1$  — жисм ён ёғининг баландлиги,  $V = S \cdot h$  — жисмнинг ёки у сиқиб чиқарган суюқликнинг ҳажми.

$m' = \rho \cdot V$  — жисм сиқиб чиқарадиган суюқлик массаси эканини ҳисобга олсак,  $F_A = m'g$  ни оламиз. Бу тенглама Архимед қонунини ифодалайди: суюқликка (ёки газга) ботирилган жисм ўзи сиқиб чиқарган суюқлик (ёки газ) оғирлигига тенг куч билан пастдан юқorigа итарилади.

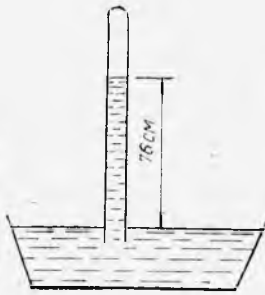
**5.6. Атмосфера босими. Торичелли тажрибаси.** Ер шарини ўраб олган ҳаво қатлами атмосфера деб аталади. Ҳаво молекулалари массага эга бўлгани учун улар Ерга тортилади. Шу туфайли атмосфера Ерга ва ер сиртидаги жисмларга босим билан таъсир қилади. Бу босим атмосфера босими деб аталади.

Атмосфера босимини италиялик олим Е. Торичелли (XVII аср) пайқади ва ўлчашга муваффақ бўлди. У узунлиги 1 метр чамаси бир учи кавшарланган шиша найни симоб билан тўлғазди. Найни очиқ учидан беркитиб, уни симобли косага тўнкарди ва найни оқиста очди (28-расм). Бунда найдаги симобнинг бир қисми косага тўкилди, бир қисми эса найда қолди.

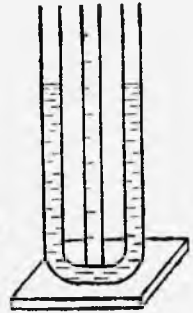
Найда қолган симоб устунининг баландлиги  $h =$



27-расм.



28-расм.



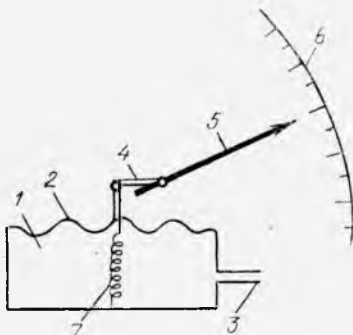
29-расм.

$=760$  мм атрофида бўлди. Бу ҳодисани Торичелли тунтуриб берди: атмосфера босими косодаги симоб юзига таъсир қилади. Бу босим Паскаль қонунига кўра най ичига ҳам узатилади. Найдаги симоб устида эса ҳаво йўқ. Бинобарин, найда қолган симоб устунининг босими атмосфера босимига тенгдир.

$760$  мм симоб устун босимига тенг бўлган атмосфера босимини нормал атмосфера босими деб аташ қабул қилинган:  $P_0 = 760$  мм сим. уст.  $= 101\,325$  Па.

**5.7 Симобли ва металл барометрлар.** Атмосфера босимини ўлчаш учун барометрлардан (бар — босим дегани) фойдаланилади. Суюқликли (симобли) барометрлар манометрлар деб аталади. Манометр шкаласи U-симон шиша найдан иборат. Найларга бирор суюқлик, кўпинча, симоб қуйилади (29-расм). Босими ўлча-

надиган идиш резина найча орқали найлардан бирига уланади. Идишдаги босимнинг атмосфера босимидан катта ёки кичик бўлишига боғлиқ ҳолда иккинчи найда симоб кўтарилади ёки пасаяди. Найлардаги симоб устунлари фарқини билган ҳолда идишдаги босимни аниқлаш мумкин.



30-расм.

30-расмда металл барометрнинг тузилиши берилган. Бундай барометр-

лар ичи бўш 1 қутидан иборат бўлиб, юпқа эластик 2 пластинка — мембрана билан герметик беркитилган. Мембрана қўзғалувчан бўлиши учун тўлқинсимон қилиб тайёрланади. Босими ўлчанадиган идиш 3 най орқали барометр қутисига уланади. Идишдаги босимга боғлиқ ҳолда мембрана ёки юқорига ёки пастга эгилади. Мембрана ҳаракати 4 ричаглар системаси орқали 5 стрелкага узатилади. Стрелка босим бирликларида даражаланган 6 шкала устида ҳаракатга келади. 7 пружина қутини кескин деформацияланишдан сақлайди.

### Масала ечиш намуналари

5.1. Сурилувчи ён тутқич гидросистемасида босим  $p = 10$  МПа бўлганда сиқиш кучи  $F = 12$  кН. Тутқичнинг юкни тутган  $S$  юзи қанча?

Ечилиши. Босим таърифига кўра  $p = \frac{F}{S}$ . Бундан:  $S = \frac{F}{p}$ , яъни  $S = 12 \cdot 10^3 \text{ Н} / 10 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

5.2. ГЭС да тўғондан олдинги ва тўғондан кейинги сув баландликлари фарқи  $h$ . Тўғон қандай  $p$  босимга бардош берадиган қилиб қурилган?

Ечилиши. Тўғон камида сув сатҳлари фарқига тўғри келган сув устун босимига бардош бериши керак. Шунинг учун  $p = \rho gh$ . Бу ерда  $\rho$  — сувнинг зичлиги,  $g$  — эркин тушиш тезланиши.

5.3. Нима учун нефть ёки бошқа суюқликлар сақланадиган резервуарлар девори остки қисмига томон қалинлашиб борадиган қилиб қурилади?

Ечилиши. Зичлиги  $\rho$ , баландлиги  $h$  бўлган суюқлик устун босими  $p = \rho gh$ . Шунинг учун суюқлик устун баландлиги  $h$  ортиб бориши билан босими ҳам ошиб боради. Суюқликни сақлайдиган идишнинг девори ҳам тобора катта босимга бардош бериши керак.

5.4. Бўёқни  $h = 30$  м баландликка етказиб бериш учун ЦНИЛ-3 модели бўёқчилик станциясидаги  $p$  босим қанчага тенг бўлиши керак? Бўёқнинг зичлигини  $\rho = 1,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  деб олинг. Ишқаланишни ҳисобга олмаг.

Ечилиши. Станциядаги босим  $h$  баландликка эга бўлган бўёқ устун босимига тенг бўлади:

$$p = \rho gh = 1,2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 30 \text{ м} \approx 0,36 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

5.5. М-20 маркали юшоқ ёғоч плитасининг узунлиги  $a = 1,8$  м, кенлиги  $b = 1,7$  м, қалинлиги  $c = 8$  мм, зичли-

ги  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ . Плитанинг қанча  $V_0$  ҳажми сувга ботган ҳолда сузади? Сувнинг зичлиги  $\rho_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Плитанинг  $V$  ҳажми қанча?

Ечилиши. Плитанинг ҳажми  $V = abc = 1,8 \text{ м} \cdot 1,7 \text{ м} \times 0,008 \text{ м} = 0,0245 \text{ м}^3$ , массаси  $m = \rho \cdot V = \rho \cdot abc$ , оғирлиги  $P = mg = \rho abc g$ . Иккинчи томондан Архимед қонунига кўра бу оғирлик Архимед кучига тенг:  $P = F_A = \rho_0 V_0 g$ , буни ҳисобга олсак,  $\rho_0 V_0 g = \rho abc g$  ни оламиз. Бундан  $V_0 = \rho abc / \rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 1,8 \text{ м} \cdot 1,7 \text{ м} \cdot 0,008 \text{ м} / 1000 \text{ кг/м}^3 = 0,0196 \text{ м}^3$ .

### Муσταқил ечиш учун масалалар

5.1. Сурилувчи ён тутқич гидросистемасида босим  $p = 8 \text{ МПа}$ . Тутқичнинг юкни тутган юзи  $S = 12 \text{ см}^2$  бўлса, сиқиш кучи  $F$  нимага тенг? [ $F = p \cdot S = 9,6 \text{ кН}$ .]

5.2. ГЭС тўғони  $p$  босимга бардош берадиган қилиб қурилган бўлса, тўғондан олдин ва тўғондан кейин сув баландликлари фарқи  $h$  кўпи билан қанча бўлиши мумкин? [ $h = p / \rho g$ .]

5.3. СО-115 бўёқчилик станциясида босим  $p = 0,4 \cdot 10^6 \text{ Па}$  бўлса, ишқаланишни ҳисобга олмаганда бўёқ аралашмаси қандай  $h$  баландликка етказиб берилиши мумкин? Бўёқ аралашмаси зичлигини  $\rho = 1,2 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  деб олинг. [ $h = P / 34 \text{ м}$ .]

5.4. Гиштдан ёки бетондан ишланган девор ва шиплардан ариқчалар очиш учун МО-6П типидagi пневматик болғалардан фойдаланиш мумкин. Сиқилган ҳавонинг босими  $p = 0,5 \text{ МПа}$  бўлса, болғанинг ҳар  $S = 1 \text{ см}^2$  юзига қандай  $F$  куч таъсир қилади? [ $F = 50 \text{ Н}$ .]

5.5. Теракдан тайёрланган қурилиш конструкцияси зичлиги  $\rho = 750 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  бўлса, унинг қандай  $\eta$  қисми сувга ботган ҳолда сузади? Сувнинг зичлиги  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ . [ $\eta = \rho / \rho_0 = 3/4$ .]

5.6. Қайиндан тайёрланган қурилиш конструкциясининг  $\eta = 3/5$  қисми сувга ботган ҳолда сузаяпти. Қайин ёғочининг  $\rho$  зичлигини аниқланг. Сувнинг зичлиги  $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ . [ $\rho = \rho_0 \eta = 600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .]

5.7. Тош, гишт, бетон бўлаги каби жисмларни динамометр ёрдамида ҳавода ва сувда тортинг. Олинган натижалар асосида бу жисмларнинг зичлигини ҳисобланг.

Молекуляр физика қаттиқ, суюқ ва газ ҳолатидаги моддаларнинг тузилиши ва хоссаларини, жисмларнинг физик хоссаларининг уларнинг тузилишига ва молекуляр ҳаракат хусусиятларига боғланишини ўрганеди.

#### 6. МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК НАЗАРИЯ. ГАЗЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

*6.1. Молекуляр-кинетик назариянинг асосий қонун-қоидалари.* Моддалар атомлар деб аталган зарралардан тузилган эканлиги қадимдан маълум. Атом кимёвий элементининг (водород, темир, уран ва бошқалар) хусусиятларини сақлаган энг кичик заррасидан иборат. Атомлар қўшилиб молекулалар ҳосил қилади. Масалан, сув молекуласи битта кислород ва иккита водород атомларидан иборат ва ҳоказо. Молекуляр физика молекуляр-кинетик назарияга асосланади. Бу назария тажрибада тасдиқланган учта асосий қонун-қоидага асосланган: 1) моддалар зарралар (атом ва молекулалар)дан тузилган; 2) зарралар узлуксиз тартибсиз ҳаракат қилади; 3) зарралар бир-бирлари билан таъсирлашади.

Кимёвий реакцияга киришаётган моддалар учун заррали нисбатлар қонуни молекулалар мавжудлигини тасдиқлайди. Турли суюқликлар аралаштирилганда аралашманиннг ҳажми айрим суюқликлар ҳажмидан кичик бўлиши мумкинлиги молекулалар орасида масофа мавжуд эканлигини кўрсатади. Турли хил моддаларнинг аралашиб кетиш ҳодисаси, яъни диффузия, сувда эримайдиған жуда ҳам майда зарраниннг унда узлуксиз тартибсиз ҳаракат қилиши — Броун ҳаракати моддалар узлуксиз тартибсиз ҳаракат қилувчи молекулалардан тузилганлигини билдиради.

Жисмлар шакли ўзгартирилганда эластиклик кучларининг вужудга келиши, суюқликларда сирт тарафлик кучларининг мавжуд эканлиги молекулаларнинг ўзаро таъсир қилишини исботлайди.

6.2. *Молекулаларнинг ўлчами, сони массаси.* Барча жисмларнинг хоссалари бир-бири билан ўзаро таъсир қилувчи атом ва молекулаларнинг ҳаракати билан аниқланади. Молекулалар мавжуд эканлигига ишонғ ҳосил қилиш учун уларнинг ўлчамларини аниқлаш лозим. Маълумки,  $V=1$  мм<sup>3</sup> нефть томчиси билан  $S=3$  м<sup>2</sup> дан зиёд сув сиртини қоплаб бўлмайди. Агар нефть зарра (молекула)ларини сув сиртига бир қатор териб чиқилган деб фараз қилсак, нефть қатламнинг  $d$  қалинлиги молекулалар диаметрини беради:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3}{3 \text{ м}^2} \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}.$$

Ҳозирги замон қурилмалари, масалан, ионли микроскоп ёрдамида атомлар суратга олинган.

Массаси 1 г бўлган сув томчисидаги молекула сонини аниқлайлик.<sup>4</sup> Сув томчисининг ҳажми  $V = 10^{-6}$  м<sup>3</sup>. Сув молекуласининг диаметри  $d \approx 3 \cdot 10^{-10}$  м. Бир дона молекула эгаллаган ҳажм

$$V_0 = (3 \cdot 10^{-10} \text{ м})^3 \approx 30 \cdot 10^{-30} \text{ м}^3.$$

У ҳолда молекулалар сони

$$N = V/V_0 = 10^{-6} \text{ м}^3 / 30 \cdot 10^{-30} \text{ м}^3 = 3 \cdot 10^{22}.$$

Бир дона сув молекуласининг массасини аниқлайлик. Маълумки,  $m = 1$  г сувда  $N \approx 3 \cdot 10^{22}$  та молекула бор. Бинобарин, битта молекула массаси  $m_0 = m/N = 1 \text{ г} / 3 \cdot 10^{22} \approx 3 \cdot 10^{-23}$  г.

6.3. *Нисбий молекуляр масса. Модда миқдори. Авогадро сони. Моляр масса.* Юқорида бажарилган ҳисоб-китобдан кўриниб турибдики, молекулаларнинг массалари жуда кичик. Шунинг учун массаларнинг нисбатларидан фойдаланиш қулай. Халқаро келишувга мувофиқ барча атом ва молекулаларнинг массалари углерод атоми массасининг  $1/12$  қисми билан таққосланади.

Молекула (ёки атом)  $m$  массасини углерод атоми  $m_{\text{ос}}$  массасининг  $\frac{1}{12}$  қисмига нисбатига  $M_r$  нисбий молекуляр (ёки атом) масса деб аталади:

$$M_r = \frac{m}{\frac{1}{12} m_{\text{се}}}$$

Ҳозирги пайтда барча кимёвий элементларнинг нисбий атом массалари аниқ ўлчанган. Молекула таркибига кирувчи атомлар нисбий атом массаларини қўшиб, нисбий молекуляр масса қиймати ҳисобланади. Қуйида баъзи моддаларнинг нисбий молекуляр массалари берилган:

CO <sub>2</sub> (карбонад ангидрид)	44
O (кислород атоми)	16
C (углерод)	12
O <sub>2</sub> (кислород молекуласи)	32

Ихтиёрий моддадаги молекулалар (ёки атомлар) сони  $N$  нинг 0,012 кг углероддаги атомлар сони  $N_A$  га нисбати билан аниқланадиган катталиқ  $\nu$  модда миқдори деб аталади:

$$\nu = \frac{N}{N_A} \quad (1)$$

Бирликларнинг халқаро системасида модда миқдори модларда ўлчанади. 1 моль шундай модда миқдорики, ундаги молекула (ёки атом) лар сони 0,012 кг углероддаги атомлар сонига тенгдир.

Равшанки, ҳар қандай модданинг 1 молидаги атомлар ёки молекулалар сони бир хил. Бу сон  $N_A$  ҳарфи билан белгиланади ва *Авогадро* (XIX аср, Италия) *сони* деб аталади. Ўлчашлар углерод атоми массаси учун  $m_{\text{ос}} = 1,995 \times 10^{-266}$  кг ни беради. (1) га кўра 1 моль углероднинг массаси  $m_{\mu} = 0,012 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ . Бир молдаги атом сони, яъни Авогадро сони:

$$N_A = m_{\mu} / m_{\text{ос}} = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

1 моль миқдоридида олинган модданинг массаси *моляр масса* деб аталади. Таърифга кўра  $\mu$  моляр масса

$$\mu = m_0 N_A \quad (2)$$

бу ерда  $m_0$  — битта молекула массаси,  $N_A$  — Авогадро сони. Ихтиёрий модданинг массаси

$$m = m_0 N \quad (3)$$

(1) — (3) ифодалар асосида



$$v = m/\mu \quad (4)$$

ни ҳосил қиламиз: модда миқдори модда массасининг моляр массага нисбатига тенгдир.

$$(1) \text{ ва } (4) \text{ ифодаларга кўра: } N = v N_A = N_A \frac{m}{\mu}.$$

**6.4. Броун ҳаракати.** Инглиз ботаниги Р. Броун (1827) сувда эримайдиган жуда кичик зарралар (плаун споралари)нинг сувда тартибсиз ҳаракат қилишини микроскоп орқали кузатди. Бу ҳаракат *Броун ҳаракати* деб аталади. Броун ҳаракатининг сабабларини молекуляр-кинетик назариянинг асосий қонун-қоидалари асосида тушунтириш мумкин; сув молекулаларининг тартибсиз ҳаракати туфайли заррага бериладиган зарбалар кучи ҳам йўналиши, ҳам катталиги бўйича узлуксиз ўзгаради. Натижада у узлуксиз тартибсиз ҳаракат қилади. Зарранинг ўлчами сув молекулалари ўлчамига қанча яқин бўлса, зарралар шунчалик тез ҳаракат қилади.

Броун ҳаракати молекуляр-кинетик назариянинг асосий қонун-қоидаларини тасдиқлайди.

**6.5. Диффузия.** Хонада атир солинган идишнинг қопқоғи очиб қўйилса, унинг ҳиди бутун хонага тарқалади. Атир ва ҳаво молекулалари узлуксиз тартибсиз ҳаракат қилгани учун улар аралашиб кетади.

Моддаларнинг ўз-ўзидан бир-бирига аралашиб кетиш ҳодисаси *диффузия* деб аталади.

Бу ҳодиса молекуляр-кинетик назария асосида изоҳланади ва унинг асосий қонун-қоидаларини тасдиқлайди. Газларда диффузия ҳодисаси жуда тез, суюқликларда газлардагига нисбатан секин содир бўлади. Қаттиқ жисмларда диффузия ҳодисасини кузатиш анча мураккаб. Бу, моддаларнинг ички тузилиши ва молекулаларнинг ҳаракати турлича экани билан тушунтирилади.

**6.6. Молекулаларнинг ўзаро таъсир кучлари.** Қаттиқ жисмларнинг чўзилишига қаршилик кўрсатиши, суюқликларда сирт таранглик кучларининг вужудга келиши ва бошқа ҳодисалар моддаларнинг атом ва молекулалари ўртасида тортишиш кучлари мавжуд эканлигини, қаттиқ ва суюқ жисмларнинг сиқилишга қаршилик кўрсатиши атом ва молекулалар ўртасида итаришиш кучлари ҳам борлигини билдиради.

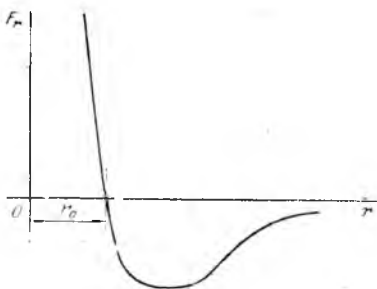
Атом ва молекулалар мусбат ва манфий заррачалардан тузилган. Улардаги мусбат ва манфий зарядлар миқдорлари тенгдир. Шунга қарамай, молекулалар ўр-

тасида мавжуд бўлган ўзаро таъсир электр табиатига эга.

Молекулалар ўртасидаги ўзаро таъсир тортишиш кучлари ҳам, итаришиш кучлари ҳам бўлиши мумкин. Натижавий куч бу кучлар сон қийматларининг айирмасига тенг.

31-расмда натижавий кучнинг молекулаларни бирлаштирувчи тўғри чизиққа проекцияси  $F_{\text{ч}}$  нинг улар орасидаги масофага боғланиш графиги кўрсатилган. Бу графикда  $r_0$  — итаришиш ва тортишиш кучлари мувозанатлашган пайтдаги масофа. Бу масофада  $F_{\text{ч}}$  куч нолга тенг.  $r_0$  дан каттароқ масофаларда натижавий куч тортишиш кучидан иборат. Катта масофаларда ўзаро таъсир кучи нолга интилади. Молекулалар орасидаги масофа  $r_0$  дан кичик бўлганда натижавий куч тез ортиб борувчи итаришиш кучларидан иборат бўлади.

6.7. Газ, суюқ ва қаттиқ жисмларнинг тузилиши. Маълумки моддалар газ, суюқ ва қаттиқ ҳолатда бўлади. Бу ҳолатлар модданинг агрегат ҳолатлари дейилади. Молекуляр-кинетик назария модданинг турли агрегат ҳолатларда бўла олишини тушунтириб беради.



31-расм.

Газларда атом ёки молекулалар орасидаги масофа молекула ўлчамларидан жуда кўп марта катта. Улар деярли ўзаро таъсир қилмайди. Шунинг учун молекулалар бир-бири яқинида тутиб турилмайди ва газ кенгая олади, берилган ҳажмнинг ҳаммасини ва идишнинг шаклини эгаллайди. Газ молекулалари жуда катта тезлик (секундига бир неча юз метр) билан ҳаракат қилади. Улар бир-бирларининг мавжудлигини тўқнашгандагина «сезади».

Газлар сиқилганда молекулалар орасидаги ўртача масофа камаяди. Шунинг учун газ осон сиқилади.

Суюқликларда молекулалар орасидаги масофа газлардагига қараганда анча кичик. Суюқлик молекулалари бир-бирига деярли тақалиб туради. Улар ўртасида ўзаро таъсир мавжуд. Молекулалар орасидаги тор-

тишиш кучлари уларни маълум вазиятда мувозанатда ушлаб туради. Молекулалар шу вазият атрофида теbranма ҳаракат қилади. Шу билан бирга улар би мувозанат вазиятдан бошқа шундай вазиятга кўчиб ўтади. Суюқликка ташқи кучлар таъсир қилмаса, бу кучишлар ҳамма йўналишда бир хил содир бўлади. Ташқи кучлар мавжуд бўлганида (масалан, оғирлик куч таъсирида) молекулаларнинг кўчиши, асосан, шу куйўналишида содир бўлади. Суюқликнинг оқувчанлиги яъни ўз шаклини сақлаб қолмаслиги сабаби шундан дир.

Суюқлик молекулалари орасидаги масофа жуда ҳам кам эканлиги туфайли суюқликни сиққанимизда молекулаларнинг ўзи деформациялана бошлайди. Бу эсон иш эмас. Бинобарин, суюқликлар ўз ҳажмин деярли ўзгартирмайди. Қаттиқ жисмларда молекулалар ўз мувозанат вазияти атрофида теbranма ҳаракат қилади. Молекулалар қўшни молекулалар билан кучли боғланган. Ташқи кучлар қаттиқ жисм молекулалар ҳаракатига сезиларли таъсир кўрсата олмайди. Шунин учун қаттиқ жисмлар шаклини ҳам, ҳажмини ҳам ўзгартирмайди.

*6.8. Идеал газ. Молекулалар тезлиги квадратининг ўртача қиймати.* Маълумки, сийраклаштирилган газларда молекулалар орасидаги масофа молекулалар ўлчамларидан ўнлаб марта катта. Улар орасидаги ўзаро таъсир кучи эса ҳисобга олмаслик даражада кичик. Шунин учун: 1) газ молекулалари моддий нуқталардан иборат; 2) молекулалар орасида ўзаро таъсир мавжуд эмас; 3) молекулаларнинг ўзаро ва идиш девори билан тўқнашувлари абсолют эластик зарба қонунлари асосида содир бўлади деб фараз қилиш мумкин. Газнинг бу модели *идеал газ* деб аталади.

Идишдаги газ молекулалари тезликлари  $v_1, v_2, v_3, \dots, v_N$  бўлсин.  $N$  — газдаги молекула сони. Тезлик квадратининг ўртача қиймати

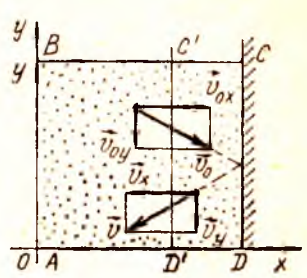
$$\bar{v}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

ифода орқали аниқланади.

Ихтиёрий вектор квадрати бу векторнинг  $Ox, Oy, Oz$  координата ўқларига проекциялари квадратларининг йиғиндисига тенгдир:  $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$ . Бу ифода ўртача қийматлар учун ҳам ўринли:  $\bar{v}^2 = \bar{v}_x^2 + \bar{v}_y^2 + \bar{v}_z^2$ . Молекулалар тар-

тегили ҳаракат қилгани учун барча йўналишлар тенг кучли:  
 $\bar{v}_x = \bar{v}_y = \bar{v}_z$ . Бунни ҳисобга олсак,  $\bar{v}^2 = 3\bar{v}_x^2$ , ёки,  $\bar{v}_x = \frac{1}{\sqrt{3}}\bar{v}$ ,  
 яъни, молекула тезлиги проекцияси квадратининг ўртача  
 қиймати тезлик квадрати ўртача қийматининг 1/3 қисмига  
 тенгдир.

6.9. Газлар молекуляр-кинетик назариясининг асосий тенгламаси. Кесими тўғри тўрт бурчакли  $ABCD$  идишда идеал газ бўлсин (32-расм). Идиш ва газнинг ҳарорати бир хил. Газ томонидан идишнинг  $CD$  деворига бериладиган босимни ҳисоблаймиз.  $Ox$  ўқини  $CD$  деворга перпендикуляр қилиб,  $Oy$  ўқини шу девор бўйлаб йўналтирайлик. Молекула  $\vec{v}_0$  тезлик билан деворга томон ҳаракат қилаётган бўлсин. Урилишни абсолют эластик деб ҳисоблайдиган бўлсак, молекула девор билан тўқнашганда тезликнинг  $Ox$  ўқига проекцияси ўз йўналишини ўзгартиради,  $Oy$  ва  $Oz$  ўқларга проекцияси эса, ағъалгидек қолади:



32-расм.

$$v_x = -v_{0x}; v_y = v_{0y}; v_z = v_{0z}.$$

Молекула импульсининг  $Ox$  ўқига проекцияси ўзгариши

$$\Delta P_x = m_0 v_x - m_0 v_{0x} = m_0 v_x - (-m_0 v_x) = 2m_0 v_x.$$

Импульснинг сақланиш қонунига кўра битта молекула деворга урилганда деворга шунча импульс берилади:

$$\Delta P'_x = 2m_0 |v_x|.$$

Молекуланинг деворга урилиш вақтидан анча кўп бўлган  $\Delta t$  вақт ичида девордан  $CC' = |v_x| \Delta t$  масофадаги молекулалар деворга етиб келади. Ажратиб олинган  $CC'D'D$  ҳажм  $|v_x| \Delta t \cdot S$  га тенг. Агар бирлик ҳажмдаги молекула сони  $n = \frac{N}{V}$  бўлса, ажратиб олинган ҳажмдаги молекула сони  $n |v_x| \Delta t \cdot S$  га тенг. Шу молекулаларнинг ярми  $CD$  деворга томон ҳаракат қилади. У ҳолда  $\Delta t$  вақтда  $CD$  деворга келиб уриладиган молекулалар сони

$$z = \frac{n}{2} |v_x| \Delta t \cdot S$$

ва деворга таъсир қилувчи куч импульси

$$F \Delta t = z \cdot 2m_0 |v_x| = nm_0 S v_x^2 \Delta t.$$

Бу ифодада ўртача қийматга ўтишимиз ва  $\bar{v}_x^2 = \frac{1}{3} \bar{v}^2$  ни ҳисобга олишимиз лозим:  $\bar{F} \Delta t = \frac{1}{3} nm_0 S \bar{v}^2 \Delta t$ . Бу ифоданинг чап ва ўнг томонларини  $\Delta t \cdot S$  га бўлсак, газнинг деворга босими  $p$  ни оламиз:

$$\frac{\bar{F}}{S} = p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2. \quad (1)$$

Бу тенглама молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламасидир. Бу тенглама макроскопик катталиқ — босимни газ молекулаларини характерловчи микроскопик катталиқлар билан боғлайди.  $\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$  — молекулалар илгариланма ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси эканини ҳисобга олсак, (1) тенгламани  $p = \frac{2}{3} n \bar{E}$  кўринишда ёзиш мумкин.

Шундий қилиб, идеал газнинг босими бирлик ҳажмдаги молекулалар сони билан молекулалар илгариланма ҳаракати ўртача кинетик энергияси кўпайтмасига пропорционалдир.

6.10. Газ молекулаларининг тезликларини ўлчаш. Газ молекулалари хаотик ҳаракатининг  $\bar{E}$  ўртача кинетик энергияси  $T$  абсолют температурага пропорционал:

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT. \quad (1)$$

Бу ерда  $k$  — Больцман доимийси. Иккинчи томондан

$$\bar{E} = \frac{mv^2}{2}, \quad (2)$$

бунда  $m$  — молекула массаси,  $\bar{v} = \sqrt{\bar{v}^2}$  — ўртача квадратик тезлик. (1) ни (2) га тенглаб,

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3kT}{\mu}} \quad (3)$$

ни ҳосил қиламиз. Масалан, азот молекуласининг тезлиги  $t = 0^\circ\text{C}$  да  $\bar{v} = 500$  м/с. Водород учун  $\bar{v} = 1800$  м/с.

Молекулалар тезлигини тажриба йўли билан 1920 йилда Штерн аниқлади. Тезликларнинг тажрибадан топилган қийматлари назарий равишда ҳисоблаб чиқарилган қийматга тўғри келади.

6.11. *Температура (ҳарорат). Иссиқлик мувозанати.* Совуқ ва иссиқ жисмлар ўртасидаги фарқни яхши билдимиз. Масалан, хонадаги сувга қўлимизни тикиб, бу совуқ сув деймиз. Электр плитка ёки газ горелкаси устида бир оз турган идишдаги сувни илиқ сув, қайнаётганини — иссиқ сув деймиз. Совуқ, илиқ, иссиқ ёки қайноқ тушунчалари жисмларнинг исиганлик даражасини билдиради ва уни *температура (ҳарорат)* деб аталган катталиқ билан характерланади.

Температурани *термометр* деб аталган асбоб билан ўлчанади. Термометрлар жисмлар исиганда ёки совиганда уларнинг ҳажми ўзгаришига асосланиб ясалиши мумкин.

Тажрибалар кўрсатадики, ҳар қандай микроскопик жисмлар тўплами — термодинамик система ташқи шароитлар ўзгармаганда ўз-ўзидан иссиқлик мувозанати ҳолатига ўтади. Бунда системани характерловчи барча параметрлар ҳар қанча узоқ вақт давомида ўзгармасдан қолаверади.

Температура иссиқлик мувозанати ҳолатини ифодалайди: иссиқлик мувозанати ҳолатида бўлган макроскопик системанинг барча қисмида температура бир хил бўлади.

Температура — молекулалар ўртача кинетик энергиясининг ўлчовидир.

Молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламасида кўра газнинг идиш деворларига  $p$  босими

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

Бу ерда  $\bar{E}$  — молекулалар ўртача кинетик энергияси,  $n = \frac{N}{V}$  — молекулалар концентрацияси;  $N$  — молекулалар сони,  $V$  — таъиннинг ҳажми.  $n = \frac{N}{V}$  ни (1) га қўямиз:

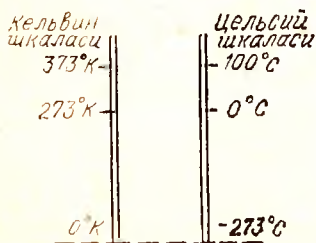
$$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}, \quad \text{ёки} \quad \frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E}. \quad (2)$$

Тажрибалар кўрсатадики, иссиқлик мувозанати ҳолатида, (2)

тенгламанинг чап томонидаги  $\frac{pV}{N}$  катталиқ ҳар қанча вақт давомида ўзгармайди ва  $T$  температурага пропорционалдир.

$$\frac{pV}{N} = kT, \quad (3)$$

бунда  $k$  — пропорционаллик коэффициенти. (2) ва (3) га кўра  $\frac{2}{3} \bar{E} = kT$  ёки  $\bar{E} = \frac{3}{2} kT$ . Бу ифодага кўра температура молекулалар ўртача кинетик энергиясига пропорционалдир, яъни температура — молекулалар ўртача кинетик энергиясининг ўлчовидир. Бу тенглама орқали аниқланган  $T$  температура *абсолют температура* ёки *термодинамик температура* деб аталади. Тенгламадаги  $k$  пропорционаллик коэффициенти *Больцман доимийси* деб аталади. Унинг қиймати  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Ж}}{\text{К}}$ .



33-расм.

Термодинамик температура манфий бўлиши мумкин эмас чунки кинетик энергия манфий бўла олмайди. Термодинамик температуранинг ноли *абсолют ноль* деб аталади. Бу температурага ҳар қанча яқинлашиш мумкин, лекин унга эришиш бўлмайди. Абсолют температура кельвинларда (қисқача К) ўлчанади. Музнинг эриш температураси Кельвин шкаласида (33-расм) 273 К га тенг. Амалда кўпинча Цельсий шкаласидан (33-расмга қаранг) фойдаланилади. Бу шкалада музнинг эриш температураси  $0^\circ\text{C}$  га, сувнинг қайнаш температураси (нормал атмосфера босимида)  $100^\circ\text{C}$  га тўғри келади. Ҳар икки шкалада градуслар қиймати бир. Амалдаги температура шкаласидан абсолют температура шкаласига  $T = t + 273^\circ\text{C}$  тенглама орқали ўтилади.

**6.12. Идеал газ ҳолати тенгламаси.** Молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламасига кўра газнинг  $p$  босими:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}. \quad (1)$$

Бу ерда  $n$  — молекулалар концентрацияси,  $\bar{E}$  — молекулалар

Ҳаққи кинетик энергияси,  $\bar{E} = \frac{3}{2} kT$  эканини ҳисобга олсак,

$$pV = NkT \quad (2)$$

тенгламага келамиз. Бунда  $k$  — Больцман доимийси,  $T$  — абсолют температура. Молекула сони  $N$  ни  $N_A$  Авогадро сони ва  $\nu = \frac{m}{\mu}$  модда миқдори орқали ифодалаб,  $N = \frac{m}{\mu} N_A$  га  $R = kN_A$  деб белгиласак, (2) тенгламани

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

кўринишда ёзиш мумкин. (3) тенглама *Менделеев-Клапейрон тенгламаси* ёки *идеал газ ҳолати тенгламаси* деб аталади.  $R = kN_A$  катталиқ *универсал газ доимийси* деб аталади. (3) тенглама идеал газнинг параметрлари ихтиёрий ўзгара олмаслигини, балки бир параметрнинг ўзгариши бошқа параметрларнинг ўзгаришига боғлиқ эканилигини кўрсатади. Хусусан, газ массаси ўзгармаса (3) тенгламага кўра

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad (4a)$$

ни ёки

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (4b)$$

ни оламиз. Бинобарин, берилган массали газ босими билан ҳажми кўпайтмасининг абсолют температурага нисбати ўзгармас катталиқдир. (4a) ёки (4b) тенгламалар *Клапейрон тенгламаси* деб аталади.

**6.13. Газ қонунлари. Изотермик жараён.** Температура доимий қолган ҳолда идеал газнинг ҳолати ўзгаргандаги жараённи *изотермик жараён* деб аталади.

Идеал газ ҳолати тенгламаси

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad (1)$$

га кўра берилган массали газнинг  $T$  температураси доимий бўлганда унинг  $p$  босими билан  $V$  ҳажми кўпайтмаси ўзгармас миқдордир:

$$pV = \text{const}, \quad T = \text{const},$$



ёки

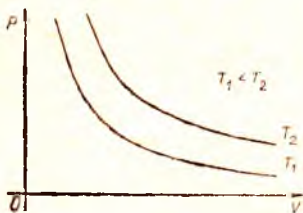
$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2; T = \text{const.}$$

Бу қонун Бойль (инглиз, 1660 й.) ва Мариотт (француз, 1676 й.) томонидан тажриба йўли билан кашф қилинган. Шунинг учун *Бойль-Мариотт қонуни* деб аталади. Изотермик жараёнда газ босимининг ҳажмига боғланиш графиги *изотерма* деб аталади (34-расм).

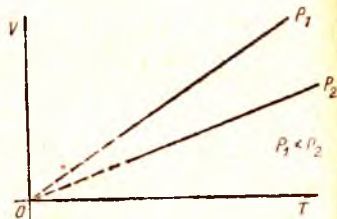
Турли температураларга турлича изотермалар моделади.

*Изобарик жараён.* Босим доимий қолган ҳолда идеал газнинг ҳолати ўзгаргандаги жараёни *изобарик жараён* деб аталади.

Идеал газ ҳолати тенгламаси (1) га кўра берилган массали газнинг  $p$  босими доимий бўлганда унинг ҳажмининг  $T$  абсолют температурасига нисбати ўзгармас миқдордир:



34-расм.



35-расм.

$$\frac{V}{T} = \text{const}; p = \text{const.}$$

ёки

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}; p = \text{const.}$$

Бу қонун тажриба йўли билан Гей-Люссак (француз, 1802 й.) томонидан кашф қилинган. Шунинг учун *Гей-Люссак қонуни* деб аталади.

Изобарик жараёнда газ ҳажмининг унинг температурасига боғланиш графиги *изобара* деб аталади (35-расм).

Босимнинг турли қийматларига турлича изобаралар тўғри келади.

*Изохорик жараён.* Ҳажми доимий қолган ҳолда

идеал газнинг ҳолати ўзгаргандаги жараёнга *изохорик жараён* деб аталади.

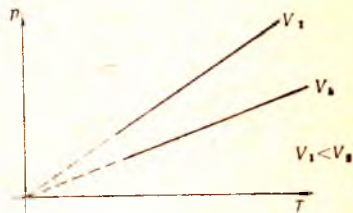
Идеал газ ҳолати тенгламаси (1) га кўра берилган массали газнинг  $V$  ҳажми доимий бўлганда  $p$  босимининг  $T$  абсолют температурасига нисбати ўзгармас миқдордир.

$$\frac{p}{T} = \text{const}; \quad V = \text{const}.$$

Ёки

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}; \quad V = \text{const}.$$

Бу қонун Шарль (француз, 1787 й.) томонидан тажриба йўли билан кашф қилинган. Шунинг учун *Шарль қонуни* деб аталади. Изохорик жараёнда газ ҳажмининг абсолют температурага боғланиш графиги *изохора* деб аталади (36-расм). Ҳажмнинг турли қийматларига турлича изохоралар мос келади.



36-расм.

### Масала ечиш намуналари

**6.1.** Бўяш ишларини амалга ошириш учун бўяладиган сирт чангдан тозаланиши керак. Нима учун?

Ечилиши. Бўёқ ва сирт маҳкам ёпишиши учун уларнинг молекулалари етарлича яқинлашиши керак. Чанг зарралари шу яқинлашишга йўл қўймайди.

**6.2.** Гулқоғоз бино деворига махсус елим билан ёпиштирилади. Молекуляр-кинетик назария нуқтаи назаридан елимнинг хоссалари қандай бўлиши керак?

Ечилиши. Елим ва гулқоғоз ҳамда елим ва бино девори материали молекулалари ўртасида тортишиш кучлари мавжуд бўлиши керак.

**6.3.** Тахтага кўндалангига ишлов бериш бўйлама ишлов бериш (рандалаш, арралаш ва ҳоказо)га нисбатан фарқ қилади. Бунинг сабабини молекуляр-кинетик назария асосида тушунтиринг.

Ечилиши. Тахтани бўйига қатламларга ажратиш, кўндалангига ажратишга нисбатан анча осон. Бу

молекулалар ўзаро таъсир кучи турли йўналишда турлича экани билан тушунтирилади.

6.4. Нима учун қурилишда ғовак материаллар (пенпласт, поролон, керамзит ва бошқалар) кенг ишлатилади?

Ечилиши. Ғоваклардаги ҳаво ва бошқа газлар иссиқликни ёмон ўтказди. Шунинг учун бу материаллардан иссиқликни сақлаш учун фойдаланилади.

6.5. Секин қотадиган ангидрит цемент табиий кальций сульфат ( $\text{CaSO}_4$ )га ишлов бериш йўли билан олинади. Кальций сульфатнинг  $\mu$  моляр массасини, битта молекуласининг  $m_0$  массасини аниқланг.  $m = 1$  кг кальций сульфат қанча  $\nu$  модда миқдорини ташкил қилади?

Ечилиши. Менделеевнинг кимёвий элементлар даврий системасига кўра Ca, S, O элементларининг нисбий молекуляр массаси  $M_{\text{Ca}} = 40$ ;  $M_{\text{S}} = 32$ ;  $M_{\text{O}} = 16$ . Уларнинг моляр массалари  $\mu = M_{\text{q}} \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$  ифодадан аниқланади:

$$\mu_{\text{Ca}} = 0,040 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; \mu_{\text{S}} = 0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}; \mu_{\text{O}} = 0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Кальций сульфатнинг моляр массаси:

$$\mu = \mu_{\text{Ca}} + \mu_{\text{S}} + 4\mu_{\text{O}} = 0,136 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

Битта молекуланинг массаси:

$$m_0 = \mu / N_A = 0,136 \text{ кг/моль} / 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1/\text{моль} = 22,6 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$$

Бу ерда  $N_A$  — Авогадро сони. Модда миқдори

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{1 \text{ кг}}{0,136 \text{ кг/моль}} \approx 7,3 \text{ моль.}$$

6.6. Портландцемент зарраларининг майдалилиги солиштирма сирт (бирлик масса билан қопланадиган юза) билан аниқланади. Тез қотадиган портландцемент солиштирма сирти  $S_0 = 4000 \frac{\text{см}^2}{\text{г}}$  бўлса, битта цемент заррасининг  $d$  ўлчами баҳоланг. Цементнинг зичлигини  $\rho = 3,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$  деб олинг.

Ечилиши.  $m = 1$  г цементнинг ҳажми

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

Агар цемент зарралари сиртга бир қатор қилиб зич терилган деб қаралса, бу ҳажми

$$V = S \cdot d \quad (2)$$

деб ҳисоблаш мумкин. Бу ерда

$$S = S_0 \cdot m \quad (3)$$

цемент қоплайдиган сирт юзи. (1) ни (2) га тенглаймиз ва (3) ни ҳисобга оламиз:  $\frac{m}{\rho} = S_0 m d$ . Бундан

$$d = \frac{1}{\rho S_0} = 1 / \left( 3 \frac{\text{г}}{\text{см}^2} \cdot 4000 \frac{\text{см}^2}{\text{г}} \right) \approx 9 \cdot 10^{-7} \text{ м.} = 9 \cdot 10^{-10} \text{ мм.}$$

6.7. Баъзи биноларнинг деворлари икки қават қилиб ишланади. Нима учун ҳаво яхши иссиқлик сақловчи бўлишига қарамадан деворлар орасидаги фазо бўш қолдирилмай, юмшоқ материаллар билан тўлдирилади?

Ечилиши. Иссиқлик конвекция туфайли йўқотилмаслиги учун.

6.8. Қурилиш материаллари сифатида ишлатиладиган чўян, алюминий, кошинлар тайёрланадиган лой мос равишда  $t_1 = 1200^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 660^\circ\text{C}$ ,  $t_3 = 1350^\circ\text{C}$  температураларда эрийди. Бу температураларни кельвинларда ифодаланг.

Ечилиши.  $T_1 = t_1 + 273^\circ\text{C} = 1200^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} = 1473\text{K}$ ;  
 $T_2 = 933\text{K}$ ;  $T_3 = 1623\text{K}$ .

## Муस्ताқил ечиш учун масалалар

6.1. Цементга қўшиладиган гидрофоб қўшимчалар сув юқтирмайдиган пардалар ҳосил қилади. Бу пардалар цемент билан ҳаводаги сув буғларининг ўзаро таъсирига тўсқинлик қилади ва цементнинг сақланиш муддатини узайтиради. Молекуляр-кинетик назария нуқтан назаридан буни қандай изоҳлаш мумкин?

6.2. Кукунсимон қурилиш материалларини ташиш ва шундай моддалар билан омборхоналарда ишлашни имкони борича механизация зиммасига юклаш лозим; материалларнинг температураси  $40^\circ\text{C}$  ва ундан юқори бўлганда эса қўл меҳнатига йўл қўйиб бўлмайди. Нима учун?

6.3. Кавнарлаш ва елимлаш ҳодисалари ўртасидаги ўхшашлик нимада?

6.4. Бўёқ эритувчида бўёқ модда заррачаларининг

эришидан ҳосил бўлган эритма. Нима учун бўёқ заррачалари, гарчи уларнинг зичлиги эритувчи зичлигидан анча катта бўлса-да, узоқ вақтгача банка тубига чўкмайди? [Бўёқ моддасининг муаллақ зарралари иссиқлик ҳаракатида (Броун ҳаракатида) қатнашгани учун.]

6.5. Бетон аралашмалари бир жойдан бошқа жойга ташилганда баъзан улар қатламларга ажралиб қолади: йирик тўлдиргичлар идиш тубига чўкади. Нима учун?

6.6. Бетон аралашмалари бир жойдан бошқа жойга ташилганда аралашма баландлик бўйича бир жинсли қолиши учун қандай чоралар кўрилиши керак?

6.7. Бўёқ пардасининг бўялган сиртга ёпишиш мустаҳкамлиги нималарга боғлиқ?

6.8. Бўяладиган ёғочнинг намлиги 12% дан ошмаслиги лозим. Нима учун намлик юқори бўлганида бўяш ишларини амалга ошириш тавсия қилинмайди?

6.9. Бетонга қўшиладиган тўлдирувчилар: шағал, кум, майда тошларда лой бўлаклари, қумоқ тўпроқ ва бошқа аралашмалар бўлмаслиги керак. Тўлдирувчилар шундай моддалар билан ифлослангани учун бетон сифатининг ёмонлашиши сабабини изоҳланг.

6.10. Кукупсимон қурилиш материалларининг майдалилиги солиштира сирт (бирлик масса билан қопланадиган юза) билан аниқланади. Оддий портландцементнинг солиштира сирти  $S_0 = 2500 \frac{\text{см}^2}{\text{г}}$  бўлса, битта цемент заррасининг  $d$  ўлчамини баҳоланг. Цементнинг зичлигини  $\rho = 3 \text{ г/см}^3$  деб олинг.  $\left[ d = \frac{1}{\rho S_0} \approx 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ см} = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ м.} \right]$

6.11. Бўёқ пардалар қуёшнинг ультрабинафша нурлари таъсирида тезда «эскиради». Шунинг учун улар таркибига ультрабинафша нурларни ўтказмайдиган алюминий ёки рух упаси қўшилади.

1. Алюминий ва рух моддаларининг моляр массалари  $\mu_1$  ва  $\mu_2$  қандай?

2. Алюминий ва рух элементларининг атомлари массалари  $m_{01}$  ва  $m_{02}$  ни ҳисобланг.

3. Бир килограмм рух упаси қанча  $\nu$  модда миқдорини ташкил қилади? [1.  $\mu_1 = 0,027 \text{ кг/моль}$ ;  $\mu_2 = 0,065 \text{ кг/моль}$ . 2.  $m_{01} = 4,5 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ ;  $m_{02} = 10,8 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ . 3.  $\nu = 37 \text{ моль}$ .]

6.12. Қуйида баъзи материалларнинг эриш ҳароратлари берилган:

пиша	1423 К	дан	1673 К	гача
кварц	1980 К			
сақич	303 К	дан	413 К	гача
бўр	2073 К			

Мазкур ҳароратларни цельсий градусларида ифодаланг.

[пиша —  $1150^{\circ}\text{C}$  дан  $1400^{\circ}\text{C}$  гача; кварц —  $1710^{\circ}\text{C}$ ; сақич —  $30^{\circ}\text{C}$  дан  $14^{\circ}\text{C}$  гача; бўр —  $18000^{\circ}\text{C}$ .]

6.13. Қурилиш конструкцияларининг сиртларини бўяшга тайёрлаш ишлари хона ҳарорати  $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$  дан, ташқи сиртларни оҳакли таркиб билан пардозлаш суткалик ўртача ҳарорат  $t_2 = 5^{\circ}\text{C}$  дан кам бўлмаганда баъланилади. Биноларнинг ташқи томонини бўяш ишларини об-ҳаво қуруқ ва иссиқ бўлса, соядаги ҳарорат  $t_3 = 27^{\circ}\text{C}$  дан паст бўлганда амалга оширилади. Мазкур ҳароратларни кельвин билан ифодаланг. [ $T_1 = t_1 + 273^{\circ}\text{C} = 283\text{ К}$ ;  $T_2 = 278\text{ К}$ ;  $T_3 = 300\text{ К}$ .]

6.14. Қуйида баъзи моддаларнинг эриш ҳароратлари берилган.

Ацетон	178 К
Сув	273 К
Скипидар	263 К

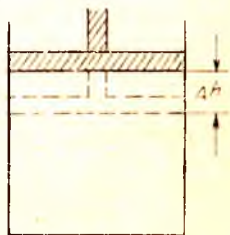
Буларни цельсий градусларида ифодаланг. [Ацетон —  $95^{\circ}\text{C}$ , сув —  $0^{\circ}\text{C}$ , скипидар —  $10^{\circ}\text{C}$ .]

6.15. Ёғоч сиртларни олифлашда олиф  $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$  —  $60^{\circ}\text{C}$  гача иситилади, гулқоғоз ёпиштириш ишлари ҳарорат  $t_2 = 8^{\circ}\text{C}$  дан паст бўлмаганда амалга оширилади. Мазкур ҳароратларни кельвинларда ифодаланг. [ $T_1 = 323\text{ К}$  —  $333\text{ К}$ ;  $T_2 = 281\text{ К}$ .]

## 7. ТЕРМОДИНАМИКА АСОСЛАРИ

7.1. Термодинамикада иш. Бирор жисмнинг ёки жисмлар системасининг ҳолатини ўзгартиришнинг икки усули мавжуд. Булардан биринчиси — иш бажаришдир.

Цилиндрик идишда поршень осинда газ бўлсин (37-расм). Поршень орқали куч билан газга таъсир қилиб, уни сиқайлик. Газнинг босими, ҳажми, температураси, яъни унинг ҳолати ўзгаради. Бу ҳолда



37-расм.

газнинг ҳолати иш бажариш билан ўзгартирилди дейилади.

Поршень кичик  $\Delta h$  масофага силжисин, бунда газнинг босими ўзгармайди деб ҳисоблайлик. Бажарилган иш

$$A = F \cdot \Delta h \cos \alpha, \quad (1)$$

бу ерда  $F$  — поршенга таъсир қилувчи куч,  $\alpha$  — куч ва поршеннинг кўчиш йўналишлари орасидаги бурчак. Бизнинг ҳолда  $\alpha = 0$ ,  $\cos \alpha = 1$  ва (1) қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$A = F \cdot \Delta h \quad (2)$$

Босимнинг таърифига кўра

$$p = F/S, \quad (3)$$

бу ерда  $S$  — поршеннинг кесим юзи.

(3) дан газга таъсир қилувчи куч учун

$$F = p \cdot S \quad (4)$$

ни оламиз. (4) ни (2) га қўйсақ ва газ ҳажмининг ўзгариши  $\Delta V = |S \cdot \Delta h|$  ни ҳисобга олсак, ташқи кучлар бажарган иш учун

$$A = pS \Delta h = p \cdot \Delta V \quad (5)$$

га келамиз:  $A > 0$ .

Газ бажарган иш

$$A' = -p \Delta V \text{ ва } A' < 0. \quad (6)$$

Газ кенгаяётган бўлса, ташқи кучлар бажарган иш

$$A = -p \Delta V \text{ ва } A < 0. \quad (7)$$

Газ бажарган иш

$$A' = p \Delta V \text{ ва } A' > 0. \quad (8)$$

(5) — (8) ифодалар босим ўзгармай қоладиган кичик  $\Delta h$  силжишлар учун ўринлидир.

**7.2. Иссиқлик миқдори. Моддаларнинг солиштира иссиқлик сифими.** Цилиндрик идишдаги поршенни маҳкамлаб қўйилса, поршень остидаги газ ҳажми ўзгармайди. Идишни газ горелкаси ёрдамида иситайлик (38-расм). Бунда газнинг босими, ҳарорати, яъни ҳолати ўзгаради. Лекин иш бажарилмайди.

Система ҳолати иш бажарилмасдан ўзгартирилганда иссиқлик миқдори узатилди деб аталади.

Тажрибалар жисмга узатилган  $Q$  иссиқлик миқдори унинг массаси  $m$  га ва  $t-t_0$  ҳарорат ўзгаришига тўғри пропорционал эканини кўрсатади:

$$Q = cm(t - t_0),$$

бу ерда  $c$  — пропорционаллик коэффициентини модданинг *солиштирма иссиқлик сифими* деб аталади. (1) ифодада  $m = 1$  кг,  $t - t_0 = 1^\circ\text{C}$  деб олинса,  $c = Q$  ни оламиз, бундан  $c$  коэффициентининг физик маъноси келиб чиқади: солиштирма иссиқлик сифими сон қиймати жиҳатидан модданинг 1 кг массаси температурасини  $1^\circ\text{C}$  га ўзгартириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдорига тенгдир.

Инглиз физиги Жоуль (1843) томонидан тажриба йўли билан иссиқлик миқдори билан механик иш ўртасида эквивалентлик мавжуд экани исботланди. Шунинг учун СИ бирликларида иссиқлик миқдори механик иш каби жоул (Ж) билан ўлчанади. (1) ни

$$c = Q / (m \cdot (t - t_0)) \quad (2)$$

кўринишда ёзиш мумкин. (2) га кўра солиштирма иссиқлик сифимининг ўлчов бирлиги: Ж/(кг·°C).

**7.3. Ички энергия.** Жисм молекулалари хаотик ҳаракати ўртача кинетик энергиялари билан улар ўзаро таъсири потенциал энергиялари йиғиндиси *ички энергия* деб аталади.

Системага берилган ёки ундан олинган иссиқлик миқдори унинг ички энергиясини ўзгартиради.

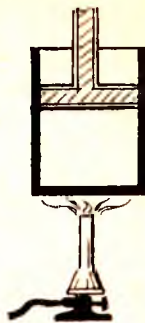
**7.4. Термодинамиканинг биринчи қонуни.** Системанинг ички энергиясини икки усул билан ўзгартириш мумкин: иш бажариш ва иссиқлик миқдори узатиш. Шунга мос равишда ички энергиянинг  $\Delta U$  ўзгариши бажарилган  $\Delta A$  иш билан, системага узатилган  $\Delta Q$  иссиқлик миқдори йиғиндисиغا тенг:

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

Бу ифода энергиянинг сақланиш қонунининг иссиқлик жараёнларига татбиқи бўлиб, *термодинамиканинг биринчи қонуни* дейилади. (1) ифодани қўйидагича ёзиш ҳам мумкин:

$$\Delta U = -\Delta A' + \Delta Q, \text{ ёки } \Delta Q = \Delta U + \Delta A'; \quad (2)$$

бу ерда  $\Delta A'$  — система бажарган иш. (2) га кўра термодинамиканинг биринчи қонуни қўйидагича таърифланиши мумкин: системага узатилган иссиқлик миқдори унинг ички энергиясининг ўзгаришига ва система-



38-расм.



нинг ташқи кучлар устидан бажарадиган ишига сарф бўлади.

7.5. *Иссиқлик двигателларининг ишлаш принципи.* Ички энергия ҳисобига иш бажарадиган машиналар *иссиқлик двигателлари* деб аталади.

Иссиқлик машиналари уч қисмдан иборат: 1) ишчи жисм — газ (ёки буғ), 2) иситкич, 3) совиткич. Иссиқлик двигателларида ёқилғи ёнганда ишчи жисмга, масалан, газга  $Q_1$  иссиқлик миқдори узатилади. Унинг температураси теварак-атрофдаги муҳит температурасидан бир неча юз марта кўпаяди. Бунда газнинг ички энергияси ортади. Газ кенгайганда иш бажаради ва совийди. Бунда унинг босими ҳам камаяди. Газ яна иш бажариши учун уни дастлабки ҳолатигача сиқиш керак. Бунда совиткичга  $Q_2$  иссиқлик миқдори берилади. Сиқиш жараёни кичик босим ва температурада содир бўлгани учун  $Q_1 > Q_2$ . Ишчи жисм бажарган иш

$$A = Q_1 - Q_2$$

ифода билан аниқланади. Двигатель бажарган  $A$  ишнинг иситкичдан олинган  $Q_1$  иссиқлик миқдорига нисбати иссиқлик двигателининг  $\eta$  *фойдали иш коэффициентини* (қисқача Ф. И. К) деб аталади:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad (1)$$

ёки фойзда

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100 \%. \quad (2)$$

Француз олими С. Карно (1832) идеал иссиқлик машинасининг Ф. И. К ни ҳисоблашга муваффақ бўлди:

$$\eta_{\text{макс}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Бу ерда  $T_1, T_2$  — иситкичнинг ва совиткичнинг абсолют температуралари. Карно фойдали иш коэффициентининг қиймати (3) ифода билан аниқланадигандан катта бўла олмаслигини исботлади. Бундан Ф. И. К. 100%га тенг бўлиши мумкин эмаслиги келиб чиқади, чунки совиткичнинг абсолют температурасини нолга тенг қилиш мумкин эмас.

Иссиқлик машинасининг фойдали иш коэффициентини ошириш учун ишчи модданинг иссиқлик йўқотиши-

камайтириш, ишқаланишнинг мумкин қадар кичик бўлишига эришиш лозим.

### Масала ечиш намуналари

7.1.  $t_0 = 12^\circ\text{C}$  температурали мумни  $t = 80^\circ\text{C}$  температурагача иситиш учун  $Q = 10,2$  МЖ иссиқлик миқдори сарфланган бўлса, мумнинг  $m$  массаси қанча бўлган? Мумнинг солиштирма иссиқлик сифимини  $c = 3,0 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  деб олинг.

Ечилиши. Иссиқлик миқдорини ҳисоблаш формуласига кўра  $Q = cm(t - t_0)$ . Бундан  $m = Q/(c \cdot (t - t_0)) = 10,2 \times 10^6 \text{Ж} / \left(3,0 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} (80^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C})\right) = 50 \text{ кг}$ .

7.2.  $m_1 = 100$  кг массали мумни  $t_0 = 12^\circ\text{C}$  температурадан юмшаш температурасигача иситиш учун  $m_2 = 1$  кг массали дизель ёқилғиси сарф қилинган. Иситиш қурилмасининг фойдали иш коэффициенти  $\eta = 60\%$ , дизель ёқилғисининг ёниш иссиқлиги  $r = 42 \cdot 10^6 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$ , мумнинг солиштирма иссиқлик сифими  $c = 3,0 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  бўлса, мум қандай  $t$  температурагача исиган?

Ечилиши. Дизель ёқилғиси ёнганда ажралиб чиқадиган тўлиқ иссиқлик миқдори  $Q = -rm_2$ . Мумга узатилган фойдали иссиқлик миқдори

$$Q_1 = Q \eta / 100\% = -rm_2 \eta / 100\%. \quad (1)$$

Мумнинг иситиши учун сарф бўлган иссиқлик миқдори

$$Q_2 = cm_1(t - t_0). \quad (2)$$

Иссиқлик баланси тенгламасига кўра

$$Q_1 + Q_2 = 0. \quad (3)$$

(1) ва (2) ни (3) га қўйсақ,

$$-\frac{rm_2}{100\%} \cdot \eta + cm_1(t - t_0) = 0.$$

Бундан  $t = t_0 + \frac{rm_2 \eta}{cm_1 \cdot 100\%} = 96^\circ\text{C}$ .

7.3. Қишда бетон қуйишда унинг температураси юқори бўлиши керак, чунки бетон қотгунча ундаги сув музлашга улгурмаслиги лозим.  $1 \text{ м}^3$  бетон қуйиш учун  $m_1 = 1200$  кг

шағал.  $m_2 = 600$  кг қум,  $m_3 = 200$  кг цемент,  $m_4 = 200$  кг сув керак бўлади. Бетоннинг бетонқоргичдан чиқиш пайтидаги температураси  $\theta = 30^\circ\text{C}$  бўлиши учун сувнинг бетонқоргичга тушиш пайтидаги  $t$  температураси қандай бўлиши лозим? Қум, шағал, цементнинг температураси бир хил ва  $t_0 = 10^\circ\text{C}$ , уларнинг солиштирма иссиқлик сифимларини бир хил  $c = 8,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$  деб олинг, бетонқоргичнинг ФИҚи  $\eta = 0,8$ . Сувнинг солиштирма иссиқлик сифими  $c_4 = 4,18 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$ .

Ечилиши. Шағал, қум, цемент аралашмаси олган иссиқлик миқдори

$$Q_1 = c (m_1 + m_2 + m_3) (\theta - t_0). \quad (1)$$

Сувнинг берган иссиқлик миқдори бетонқоргичнинг ФИҚини ҳисобга олган ҳолда

$$Q_2 = \eta c_4 m_4 (\theta - t). \quad (2)$$

Иссиқлик баланси тенгламасига кўра

$$Q_1 + Q_2 = 0. \quad (3)$$

(1) ва (2) ни (3) га қўямиз:

$$c (m_1 + m_2 + m_3) (\theta - t_0) + \eta c_4 m_4 (\theta - t) = 0,$$

бундан

$$t = [c (m_1 + m_2 + m_3) (\theta - t_0) + \theta \eta c_4 m_4] / \eta c_4 m_4 =$$

$$= \frac{8,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} (1200\text{кг} + 600\text{кг} + 200\text{кг}) 20\text{K} + 30^\circ\text{C} \cdot 0,8 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} \cdot 200\text{кг}}{0,8 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} \cdot 200\text{кг}} =$$

$$= 80^\circ\text{C}.$$

## Мустақил ечиш учун масалалар

7.1. Йиғма темир-бетон деталларнинг қотишини тезлаштириш учун уларни автоклавларда буғга тутилади, бунда деталлар температураси  $t = 175^\circ\text{C}$  гача етказилади. Массаси  $m = 105$  кг бўлган зина плитасини иситиш учун қанча  $Q$  иссиқлик миқдори керак? Плитанинг бошланғич температураси  $t_0 = 15^\circ\text{C}$ . Темир-бетоннинг солиштирма иссиқлик сифими  $c = 0,84$  кЖ/кг·К. [ $Q = c m (t - t_0) = 14$  МЖ.]

7.2. Қурилишда ишлатиладиган кўпгина пластмасса

буюмлар  $t = 150^\circ$  температурада юмшай бошлайди. Буюмнинг солиштирма иссиқлик сифими  $c = 1,04 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$ , бошланғич температураси  $t_0 = 18^\circ\text{С}$  бўлса, қанча иссиқлик миқдори уни ишчи ҳолатидан чиқаради? Буюм массаси  $m = 200\text{г}$ . [ $Q = 27,5 \cdot 10^3 \text{Ж}$ .]

7.3. Қийин эрийдиган лойни  $t = 1300^\circ\text{С}$  температурагача қиндириш билан ишлаб чиқарилади. Агар лойнинг ўртача солиштирма иссиқлик сифими  $c = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$  бўлса,  $m = 1$  кг лойга қанча иссиқлик миқдори узатиш лозим? [ $Q = 1,3 \cdot 10^6 \text{Ж}$ .]

7.4.  $m_1 = 100$  кг массали мумнинг температурасини  $t = 0^\circ\text{С}$  дан мум оқадиган  $t = 80^\circ\text{С}$  температурагача иситиш учун қанча иссиқлик миқдори керак? Мумнинг солиштирма иссиқлик сифими  $c = 3 \cdot 10^3 \text{ Ж/кг} \cdot \text{К}$ . [ $Q = 24 \cdot 10^6 \text{ Ж}$ .]

7.5.  $m_1 = 100$  кг массали мумни  $t_0 = 12^\circ\text{С}$  температурадан  $t = 76^\circ\text{С}$  температурагача иситиш учун қанча  $m_2$  массали дизель ёқилғиси сарф қилиш керак? Мумнинг солиштирма иссиқлик сифими  $c = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ . Иситиш қурилмасининг фойдали иш коэффициентини  $\eta = 60\%$  деб олинг. Дизель ёқилғисининг ёниш иссиқлиги  $r = 42 \cdot 10^6 \text{ Ж/кг}$ . [ $m_2 = (cm_1(t - t_0) \cdot 100\% / \eta r = 0,76 \text{ кг}$ .]

7.6.  $V$  ҳажмли бетон қуйиш учун  $m_1$  массали шағал,  $m_2$  массали қум,  $m_3$  массали цемент,  $m_4$  массали сув керак бўлади. Қум, шағал ва цементнинг температураси бир хил ва  $t_0$  га тенг бўлса, температураси  $t$  га тенг бўлган сувни қуйганда қандай  $\theta$  температурали қоришма ҳосил бўлади?

Қум, шағал, цементларнинг солиштирма иссиқлик сифимлари  $c$  га тенг. Бетонқорғичнинг  $\Phi$ ,  $I$ ,  $K$  и  $\eta$ . Сувнинг солиштирма иссиқлик сифими  $c'$ . [ $\theta = (c(m_1 + m_2 + m_3)t_0 + \eta c' m_4 t) / (\eta c' m_4 - c(m_1 + m_2 + m_3))$ .]

## 8. МОДДАЛАР АГРЕГАТ ҲОЛАТЛАРИНИНГ УЗГАРИШИ

8.1. Қаттиқ жисмларнинг эриши. Суюқликларнинг қотиши. Модданинг қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтиши эриш деб аталади. Қаттиқ жисм суюқликка айланиши учун унга бирор миқдор иссиқлик бериб туриш керак. Дастлаб, иссиқлик миқдори жисм температурасининг ошишига олиб келади. Бунда қаттиқ жисм зарраларининг ўртача кинетик энергияси ошади. Маълум

температура (эриш температураси)дан бошлаб жисм эрий бошлайди. Бунда қаттиқ жисм — суюқлик системасининг температураси ўзгармайди. Берилаётган барча энергия қаттиқ жисм молекулалари орасидаги боғланишни узишга сарф бўлади. Қаттиқ жисм суюқликка айланиб бўлгач, иссиқлик миқдори суюқликни иситишга сарф бўлади.

1 кг қаттиқ жисмни эриш температурасида ўша температурали суюқликка айлантириш учун зарур бўладиган  $L$  иссиқлик миқдори *эришнинг солиштирма иссиқлиги* деб аталади.

Массаси  $m$  бўлган қаттиқ жисмнинг эриши учун  $Q_э$  иссиқлик миқдори сарфланган бўлса,

$$L = \frac{Q_э}{m}. \quad (1)$$

Бундан

$$Q_э = Lm. \quad (2)$$

Қотиш жараёнида шунча иссиқлик миқдори ажралиб чиқади:

$$Q_к = -Lm.$$

(1) ифодага кўра эришнинг солиштирма иссиқлиги ўлчов бирлиги:

$$\text{Ж/кг, } [L] = [Q] / [m] = \text{Ж/кг.}$$

Муз эришининг солиштирма иссиқлиги  $3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$ , мисники

$1,8 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$ , пўлат учун  $0,82 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$ .

8.2. *Буғ ҳосил бўлиши. Буғ ҳосил бўлишининг солиштирма иссиқлиги.* Модданинг суюқ ҳолатдан газ ҳолатга ўтиши *буғ ҳосил бўлиши* деб аталади.

Суюқликнинг эркин сиртидан буғ ҳосил бўлиши *буғланиш* деб аталади.

Суюқлик молекулалари бошқа молекулалар қуршовида ва уларга тортилиб туради. Шунинг учун молекула суюқликдан чиқиб кетиши учун *чиқиш иши* деб аталган ишни бажариши керак. Бу иш молекуланинг кинетик энергияси ҳисобига бажарилиши мумкин. Хаотик ҳаракат натижасида катта тезликка эришган молекулаларгина суюқликни тарк этиши мумкин. Бинобарин, буғланиш жараёнида суюқликда қолган молекулаларнинг ўртача кинетик энергияси ва демак, суюқликнинг температураси пасаяди.

Суyoқликни ўзгармас температурада буғга айлантириш учун унга иссиқлик миқдори бериб туриш керак. 1 кг суyoқликни ўзгармас температурада буғга айлантириб юбориш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори *буғ ҳосил бўлишининг  $\lambda$  солиштирма иссиқлиги* деб аталади, *m* массали суyoқлик буғга айланиши учун  $Q_6$  иссиқлик миқдори сарф қилинган бўлса,

$$\lambda = Q_6/m. \quad (1)$$

Бундан

$$Q_6 = m \cdot \lambda. \quad (2)$$

Тартибсиз ҳаракат қилаётган буғ молекулалари яна суyoқликка қайтиб тушиши мумкин. Бу жараён *конденсация* деб аталади. Буғ конденсацияланганда иссиқлик миқдори ажралиб чиқади:

$$Q_k = -m \lambda. \quad (3)$$

(1) га кўра буғ ҳосил бўлиши солиштирма иссиқлигининг ўлчов бирлиги:  $\frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$ ,  $[\lambda] = [Q_6] / [m] = \text{Ж/кг}$ .

100°C температурада сув буғи ҳосил бўлишининг солиштирма иссиқлиги  $2,26 \cdot 10^6$  Ж/кг га тенг. Спирт учун қайнаш температурасида  $\lambda = 0,9 \cdot 10^6$  Ж/кг.

Буғланиш тезлиги қуйидаги сабабларга боғлиқ:

1) суyoқликнинг турига. Молекулалари бир-бирига кичикроқ куч билан тортиладиган суyoқликларда бошқа молекулаларнинг тортиш кучларини енга оладиган молекулалар кўпроқ бўлади. Шунинг учун бундай суyoқликлар тез буғланади. Масалан, спирт сувга қараганда тез буғланади;

2) суyoқликнинг температурасига. Буғланиш суyoқликнинг ҳар қандай температурасида содир бўлади. Лекин суyoқликнинг температураси қанчалик юқори бўлса, бошқа молекулаларнинг тортишиш кучларини енга оладиган тез ҳаракатланувчи молекулалар шунча кўп бўлади. Шунинг учун суyoқликнинг температураси қанча юқори бўлса, буғланиш шунча тез содир бўлади;

3) суyoқликнинг эркин сирти юзига. Суyoқликнинг эркин сирти катталашгани сари уни бир вақтда тарк эта оладиган молекулалар сони кўпаяди. Шунинг учун суyoқликнинг очиқ сирти кўпайгани сари буғланиш тезлиги кўпаяди;

4) суyoқлик сирти устидаги газ (ҳаво)нинг ҳаракатига. Шамол эсиб туриши суyoқлик сиртидаги буғ мо-

лекулаларини ундан узоқлаштиради ва молекулаларнинг суюқликка қайтиб тушиш эҳтимолини камайтиради.

8.3. *Қайнаш.* Сув қуйилган колбага вақт бирлигидея бир хил миқдорда иссиқлик бериб, сувнинг исшини кузатайлик.

Суюқликда ҳамма вақт эриган ҳолда маълум миқдорда газ ёки ҳаво бор. Ҳар қандай температурада ҳамма ёки газ пуфакчалари ичига буғланиш содир бўлади. Пуфакчалар ичидаги босим ҳаво ва тўйинган буғ парциал босимлари йиғиндисига тенг ва у ташқи атмосфера босими ҳамда пуфакчалар юқорисидаги суюқлик устуни босимига тенг. Суюқлик қиздирилгани сари пуфакчалар ўлчами катталаша боради ва Архимед кучи туфайли улар юқорига кўтарила бошлайди. Суюқликнинг совуқроқ бўлган юқори қатламларида пуфакчалар ичидаги босим ва уларнинг ўлчамлари камаюди. Натижада ташқи атмосфера босими пуфакчаларни «эзиб» ташлайди ва буғ суюқликка қўшилиб кетади. Суюқликнинг юқори қатламлари исигани сари юқорига кўтарилаётган пуфакчалар суюқлик сиртига чиқиб ёрилади. Бунда пуфакчалар ичидаги босим атмосфера босимига тенг бўлади ва шундан кейин суюқликка берилаётган иссиқлик миқдори фақат буғ ҳосил бўлишига сарфланади: суюқлик температураси ўзгармайди.

Шундай қилиб, ўзгармас температурада суюқликнинг бутун ҳажмида ва суюқлик сиртидан буғланиш содир бўлади. Бу ҳодиса *қайнаш* деб аталади. Қайнаш содир бўладиган температура *қайнаш температураси* деб аталади.

Суюқлик устидаги ташқи босим камайган сари қайнаш температураси камаюди ва аксинча. Масалан, нормал атмосфера босими ( $p_0 \approx 10^5$  Па) да сув  $100^\circ\text{C}$  да босим 2260 Па бўлганда  $20^\circ\text{C}$  да қайнайди.

8.4. *Ҳавонинг намлиги.* Ҳавонинг намлиги Ер атмосферасида сув буғларининг мавжуд бўлиши билан характерланади. Атмосферада содир бўладиган табиа ҳодисалари, ишлаб чиқаришдаги технологик жараёнлар, тирик организмларнинг нормал ривожланиши, инсоннинг яшаш ва ишлаш шароитлари, китоб ва санъат асарларининг яхши сақланиши учун намликнинг муҳим аҳамияти бор.

Атмосфера ҳавоси турли хил газлар билан сув буғининг аралашмасидир. Бошқа газлар бўлмаганда сув

буғи бериши мумкин бўлган босим сув буғининг  $P$  эластиклиги деб аталади. Бу катталиқ *абсолют намлик* деб ҳам аталади ва Паскалларда ўлчанади.

Абсолют намликни билиш билан атмосферадаги сув буғи тўйиниш даражасидан қанчалик узоқ ёки яқинлиги тўғрисида бирор фикр айтиб бўлмайди. Бунинг учун нисбий намлик деб аталадиган катталиқ киритилади.

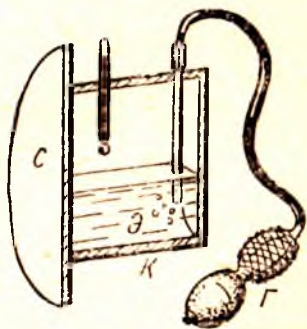
Маълум ҳароратда ҳаводаги сув буғи  $P$  эластиклигининг шу ҳароратдаги тўйинган буғнинг  $p_0$  босимига нисбати  $\eta$  *нисбий намлик* деб аталади:  $\eta = \frac{P}{p_0}$  ёки фоиз билан  $\eta = \frac{P}{p_0} \times$

100 %.

Сувнинг буғланиш ёки конденсацияланиш жадаллиги, яъни тирик организмларнинг намлик йўқотиши нисбий намликка боғлиқ. Агар ҳаво температураси совирилса, ундаги мавжуд бўлган сув буғлари тўйинган сув буғлари бўлиб қолади. Бунинг натижасида сув буғларининг конденсацияси бошланади: туман ҳосил бўлади, шудринг тушади. Сув буғи тўйинадиган ҳолдаги  $t_{ш}$  ҳарорат *шудринг нуқтаси* деб аталади.

Ҳавонинг намлиги гигрометрлар ва психрометрлар ёрдамида ўлчанади.

Энг содда гигрометр (39-расм) олдинги  $C$  девори яхшилаб силлиқланган  $K$  металл қутичадан иборат. Қутичанинг ичига осон буғланадиган суюқлик — эфир қўйилади ва термометр киритилади.  $G$  резина дамгир ёрдамида қутича орқали ҳаво ўтказилиб, эфир тез буғлантирилади, натижада қутича тез совийди.  $C$  деворнинг силлиқ сиртида шудринг томчилари пайдо бўла бошлагандаги ҳарорат термометрдан аниқланади. Ҳавонинг ҳароратини ва шудринг нуқтасини билган ҳолда махсус жадваллардан абсолют ва нисбий намликни аниқлаш мумкин.



39-расм.

Одамнинг ёгдан тозаланган сочининг эластиклик хусусиятлари ҳавонинг намлигига боғлиқ. Бундан *соч*



*гигрометрлари* деб аталган асбоб ёрдамида нисбий намликни аниқлашда қўлланилади.

Нисбий намлик *психрометр* деб аталган асбоб воситасида ҳам аниқланади. У бири қуруқ, иккинчисининг резервуарига бир учи сувга ботириб қўйилган мато ўралган иккита термометрдан иборат (40-расм). Қуруқ термометр ҳавонинг ҳароратини кўрсатади. Иккинчи термометрнинг кўрсатиши матодан сувнинг буғланиш даражасига, яъни ҳаводаги сув буғлари тўйинишдан қанчалик узоқ ёки яқинлигига боғлиқ. Ҳавонинг температураси ва термометрлар кўрсатишларининг айирмасига қараб, махсус жадваллар ёрдамида ҳавонинг нисбий намлигини аниқлаш мумкин.

### 8.5. Сирт таранглик кучлари.

Суюқлик ичидаги молекула атрофини қўшни молекулалар қуршаб туради. Унинг сиртидаги молекулани қуршаб турган молекулалар эса тахминан икки марта кам. Бинобарин, сирт қатламидаги молекулаларга барча молекулалар томонидан уларни суюқлик ичига тортувчи кучлар таъсир қилади. Шунинг учун суюқлик сиртидаги молекулалар орасидаги масофа каттароқ, суюқлик ичидаги молекулаларни унинг сиртига кўчириш учун иш бажариш керак, яъни суюқлик сиртида жойлашган молекулалар маълум потенциал энергияга эга. Бу энергия *сирт энергияси* деб аталади.  $U_n$  сирт энергияси суюқлик сиртининг  $S$  юзига пропор-

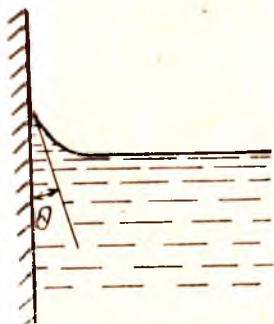
ционалдир, сирт энергиясининг  $S$  юзга нисбати эса бу юзага боғлиқ бўлмайди ва  $\sigma$  *сирт таранглик коэффиценти* деб аталади:

$$\sigma = U_n / S.$$

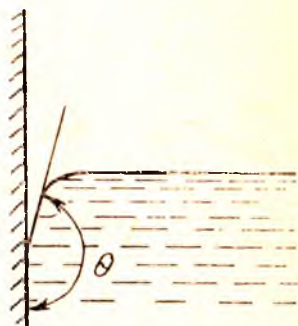
Сирт таранглик коэффиценти чегарадош муҳитларнинг табиатига ва ҳароратга боғлиқ. Унинг ўлчов бирлиги  $\text{Ж}/\text{м}^2$  ёки  $\text{Н}/\text{м}$ .

Суюқлик ичидаги молекулалар деярли бир-бирига тегиб туради. Улар ўртасида итаришиш кучлари таъсир

қилади. Сиртдаги молекулалар орасидаги масофа каттароқ бўлгани учун улар ўртасида тортишиш кучлари таъсир қилади. Бунда сирт қатлами қисқаради ва тарангланган ҳолатда бўлади: суюқлик сиртига ўтказилган уринма бўйлаб йўналган кучлар юзага келади. Бу кучлар *сирт таранглик кучлари* деб аталади. Ҳисоблашлар кўрсатадики,  $F$  сирт таранглик кучи суюқлик сиртини ўраб турган контурнинг  $l$  узунлигига пропорционал:  $F = \sigma l$ .



41-расм.

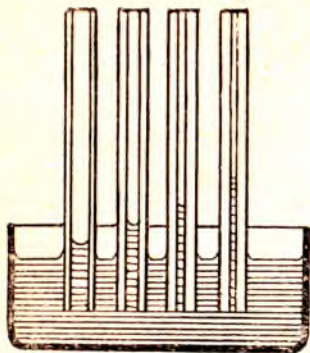


42-расм.

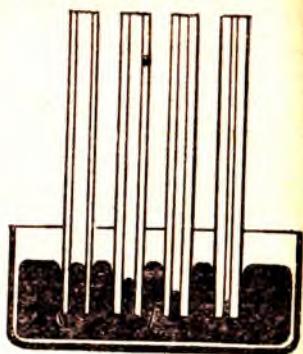
Пропорционаллик коэффициенти сирт таранглик коэффициентига тенг.

8.6. *Ҳўллаш. Капилляр ҳодисалар.* Суюқлик қаттиқ жисмга тегиб турган бўлсин. Суюқлик молекулалари билан қаттиқ жисм молекулалари орасидаги тортишиш кучлари суюқлик молекулалари орасидаги ўзаро тортишиш кучларидан каттароқ бўлган ҳолда суюқлик қаттиқ жисмни ҳўллайди. Бу ҳолда суюқлик сиртига ўтказилган уринма текислик билан қаттиқ жисм сирти ҳосил қилган  $\theta$  бурчак ўткир бўлади (41-расм). Суюқлик молекулалари орасидаги ўзаро тортишиш кучлари суюқлик молекулалари билан қаттиқ жисм молекулалари орасидаги тортишиш кучларидан каттароқ бўлганда суюқлик қаттиқ жисмни ҳўлламайди ва  $\theta$  бурчак ўтмас бўлади (42-расм).

Суюқликнинг ингичка найларда кенг идишлардаги сатҳига нисбатан кўтарилиши ёки пасайиши *капилляр ҳодисалар* деб аталади. Ингичка найлар эса *капиллярлар* дейилади.



43-расм.



44-расм.

Хўлловчи суюқлик капиллярда кўтарилади (43-расм). Тулиқ хўллашда ( $\theta = 0^\circ$ ) суюқлининг эгилган сиртини ярим сфера деб қараш мумкин, унинг радиуси най айланасининг  $r$  радиусига тенг. Сирт қатламнинг айлана шаклидаги чегараси бўйлаб суюқликка  $F = \sigma l = \sigma 2\pi r$  сирт таранглик кучи таъсир қилади. Бу куч баландлиги  $h$  бўлган суюқлик устунига таъсир этувчи

$$P = mg = \rho Vg = \rho Shg = \rho \pi r^2 hg$$

оғирлик кучини мувозанатлайди. Шунинг учун

$$\sigma 2\pi r = \rho \pi r^2 hg.$$

Бу тенгламадан хўлловчи суюқликнинг капиллярда кўтарилиш баландлиги

$$h = \frac{2\sigma}{\rho gr}. \quad (1)$$

Хўлламайдиган суюқлик капиллярда кенг идишдаги суюқлик сатҳидан пастга тушади (44-расм). Суюқликнинг пасайиш  $h$  чуқурлиги ҳам (1) ифода орқали аниқланади.

### Масала ечиш намуналари

8.1. Бинодаги хўл термометр  $t_x = 10^\circ\text{C}$  ни, қуруғи  $t_k = 14^\circ\text{C}$  ни кўрсатмоқда. Бинонинг иссиқликни ҳимоя қилиш қобиляти ўзгартирилмаслиги учун бино ичида

нисбий намлик 65% дан кам бўлиши керак бўлса, юқоридаги ҳолда қандай чора кўриш керак?

Ечилиши. Психрометрик жадвалга кўра ҳавонинг нисбий намлиги 60% дан кам. Демак, бинонинг пессиқликни ҳимоя қилиш қобилиятини ўзгартирмаслик мумкин.

8.2. Ҳавонинг ҳарорати  $t = 16^\circ\text{C}$ , нисбий намлиги  $\eta = 60\%$  ни ташкил қилади. Бўяш ишларини амалга ошириш учун намлик  $\eta_6 = 70\%$  дан ошмаслиги зарур бўлса, ҳароратнинг қанча  $\Delta t$  га камайишига йўл қўйиш мумкин? Ҳаводаги буғ миқдори ўзгармайди деб ҳисобланг.

Ечилиши.  $t = 16^\circ\text{C}$  да ҳавонинг  $\rho$  абсолют намлиги  $\eta = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$  ифодадан топилади:  $\rho = \frac{\rho_0 \eta}{100\%}$ . Бунда  $\rho_0 = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$  — шу ҳароратдаги тўйинган буғ зичлиги. Ҳисоблаш билан  $\rho = 8,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$  ни оламиз. Мазкур зичлик қайси ҳароратда  $\eta_6 = 70\%$  нисбий намликни ташкил этишини аниқлаш керак:  $\eta_6 = \frac{\rho}{\rho_{06}} \cdot 100\%$ , бу ерда:  $\rho_{06}$  — ўша  $t_1$  ҳароратда ҳавони тўйинтирувчи буғнинг зичлиги. Бундан:

$$\rho_{06} = \frac{\rho \cdot 100\%}{\eta_6} = \frac{8,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 100\%}{70\%} = 11,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Жадвалдан  $\rho_{06}$  га тўғри келган ҳароратни аниқлаймиз:  $t_6 = 13^\circ\text{C}$ . Ҳарорат  $\Delta t = t - t_6 = 3^\circ\text{C}$  га камайиши мумкин.

8.3. Ажратиб олинган тупроқ намунасини тортганда унинг массаси  $m_1 = 1,1 \text{ кг}$ , қуритилгандан кейин  $m_2 = 1,0 \text{ кг}$  чиқди. Тупроқнинг  $F$  намлигини аниқланг. Тупроқни зичлаштириш учун оптимал намлик 20% бўлса, тупроқдаги сув миқдори етарлими?

Эслатма: Тупроқнинг  $F$  намлиги деб унинг таркибидаги сув  $m$  массасининг қуруқ тупроқнинг  $M$  массасига нисбатига айтилади.

Ечилиши. Тупроқнинг намлиги таърифига кўра:

$$F = \frac{m}{M} \cdot 100\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\% = \\ = \frac{1,1 \text{ кг} - 1 \text{ кг}}{1 \text{ кг}} \cdot 100\% = 10\%.$$

Намлик оптимал намликдан кичик бўлгани учун тупроқдаги сув миқдори уни зичлаштириш учун етарли эмас.

8.4. Ажратиб олинган тупроқ намунасининг намлиги  $F = 10\%$  эканлиги маълум (8.3-масалага қаранг). Тупроқ қуритилганда массаси  $M = 6,2$  кг бўлган. Намунадаги сувнинг  $m$  массасини аниқланг.

Тупроқни етарлича зичлаштириш учун оптимал намлик  $F'_0 = 30\%$  бўлиши керак бўлса, намунага қанча сув массаси  $m_0$  қўшиш керак?

Ечилиши. Тупроқнинг намлиги таърифидан  $F = \frac{m}{M} \cdot 100\%$ .

Бундан  $m = \frac{F \cdot M}{100\%} = \frac{10\% \cdot 6,2 \text{ кг}}{100\%} = 0,62 \text{ кг}$ . Намунадаги сув массаси оптимал бўлиши учун ундаги сув массаси  $m_1 = \frac{F_0 M}{100\%} = \frac{30\% \cdot 6,2}{100\%} = 1,86 \text{ кг}$  бўлиши керак. Биобарин,  $m_0 = m_1 - m = 1,86 \text{ кг} - 0,62 \text{ кг} = 1,24 \text{ кг}$  миқдорда сув қўшиш керак.

8.5. Нима учун бино пойдевори устқурмадан нам ўтказмайдиган бирор материал (рубронд, тахта ва шунга ўхшаш) билан ажратилиши керак?

Ечилиши. Ердаги нам ғишт, бетон, пахса ва бошқалардаги капилляр найлар орқали бино деворига кўтарилмаслиги учун.

8.6. Агар ғиштдаги капилляр найлар диаметри  $d = 0,2$  мм тартибда бўлса, намлик ердан ғиштли бинонинг девори бўйлаб қанча  $h$  баландликка кўтарилади? Сувнинг зичлиги  $\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , сирт таранглик коэффициенти  $\sigma = 72,8 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$ .

Ечилиши. Суюқликнинг капилляр найлар бўйлаб кўтарилиш баландлиги  $h = 2\sigma/\rho g r$ , бу ерда  $r = d/2$  — капилляр най радиуси. Буни ўрнига қўйиб ҳисоблаймиз:

$$h = \frac{4\sigma}{\rho g d} = \frac{4 \cdot 72,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}}{10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \approx 14,86 \text{ см.}$$

## Мустақил ечиш учун масалалар

8.1. Ҳавонинг ҳарорати  $t=18^{\circ}\text{C}$  бўлганда нисбий намлиги  $\eta=62\%$  ни таъкил қилади. Бўяш ишларини амалга ошириш учун намлик  $\eta_0=70\%$  дан ошмаслиги зарур бўлса, ҳароратнинг  $\Delta t=4^{\circ}\text{C}$  га камайишига йўл қўйиш мумкинми? Ҳаводаги буғ миқдори ўзгармайди деб ҳисобланг. [Мумкин эмас.]

8.2. Хонанинг ҳажми  $V=80\text{ м}^3$ , қишда унда ҳарорат  $t=14^{\circ}\text{C}$  гача пасайиши маълум бўлса, гипс материаллари ишлатиш мумкинми?  $\rho$  абсолют намлик нимага тенг?

Хонадаги сув буғининг массаси  $m=0,6\text{ кг}$ .  $t=14^{\circ}\text{C}$  ҳароратда ҳавони тўйинтирувчи сув буғининг зичлиги:  $\rho_0=13,61 \cdot 10^{-3}\text{ кг/м}^3$ .

*Эслатма:* гипсдан ишланган материаллар ишлатилиши учун нисбий намлик  $\eta_0=60\%$  дан ошмаслиги зарур. [ $\rho = m/V = 7,5 \cdot 10^{-3}\text{ кг/м}^3$ ;  $\eta = \frac{m \cdot 100\%}{V \rho} = 55\%$ , демак, мумкин.]

8.3. Хонадаги нисбий намлик  $\eta=60\%$  дан юқори бўладиган ҳолларда қурилишга гипсдан ишланган материаллар ишлатиб бўлмайди. Ҳавонинг ҳарорати  $t=20^{\circ}\text{C}$  бўлса, шу нисбий намликда  $\rho$  абсолют намлик қанча бўлади? Хонанинг ҳажми  $V=74\text{ м}^3$  бўлса, ундаги сув буғларининг  $m$  массаси қанча?  $20^{\circ}\text{C}$  ҳароратда ҳавони тўйинтирувчи сув буғининг зичлиги  $\rho_0 = 17,54 \cdot 10^{-3}\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

$$\left[ \rho = \frac{\eta \rho_0}{100\%} = 10,53 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad m = \frac{\eta \rho_0}{100\%} \cdot V \approx 0,78\text{ кг}. \right]$$

8.4. Маиший термометр ёки ўқув термометри ёрдамида аудитория ёки уйнинг нисбий намлигини аниқланг. Бўяш ишларини амалга ошириш мумкинми?

*Эслатма.* Бўяш ишларини амалга ошириш учун нисбий намлик  $70\%$  дан ошмаслиги зарур.

8.5. Сувоқ қилинган сиртнинг намлигини аниқлаш учун  $m_1=50\text{ г}$  массали сувоқ қуритилди. Бунда унинг массаси  $m_2=46\text{ г}$  чиқди. Сиртнинг  $F$  намлигини ҳисобланг.

$$\left[ F = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\% \approx 8,3\% \right]$$

8.6. Агар сувоқ намлиги  $F=8\%$  ни таъкил этса, сувоқ қуриган ҳисобланади. Қуриган сувоқнинг ҳар бир

$m_1 = 1$  килограммида қанча  $\Delta m$  сув миқдори бор? [ $\Delta m = m_1 \left( 1 - \frac{100\%}{F + 100\%} \right) = 0,074$  кг.]

8.7. Бинонинг ғиштдан ишланган девори бўйлаб ердан намлик  $h = 12$  см баландликка кўтарилган бўлса, ғиштдаги капилляр найлар диаметри қанча? Сувнинг зичлиги  $\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , сирт таранглик коэффиценти  $\sigma = 72,8$  мН/м.

$$\left[ d = \frac{4\sigma}{h\rho g} \approx 0,24 \text{ мм.} \right]$$

8.8. Босма қоғозлар, рейкалар, кнопкалар, вазелин, сувли тарелка ёрдамида бинони намликдан муҳофаза қилишнинг таъсирини кузатиш бўйича тажриба ўтказинг.

8.9. Чизғич, сувли кенг идиш (намланган мато) ёрдамида ғишт ёки бетон бўлагидаги капилляр найлар диаметрини баҳоланг.

8.10. Мойловчи материал таркибида сув бўлмаслиги лозим. Мойда сув бор ёки йўқлигини аниқлаш учун қиздирилади. Агар мойда сув томчилари бўлса, нима учун у кўпиради? [Мой қиздирилганда ундаги сув томчилари буғ пуфакчалари ҳосил қилган ҳолда буғланиб кетади.]

8.11. Гидрофоб цемент сув билан ҳўлланмайди. Цемент қоришмаси тайёрлашда бундай цементдан қандай фойдаланилишини тушунтиринг.

[Гидрофоб цементнинг ҳар бир зарраси қобиқ билан ўралган. Қобиқ цементни ҳўллайди, лекин ўзи сув билан ҳўлланмайди. Цемент қоришмасини тайёрлашда цемент кум билан аралаштирилади. Кум зарраларининг ўткир қирралари қобиқни ёради ва шу туфайли цемент сув билан бирикади.]

8.12. Нима учун бўяладиган сиртлар олдин алифланади. [Сиртлар алифланганда жисмдаги капилляр найлар бекилади.]

8.13. Суюқ бўёқ таркибини текшириш учун унга ингичка тасма шаклида қирқилган филтёр қоғози туширилади. Бунда бўёқ таркибидаги ранглар қоғозга шимилиб, бўёқнинг таркибий қисмлари ҳар хил баландликка кўтарилади. Нима учун? [Бўёқ таркибига кирувчи суюқ моддаларнинг сирт таранглик коэффиценти турлича бўлгани учун.]

8.14. Пипетка ёрдамида изоплен, гулқоғоз, сақич, тахта, ғишт, бўялган ёғоч, бетон, сувоқ, тунука, шифер

сиртларига сув томизинг. Сув бу жисмларнинг қайси бирини ҳўллайди?

## 9. ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ МЕХАНИК ХОССАЛАРИ. ЖИСМЛАРНИНГ ИССИҚЛИҚДАН КЕНГАЙИШИ

9.1. Қаттиқ жисмлар деформацияси. Ташқи таъсир натижасида жисмларнинг шакли ёки ҳажмининг ўзгариши деформация деб аталади. Чўзилиш (ёки сиқилиш) деформацияси абсолют узайиш  $\Delta l = l - l_0$  ва нисбий узайиш  $\epsilon = \Delta l / l_0$  деб аталадиган катталиклар билан характерланади. Бу ифодаларда  $l_0$  — жисмнинг бошланғич узунлиги,  $l$  — охириги узунлиги.

Жисмга ташқи таъсир натижасида юзага келган  $F$  эластиклик кучи модулининг жисмнинг  $S$  кўндаланг кесими юзига нисбати билан аниқланадиган  $\sigma$  катталик кучланиши деб аталади:

$$\sigma = \frac{F}{S}. \quad (1)$$

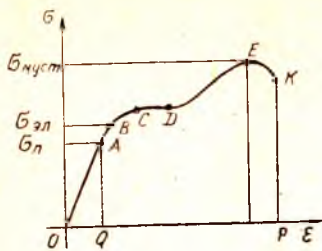
Тажрибалар деформация жуда оз бўлганда ( $\Delta l \ll l_0$ ) Гук қонуни ўринли бўлишини кўрсатади: кучланиш нисбий узайишга пропорционалдир, яъни

$$\sigma = E \frac{|\Delta l|}{l_0}. \quad (2)$$

$E$  пропорционаллик коэффициенти эластиклик модули ёки Юнг модули деб аталади. Юнг модули материалнинг эластик чўзилиш ёки сиқилишга қаршилик кўрсатиш қобилиятини ифодалайди. (2) ифодага (1) ни қўйиб,  $F = E \frac{S}{l_0} |\Delta l|$  ни оламиз.  $k = E \frac{S}{l_0}$  белгилашни киритсак,  $F = k |\Delta l|$  га келамиз. Бу ифода ҳам Гук қонунини беради.  $k$  — эластик жисмнинг бикрлиги деб аталади.

9.2. Мустаҳкамлик, мустаҳкамлик запаси. Тажриба натижаларига асосланиб, жисм  $\sigma$  кучланишининг  $\epsilon$  нисбий узайишга боғланиш графигини чизиш мумкин (45-расм). Бу график чўзилиш диаграммаси деб аталади. Деформация жуда кичик бўлганда Гук қонуни ўринлидир (диаграмманинг  $OA$  қисми). Гук қонуни тўғри бўладиган ҳолдаги энг катта  $\sigma_n$  кучланиш пропорционаллик чегараси деб аталади. Кучланишнинг кейинги ошишида Гук қонуни ўринли бўлмайди, лекин унча катта бўлмаган деформацияларда куч таъсири тўхтатилгандан кейин жисмнинг шакли ва ўлчамлари дастлабки





45-расм.

ҳолига келади (диаграмманинг  $AB$  қисми). Сезиларли қолдиқ деформациялар пайдо бўлмайдиган ҳолдаги энг катта  $\sigma_{эл}$  кучланиш *эластиклик чегараси* деб аталади. Кучланиш  $\sigma_{эл}$  дан ортиқ бўлган қолдиқ деформация юзага келади (диаграмманинг  $BC$  қисми). Куч таъсири тўхтатилгандан кейин йўқолмайдиган деформациялар

*пластик деформациялар* деб аталади.

Кучланишнинг диаграммадаги  $C$  нуқтага мос келадиган қийматида ташқи куч ортмаса ҳам узайиш ортаверади. Бу ҳодиса материалнинг *оқувчанлиги* дейилади. Кейинчалик деформация ортиши билан яна кучланиш орта боради (диаграмманинг  $DE$  қисми) ва  $E$  нуқтада энг катта қийматга эришади. Сўнгра кучланиш тез пасайиб, жисм емирилади (диаграммада  $K$  нуқта).  $E$  нуқтага мос келган кучланишнинг  $\sigma_{муст}$  қиймати *мустаҳкамлик чегараси* деб аталади.

Мустаҳкамлик чегарасининг йўл қўйиладиган  $\sigma_{йўл}$  кучланишдан неча марта катта эканлигини кўрсатадиган сон *мустаҳкамлик запасининг коэффиценти* деб аталади:

$$n = \frac{\sigma_{муст}}{\sigma_{йўл}}$$

**9.3. Жисмларнинг иссиқликдан кенгайиши.** Қаттиқ жисмлар иситилганда унинг атом ва молекулаларининг кинетик энергияси ортади ва улар мувозанат вазиятлари атрофида каттароқ амплитуда билан тебрана бошлайди. Бунда атом ва молекулалар орасидаги масофа ортади. Натижада жисмнинг чизиқли ўлчамлари ва ҳажми катталашади.

Тажрибаларнинг кўрсатишича, қаттиқ жисм чизиқли ўлчамларининг  $\Delta l$  ўзгариши ҳарорат ўзгариши  $\Delta t$  га ва жисмнинг бошланғич узунлиги  $l_0$  га пропорционал:  $\Delta l = \alpha l_0 \Delta t$ , бунда  $\alpha$  — пропорционаллик коэффиценти чизиқли кенгайиш коэффиценти деб аталади;  $\Delta l = l - l_0$ ;  $\Delta t = t - t_0$ . Бу коэффицент сон қиймати жиҳатидан жисмнинг  $1^\circ\text{C}$  иситилгандаги  $\Delta l/l_0$  нисбий узайишига тенгдир. Ҳарорат ўзгарганда жисм ҳажмининг  $\Delta V$  ўзгариши унинг бошланғич ҳажми  $V_0$  га ва ҳарорат ўзгариши  $\Delta t$  га пропорционал:  $\Delta V = V_0 \beta \Delta t$ .  $\beta$  ҳажмий кенга-

йиш коэффициенти чизиқли кенгайиш коэффициенти  $\alpha$  билан қуйидагича боғланган:  $\beta \approx 3\alpha$ .

### Масала ечиш намуналари

9.1.  $h = 20$  м баландликдаги ғишдан ишланган девор асосида қандай  $\sigma$  кучланиш юзага келади? Ғишнинг зичлиги  $\rho = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Ечилиши. Кучланиш таърифига кўра

$$\sigma = F/S, \quad (1)$$

бу ерда

$$F = mg = \rho Shg; \quad (2)$$

бунда  $S$  — девор асосининг юзи. (2) ни (1) га қўйсақ,

$$\sigma = \rho Shg/S = \rho gh = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м} \approx 3,5 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

9.2. Агар бетон устун бардош бера оладиган  $p$  босим (муштақкамлик чегараси) 10 МПа га тенг бўлса, унинг  $h$  баландлиги кўпи билан қанча бўлиши керак? Бетоннинг зичлигини  $\rho = 2200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  деб олинг.

Ечилиши. Босим таърифига кўра

$$p = F/S, \quad (1)$$

бу ерда  $F$  — сиртга таъсир қилувчи куч,  $S$  — сирт юзи (устун асосининг юзи). (1) дан:

$$F = p \cdot S. \quad (2)$$

Иккинчи томондан бетон устунга таъсир қилувчи  $F$  куч оғирлик кучидан иборат:

$$F = mg, \quad (3)$$

бу ерда  $m$  — устуннинг массаси бўлиб, уни зичлик ва устуннинг ҳажми орқали ифодалаш мумкин:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot Sh. \quad (4)$$

(4) ни (3) га қўйсақ,

$$F = \rho Shg \quad (5)$$

ни оламиз. (2) ва (5) ни тенглаймиз:  $\rho Shg = p \cdot S$ .

$$\text{Бундан: } h = \frac{p}{\rho g} = \frac{10 \cdot 10^6 \text{ Па}}{2200 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 455 \text{ м.}$$

9.3. Қурилишда турли ўлчамга ва ёғоч турига эга бўлган тахталар кўп ишлатилади. Қалинлиги  $a=50$  мм, кенглиги  $b=150$  мм ва узунлиги  $l_0=5$  м бўлган қарагай тахта учун бикрлик нимага тенг? Юнг модулини  $E=18000$  МПа деб олинг.

Ечилиши.  $E$  Юнг модули билан  $k$  бикрлик қуйидагича боғланган:  $k = \frac{SE}{l_0}$ , бу ерда  $l_0$  — тахтанинг узунлиги,  $S = ab$  — тахтанинг кўндаланг кесим юзи, қийматини ўрнига қўйсак,  $k = abE/l_0 = 0,05 \text{ м} \cdot 0,15 \text{ м} \cdot 1,8 \cdot 10^{10} \text{ Па}/6 \text{ м} = 22,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}$ .



46-расм.

9.4. Қалинлиги  $a=40$  мм, кенглиги  $b=100$  мм, узунлиги  $l_0=6$  м бўлган тилоғоч тахтасига  $F=10^5$  Н куч тола бўйлаб таъсир қилаётган бўлса (46-расм), у қанчага сиқилади? Ёғоч учун Юнг модулини  $14000$  МПа, зичликни  $\rho=670$  кг/м<sup>3</sup> деб олинг. Тахтанинг ўз оғирлиги туфайли сиқилишини: а) ҳисобга олманг; б) ҳисобга олинг.

Ечилиши. а) кучланиш таърифига кўра

$$\sigma = F/S. \quad (1)$$

Бунда

$$S = ab. \quad (2)$$

$S$  — тахта кўндаланг кесими юзи. Иккинчи томондан кучланиш нисбий узайишга пропорционал

$$\sigma = E(l - l_0)/l_0. \quad (3)$$

(1) ва (3) ни тенглаб, (2) ни ҳисобга олсак,  $F/ab = E(l - l_0)/l_0$  ни оламиз. Бундан:

$$l - l_0 = l_0 F/abE = 6 \text{ м} \cdot 10^5 \text{ Н}/0,04 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 1,4 \cdot 10^{10} \text{ Па} = 10,714 \text{ мм}.$$

б) тахтанинг ўз оғирлигини ҳисобга олсак,

$$l - l_0 = l_0 \left( F + \frac{P}{2} \right) / abE. \quad (1)$$

Бу ерда

$$P = mg \quad (2)$$

— тахтанинг оғирлиги.  $m = \rho V = \rho ab l_0$  ни ҳисобга олган ҳолда (2) ни (1) га қўйилса,  $l - l_0 = \frac{l_0}{E} \left( \frac{F}{ab} + \frac{l_0 \rho g}{2} \right)$

га келамиз. Бинобарин,  $l - l_0 = (6 \text{ м}/1,4 \cdot 10^{10} \text{ Па}) \times$   
 $\times \left( \frac{10^5 \text{ Н}}{0,04 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м}} + \frac{6 \text{ м} \cdot 670 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2}{2} \right) = 11 \text{ мм}.$

**9.5.** Бино девори асосида ва деворнинг юқори қисмидаги ғиштнинг мустаҳкамлиги бир хил бўлиши керакми?

Ечилиши. Бино асосидаги ғиштнинг мустаҳкамлиги юқори бўлиши керак.

**9.6.** Темир бетонли колонна  $F$  куч билан сиқилмоқда. Бетон учун Юнг модули  $E_6$  темирники  $E_T$  нинг  $\frac{1}{10}$  ни, темирнинг  $S_T$  кундаланг кесим юзи бетонники  $S_6$  нинг  $\frac{1}{20}$  ини ташкил қилади деб ҳисоблаб, бетонга кучнинг қандай қисми тўғри келиши ( $F_6/F$ ) ни топинг.

Ечилиши. Колонна бетон қисмининг кучланиши

$$\sigma_6 = F_6/S_6; \quad (1)$$

темир қисмининг кучланиши  $\sigma_T = F_T/S_T$ .  
 Иккинчи томондан

$$\sigma_6 = E_6 \Delta l/l_0; \quad (3)$$

$$\sigma_T = E_T \Delta l/l_0; \quad (4)$$

(1) ва (3) ни ҳамда (2) ва (4) ни тенглаб,

$$E_6 \Delta l/l_0 = F_6/S_6; \quad (5)$$

$$E_T \Delta l/l_0 = F_T/S_T \quad (6)$$

ларни оламиз. (5) дан:  $F_6 = E_6 \frac{\Delta l}{l_0} S_6$ . (6) дан:  $F_T =$

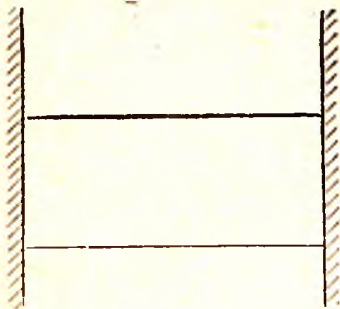
$$= E_T \frac{\Delta l}{l_0} S_T. F = F_6 + F_T \text{ экани равшан: } F = E_6 \frac{\Delta l}{l_0} S_6 +$$

$+ E_T \frac{\Delta l}{l_0} S_T$ . У ҳолда изланаётган катталик

$$\frac{F_6}{F} = E_6 \frac{\Delta l}{l_0} S_6 / \left( E_6 \frac{\Delta l}{l_0} S_6 + E_T \frac{\Delta l}{l_0} S_T \right)$$

ёки

$$\frac{F_6}{F} = \frac{1}{1 + \frac{E_T \cdot S_T}{E_6 S_6}} = \frac{1}{1 + \frac{10}{20}} = \frac{2}{3}.$$



47-расм.

9.7.  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  ҳароратда ҚП-140 маркали темир-бетон устун икки қўзғалмас таянчлар орасида горизонтал ҳолатда жойлашган (47-расм). Ҳарорат  $t = 20^\circ\text{C}$  гача кўтарилса, устун қандай куч билан таянчларга босади? Устуннинг кўндаланг кесим юзи  $S = 0,32\text{ м}^2$ . Конструкция учун Юнг модули  $E = 201\text{ ГПа}$ , чизиқли кенгайиш коэффи-

циентини  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  деб олинг.

Ечилиши. Кучланиш таърифига кўра

$$\sigma = F/S, \quad (1)$$

бунда  $F$  —  $S$  юзага таъсир қилувчи куч. Иккинчи томондан

$$\sigma = E \Delta l/l_0, \quad (2)$$

бу ерда  $\Delta l$  — конструкция исиганида узунлигининг ўзгариши.  $l = l_0(1 + \alpha \Delta t)$  бўлгани учун:

$$\Delta l = l_0 \alpha \Delta t. \quad (3)$$

(1) ни (2) га тенглаб, (3) ни ҳисобга олсак,

$$\frac{F}{S} = E \frac{l_0 \alpha \Delta t}{l_0} = E \alpha \Delta t.$$

Бундан

$$F = E \alpha \Delta t \cdot S.$$

Ҳисоблаймиз:  $F = 20 \cdot 10^9 \text{ Па} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 20^\circ\text{C} \cdot 0,32 \text{ м}^2 = 1,54 \cdot 10^6 \text{ Н}$ .

9.8. Нима учун қурилишда темир-бетон конструкциялар кенг ишлатилади?

Ечилиши. Темир ва бетоннинг иссиқликдан кенгайиш коэффицентлари бир хил бўлгани учун.

9.9. Гидрофоб (нам юқтирмайдиган) қўшимчалар қўшилган цементдан тайёрланган қоришмалар ва бетонлар нисбатан совуққа бардошли бўлади. Нима учун?

Ечилиши. Маълумки, муз совуқдан кенгайди.

Мазкур қўшимчалар бетон сиртида сув юқтирмайдиган юпқа пардалар ҳосил қилади ва бетон ёриқларига сув ўтишига йўл қўймайдн. Шунинг учун ёриқлардаги музнинг кенгайиши туфайли бетоннинг емирилиши олди олинади.

9.10.  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  ҳароратда кенглиги  $a = 1,0$  м, баландлиги  $b = 0,5$  м, узунлиги  $c = 1,18$  м бўлган Ф-20 типдаги пойдевор плитасининг ҳажми ҳарорат  $t = 30^\circ\text{C}$  гача кўтарилганда қанча  $\Delta V$  га ўзгаради? Бетоннинг чизиқли кенгайиш коэффициентини  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

Ечилиши.  $0^\circ\text{C}$  ҳароратда плитанинг ҳажми

$$V_0 = abc. \quad (1)$$

Ихтиёрий ҳароратда плитанинг ҳажми

$$V = V_0(1 + \beta \Delta t). \quad (2)$$

Бу ерда

$$\beta = 3\alpha \quad (3)$$

бўлиб, бетоннинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини.  $\Delta t = t - t_0$ . (1) ва (3) ни ҳисобга олсак,  $V = a \cdot b \cdot c(1 + 3\alpha \cdot \Delta t)$ , ёки  $\Delta V = V - V_0 = a \cdot b \cdot c \cdot 3\alpha \Delta t = 1,0 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 1,18 \text{ м} \cdot 3 \times 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \cdot 30 \text{ K} = 637,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ .

9.11. А-1 синфига мансуб арматуранинг диаметри  $d = 40$  мм. Арматура  $\Delta l = 8$  мм га узайиши учун унга қанча иссиқлик миқдори узатиш керак? Арматура моддасининг зичлиги  $\rho = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , иссиқликдан чизиқли кенгайиш коэффициенти  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ , солиштирма иссиқлик сизими  $c = 0,46 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

Ечилиши. Арматуранинг ихтиёрий ҳароратдаги узунлиги

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta t). \quad (1)$$

Бу ерда  $l_0$  — арматуранинг бошланғич узунлиги,  $\Delta t$  — ҳарорат ўзгариши (1) га кўра:

$$\Delta l = l - l_0 = l_0 \alpha \cdot \Delta t. \quad (2)$$

Жисмни иситишда узатилган  $Q$  иссиқлик миқдори

$$Q = cm \Delta t. \quad (3)$$

(3) ифодада  $m$  — иситилаётган жисм (арматура) нинг массаси. (3) дан  $\Delta t$  ҳарорат ўзгаришини топамиз:

$$\Delta t = \frac{Q}{cm}. \quad (4)$$

Арматуранинг  $m$  массасини унинг  $\rho$  зичлиги ва  $V$  ҳажми орқали ифодалаш мумкин:

$$m = \rho V. \quad (5)$$

$V = S \cdot l_0$  ни ҳисобга олсак, (5) ни қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$m = \rho S l_0. \quad (6)$$

(6) ни (4) га қўямиз:

$$\Delta t = \frac{Q}{c \rho S l_0}. \quad (7)$$

(7) ни (2) га қўямиз:

$$\Delta l = l_0 \alpha Q / c \rho S l_0.$$

Бу тенгламани  $Q$  га нисбатан ечиб,  $S = \pi d^2/4$  эканини ҳисобга олсак.  $Q = \Delta l c \rho S / \alpha = \Delta l c \rho \pi d^2/4 \alpha$  ни оламиз. Энди ҳисоблаймиз:  $Q = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 0,46 \cdot 10^3 \cdot 7800 \cdot 3,14 (40 \cdot 10^{-3})^2 / 4 \cdot 12 \times 10^{-6} \text{ Ж} \simeq 300 \cdot 10^3 \text{ Ж} \simeq 300 \text{ кЖ}$ .

**9.12.**  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  ҳароратда пўлат арматуранинг узунлиги  $l_0 = 6 \text{ м}$ .  $t_1 = 40^\circ\text{C}$  ҳароратда унинг  $l'$  узунлиги нимага тенг?  $t_2 = -30^\circ\text{C}$  даги  $l''$  узунлиги-чи? Пўлатнинг иссиқликдан чизиқли кенгайиш коэффициентини  $\alpha = 10,8 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  деб олинг.

Ечилиши. Қаттиқ жисмларнинг ихтиёрӣ ҳароратдаги узунлиги формуласига кўра:  $l' = l_0 (1 + \alpha \Delta t_1)$ . Бу ерда  $\Delta t_1 = t_1 - t_0 = 40^\circ\text{C}$ .  $l' = 6 \text{ м} \left( 1 + 10,8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 40^\circ\text{C} \right) \approx 6,0026 \text{ м}$ . Шунингдек  $l'' = l_0 (1 + \alpha \Delta t_2) = 6 \text{ м} \left( 1 - 10,8 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}} 30^\circ\text{C} \right) = 5,9981 \text{ м}$ .

**9.13.** 48-расмда пўлат арматура стержени чизиқли ўлчамлари ўзгаришининг ҳароратга боғланиш графиги берилган. Агар  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  ҳароратда стерженнинг узунлиги  $l_0 = 20 \text{ м}$  бўлса, графикдан арматура материалининг  $\alpha$  чизиқли кенгайиш коэффициентини аниқланг.

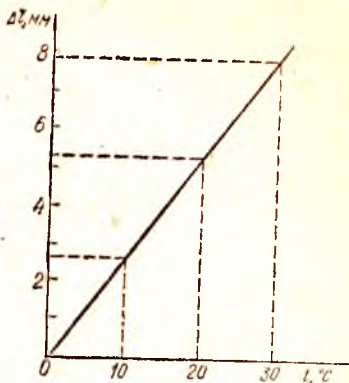
Ечилиши. Стерженнинг истаган  $t$  ҳароратдаги  $l$  узунлиги

$$l = l_0 (1 + \alpha t) \quad (1)$$

ифода билан аниқланади. Бу ерда  $l_0$  — стерженнинг  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  даги узунлиги,  $\alpha$  — чизикли кенгайиш коэффициентини.  $\Delta l = l - l_0$ ;  $\Delta t = t - t_0 = t$  ни ҳисобга олиб, (1) тенгламани

$$\alpha = \Delta l / l_0 t \quad (2)$$

кўринишда ёзиш мумкин. Графикдан, масалан,  $t = 20^\circ\text{C}$  бўлганда  $\Delta l = 5,2$  мм эканини аниқлаш мумкин. Мазкур қийматларни (2) тенгламага қўйиб,  $\alpha$  чизикли кенгайиш коэффициентини ҳисоблаймиз:



48-расм.

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 t} = \frac{5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{20 \text{ м} \cdot 20^\circ\text{C}} = 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

### Мустақил ечиш учун масалалар

**9.1.** Утказгичлар ва кабелларнинг кўндаланг кесим юзи  $6 \text{ мм}^2$  гача бўлган симлардан пластмассали изоляцияни олиб ташлаш учун ТК-1 маркали омбир (исканжа) ёрдамида изоляцияга бир вақтда термик ва механик таъсир кўрсатилади. Бу изоляция материалнинг қандай хоссаларига асосланган? [Изоляция материали аморф жисмдир. Аморф жисмлар иситилганда юмшайди ва уни симдан механик усул билан ажратиш осонлашади.]

**9.2.** КД-22 маркали темир-бетон устунининг бўйи  $a = 0,14$  м, эни  $b = 0,06$  м, баландлиги  $15,1$  м. Устуннинг массаси  $m = 18$  т бўлса, у пойдеворига қандай босим беради? [ $p = mg/ab \approx 21,4 \text{ МПа}$ .]

**9.3.** Баъзи бетон турлари учун йўл қўйиб бўладиган  $p$  босим  $5000$  кПа га тенг. Босим бундан кўпроқ бўлса, бетон конструкцияси емирилиши мумкин. Агар бетон устуннинг  $S$  кўндаланг кесим юзи  $1,6 \text{ м}^2$  га тенг бўлса, у қандай  $F$  кучга бардош бера олади? [ $F = p \cdot S = 8000$  кН.]

**9.4.** Москвадаги Останкино телеминораси пойдеворига ҳар бирининг  $S$  кесим юзи  $4,7 \text{ м}^2$  бўлган  $n = 10$  та «оёқлар» билан таянади. Миноранинг массаси  $m =$



=32000 т. Миноранинг пойдеворига  $p$  босими қанча?  
[ $p = mg/nS = 7 \text{ МПа.}$ ]

9.5. Тарози, чизғич ёрдамида ғиштнинг уч вазиятда горизонтал сиртга берадиган босимини (кучланишни) аниқланг.

9.6. Ғишдан ишланган девор асосидаги кучланиш  $\sigma = 1,8 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$  бўлса, унинг баландлиги қандай? Ғиштнинг зичлиги  $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$ . [ $h = \sigma/\rho g = 10 \text{ м.}$ ]

9.7. Қалинлиги  $a = 40 \text{ мм}$ , кенглиги  $b = 100 \text{ мм}$  ва узунлиги  $l_0 = 4 \text{ м}$  бўлган терак тахта учун  $k$  бикрлик нимага тенг? Юнг модулини  $E = 12,2 \cdot 10^9 \text{ МПа}$  деб олинг. [ $k = abE/l_0 = 12,2 \cdot 10^6 \text{ Н/м.}$ ]

9.8. Қалинлиги  $a = 40 \text{ мм}$ , кенглиги  $b = 100 \text{ мм}$ , узунлиги  $l_0 = 6 \text{ м}$  бўлган тахтага  $F = 10^5 \text{ Н}$  кучи тола бўйлаб таъсир қилаётган бўлса, у қанчага сиқилади. Ёғоч учун Юнг модулини  $E = 14000 \text{ МПа}$ , зичликни  $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$  деб олинг. Тахтанинг ўз оғирлиги туфайли сиқилишини: а) ҳисобга олманг; б) ҳисобга олинг. [а)  $l - l_0 = l_0 \frac{F}{abE} = 15 \text{ мм}$ ; б)  $l - l_0 = l_0(2F + abl_0\rho g)/2abE = 15,0072 \text{ мм.}$ ]

9.9. Темир-бетонли устун  $F$  куч билан сиқилмоқда. Кучнинг  $2/3$  қисми бетонга тўғри келиши керак бўлса, ишлатиладиган пўлат арматуранинг кўндаланг кесим юзи бетонникидан қанча марта ( $S_6/S_n$ ) кам бўлиши мумкин? Пўлатнинг ва бетоннинг Юнг модуллари мос равишда  $E_n = 200 \cdot 10^9 \text{ Па}$  ва  $E_6 = 20 \cdot 10^9 \text{ Па}$ . [ $\frac{S_6}{S_n} = \frac{F_6 E_n}{E_6 F_n} = 20.$ ]

9.10. Темир бетонли устун  $F$  куч билан сиқилмоқда. Кучнинг ярми бетонга тўғри келади деб ҳисоблаб, бетон ва пўлатнинг кўндаланг кесим юзларининг  $S_6/S_n$  нисбатини аниқланг. Пўлат ва бетоннинг Юнг модуллари мос равишда  $E_n = 200 \cdot 10^9 \text{ Па}$  ва  $E_6 = 20 \cdot 10^9 \text{ Па}$ . [ $S_6/S_n = E_n/F_6 = 10.$ ]

9.11. Силлиқ профилли А-1 синфига мансуб пўлат арматура стерженининг кўндаланг кесим диаметри  $d = 40 \text{ мм}$ .  $F = 6 \cdot 10^5 \text{ Н}$  куч билан сиқилганда нисбий қисқариш қанча бўлади? Пўлат учун Юнг модули  $E = 21 \times 10^{10} \text{ Па}$ . [ $\Delta l/l_0 = 4F/\pi d^2 E \simeq 0,002.$ ]

9.12.  $0^\circ\text{C}$  ҳароратда К-7 синфига мансуб  $d = 12 \text{ мм}$  диаметрли арматура икки қўзғалмас таянчлар орасида горизонтал ҳолатда жойлашган. Ҳарорат  $t = 24^\circ\text{C}$  гача кўтарилса, арматура қандай куч билан таянчларга бо-

сади? Арматура учун Юнг модули  $E = 18 \cdot 10^{10}$  Па, чизикли кенгайиш коэффициентлари  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ . [ $F = E \alpha \Delta t \pi d^2 / 4 = 5861$  Н.]

9.13.  $0^\circ\text{C}$  ҳароратда ВР-II синфига мансуб арматура икки қўзғалмас таянчлар орасида турибди (47-расмга қаранг). Ҳарорат  $t = 30^\circ\text{C}$  гача кўтарилса, арматура таянчларга қандай  $p$  босим беради? Арматура учун Юнг модули  $E = 20 \cdot 10^{10}$  Па, чизикли кенгайиш коэффициентлари  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ . [ $p = E \alpha \Delta t = 72 \cdot 10^8$  Па.]

9.14. Массаси  $m = 2,04$  бўлган ПҚ-58.12 шип (бостирма) панелининг узунлиги  $l_0 = 5,76$  м. Панель  $\Delta l = 10$  мм га узайиши учун унга қанча  $Q$  иссиқлик миқдори бериш керак? Панелга ишлатилган пўлатнинг массасини ҳисобга олманг. Бетоннинг иссиқликдан чизикли кенгайиш температура коэффициентлари  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ , солиштирма иссиқлик сифими  $c = 0,88 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ . [ $Q = cm \Delta l / l_0 \alpha = 260 \cdot 10^6$  Ж.]

9.15. Очиқ ҳавода қолган бетон конструкциялар кўпинча қиш кунлари емирилади. Нима учун? [Бетон ёриқларига кириб қолган сувнинг музлаши ва музнинг совуқдан кенгайиши туфайли.]

9.16. Узунлиги  $l_0 = 6$  м бўлган пўлат арматура иситилганда узунлиги  $\Delta l = 3$  мм ортгани маълум бўлса, ҳарорат қанча ўзгарганини аниқланг. Пўлатнинг иссиқликдан чизикли кенгайишининг ҳарорат коэффициентлари  $\alpha = 10,8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ . [ $\Delta t = \Delta l / \alpha l_0 \approx 46^\circ\text{C}$ .]

9.17.  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  да узунлиги бир хил бўлган пўлат арматура ва бетон плитанинг  $t = 40^\circ\text{C}$  даги узунликлари нисбатини аниқланг. Пўлатнинг ва бетоннинг иссиқликдан кенгайиш коэффициентлари мос равишда  $\alpha_n = 10,8 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  ва  $\alpha_6 = 11,0 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ . [ $l_n / l_0 = (1 + \alpha_n t) / (1 + \alpha_6 t) \approx 1$ .]

9.18.  $t = 0^\circ\text{C}$  да узунлиги бир хил бўлган пўлат арматура ва тахта чор қирранинг  $t = 40^\circ\text{C}$  даги узунликларини ва узунликлари ўзгаришини таққосланг. Пўлатнинг ва тахтанинг иссиқликдан чизикли кенгайиш коэффициентлари мос равишда  $\alpha_n = 10,8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  ва  $\alpha_m = 5,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ .

$$[l_n/l_m = (1 + \alpha_n t)/(1 + \alpha_m t) = 1,000216; \Delta l_n/\Delta l_m = \alpha_n/\alpha_m \simeq 2.]$$

9.19.  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  да узунликлари бир хил бўлган бетон ва мрамар плиталарнинг  $t = 40^\circ\text{C}$  да узунликлари ўзгаришини таққосланг. Бетон ва мрамарнинг иссиқликдан кенгайиш коэффициентлари мос равишда  $\alpha_6 = 11,0 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$  ва  $\alpha_m = 6,2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ .  $[\Delta l_6/\Delta l_m = \alpha_6/\alpha_m \simeq 1,8.]$

9.20. Массаси  $m = 2,71$  т бўлган ПК-58.15 шип панелининг узунлиги  $l_0 = 5,76$  м. Панелга  $Q = 200 \cdot 10^6$  Ж иссиқлик миқдори берилган бўлса, у қанча  $\Delta l$  масофага узаяди? Панелга ишлатилган пўлатнинг массасини ҳисобга олманг. Бетоннинг иссиқликдан чизиқли кенгайиш температура коэффициенти  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ , солиштирма иссиқлик сифими  $c = 0,88 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .  $[\Delta l = Ql_0\alpha/cm \approx 5,7 \text{ мм}.]$

9.21. Арматурани зўриқтириш усулларида бири — уни қиздириб таранглашдир. Узунлиги  $l_0 = 18,4$  м бўлган арматура стерженини  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  дан  $t = 200^\circ\text{C}$  гача қиздирганда у қанча ( $\Delta l$ ) чўзилади? Арматура материалнинг чизиқли кенгайиш коэффициенти  $\alpha = 0,13 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{К}}$  деб олинг.  $[\Delta l = \alpha l_0(t - t_0) = 48 \text{ мм}.]$

9.22. Бетон плитанинг  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  даги узунлиги  $l_0 = 1,18$  м бўлса, унинг ихтиёрий ҳароратдаги узунлигининг  $t$  ҳароратга боғланиш графигини чизинг. Бетоннинг иссиқликдан чизиқли кенгайиш коэффициенти  $\alpha = 0,12 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{К}}$ .

9.23. Қурилиш конструкциялари сифатида пўлат листлар қўлланилади.  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  да листнинг ўлчамлари  $a = 40$  мм,  $b = 2000$  мм,  $c = 8000$  мм. Ҳарорат  $t = 30^\circ\text{C}$  гача кўтарилса, унинг ҳажми қанча ўзгаради? Пўлатнинг иссиқликдан чизиқли кенгайиш коэффициенти  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ .  $[\Delta V = a \cdot b \cdot c \cdot 3\alpha(t - t_0) = 691,2 \text{ см}^3.]$

Материалларнинг зичлиги ва ўртача зичлиги, кг/м<sup>3</sup>

Материал	Зичлик	Ўртача зичлик
Гранит	2600—2800	2600—2700
Оҳактош	2400—2600	2100—2400
Сопол ғишт	2500—2600	1600—1900
Портландцемент	2900—3100	—
Оғир бетон	2600—2900	2200—2500
Керамзит бетон	800—1200	500—1800
Ғовак бетон	400—1100	250—800
Пенопласт	40—220	—
Чўян	6800—7700	—
Пулат	7500—7800	—
Еғоч	—	350—660
Тупроқ	1300—2000	
Оддий ғишт	1400—1600	
Ўтга чидамли ғишт	1700—2000	
Бўр	1800—2600	
Мармар	2600—2700	
Дераза ойнаси	2400—2700	
Шифер	2800	

Материалларнинг сочма зичлиги, кг/м<sup>3</sup>

Материал	Сочма зичлик	Материал	Сочма зичлик
Шағал	1500—1700	Портландцемент	1000—1400
Гранит шағал	1250—1550	Керамзит шағал	250—600
Оҳактош шағал	1200—1500	Қуруқ қум	1200—1650

Материалларнинг солиштирма иссиқлик сифимлари,  $\frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

Материал	Солиштирма иссиқлик сифими	Материал	Солиштирма иссиқлик сифими
Асфальт	0,92	Муз	2,09
Бетон	0,88	Бўр	0,88
Гипс	0,84—0,92	Мармар	0,92
Лой	0,84—1,05	Қум	0,79
Гранит	0,8	Резина	2,09
Дуб	2,39	Пўлат	0,50
Қора қарағай, қа- рағай	2,72	Дераза шишаси	9,67
Темир-бетон	0,8	Шифер	0,75
Тош	0,8	Чўян	0,54
Қизил ғишт	0,88	Алюминий	0,88
Силикат ғишт	0,84	Темир	0,44
		Кремний	0,68

Материалларнинг иссиқликдан чизиқли кенгайиш температура

коэффициенти  $\alpha, 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

Алюминий	23,8	Мармар	3—15
Пўлат	11—12	Дераза ойнаси	9,5
Чўян	10,0	Шифер	6—12
Оғир бетон	10—12	Ёғоч (тола бўйлаб)	2—6
Гранит	6—9	Ёғоч (толага кўн- даланг йўналиш- да)	50—60
Ғишт	3—9		
Муз	51		

Материалларнинг Юнг модули ( $t = 20^{\circ}\text{C}$  да) ГПа

Алюминий	70—71	Муз ( $t = -4^{\circ}\text{C}$ да)	10
Бетон	14,6—23,2	Мармар	56—73
Гранит	49	Пўлат	200—220
Дуралюмин	71	Шиша	50—60
Темир	190—210	Чўян	115—160
Ғишт	2,7—3,0		

1. И. М. Низамов. Задачи по физике с техническим содержанием, «Просвещение», М., 1980.
2. Б. Ҳабиллов. Иншоотлар динамикаси ва зилзилабардошлиги, «Ўқитувчи», Тошкент, 1988.
3. А. Ашрабов ва бошқ. Справочник строителя, «Меҳнат», Тошкент, 1987.
4. В. А. Золотов. Физикадан савол ва масалалар, «Ўқитувчи», Тошкент, 1977.
5. А. П. Римкевич, П. А. Римкевич. Физикадан масалалар тўплами, «Ўқитувчи», Т., 1986.
6. А. С. Енохович. Справочник по физике, «Просвещение», М., 1978.
7. С. У. Гончаренко, П. Н. Воловик. Физика, 9, «Просвещение», М., 1984.
8. С. А. Воробьёва ва бошқ. Справочник строителя, Каменные конструкции и их возведение. «Стройиздат», М., 1989.
9. М. П. Рязова таҳрири остида. Справочник строителя. Погрузочно-разгрузочные работы. «Стройиздат», М., 1988.
10. А. А. Смирнов, В. А. Додонов. Ручные машины для строительных работ, «Стройиздат», М., 1988.
11. В. В. Усанов. Физикадан масалалар тўплами. Қурувчилар учун, «Ўқитувчи», Тошкент, 1979.
12. В. И. Крюков. Эксплуатация электроустановок объектов жилищно-коммунального хозяйства. Справочник. «Стройиздат», М., 1989.

# МУНДАРИЖА

Сўз боши . . . . .

## I. МЕХАНИКА . . . . .

### 1. Кинематика . . . . .

Масала ечиш намуналари . . . . .

Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .

### 2. Динамика . . . . .

Масала ечиш намуналари . . . . .

Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .

### 3. Механик иш ва энергия. Механик энергиянинг сақла- ниш қонуни . . . . .

Масала ечиш намуналари . . . . .

Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .

### 4. Статика . . . . .

Масала ечиш намуналари . . . . .

Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .

## II. ГИДРО- ва АЭРОСТАТИКА . . . . .

### 5. Гидро- ва аэростатика . . . . .

Масала ечиш намуналари . . . . .

Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .

## III. МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА . . . . .

### 6. Молекуляр-кинетик назария. Газларнинг хоссалари . . . . .

Масала ечиш намуналари . . . . .

Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .

### 7. Термодинамика асослари . . . . .

Масала ечиш намуналари . . . . .

Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .

### 8. Моддалар агрегат ҳолатларининг ўзгариши . . . . .

Масала ечиш намуналари . . . . .

Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .

9. Қаттиқ жисмларнинг механик хоссалари. Жисмлар- нинг иссиқликдан кенгайиши . . . . .	95
Масала ечиш намуналари . . . . .	97
Мустақил ечиш учун масалалар . . . . .	103
<i>Илова</i> . . . . .	107
<i>Адабиёт</i> . . . . .	109



