

53
4-82

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

— Эрта мен билан бирга бопи,
уэр сурайсан ва минбаъд мушук қўйибсан,
хизмат этишга ваъда берасан. Сен бир кундан
мой мавқеъиз юрмаслигини лозим,— деб танин ту
— Менинг гапимга бир оз қулоқ солишингиз
райман,— дедим маъжусланиб, лекин танин унга
кизмаслигига ақлим етарди.— Ижтимоий моҳи
сиз мактабга нахизматларнинг ҳаммаси— факат
манд ва илмги кишиларга нахиз бўлишнинг парва
бағал ва илмсиэ одамлар эса ёлғиз жисмоний м
орқасида кун кўради. Шу одамлардан менинг
ортиқ жойим йўқ-ку, ота.

— Жисмоний меҳнат тўғрисида эса оқиниш...

ТОШКЕНТ
„ЎЗБЕКИСТОН“

1993

Бух. тиз. № 117

БИБЛИОТЕКА

№

11890

Тақризчилар — физика-математика фаилари 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 фаиларни ўқитишда тингловчиларнинг бўлажак мутахассислигини ҳисобга олиш физика ўқитиш методикасининг дол- зарб масалаларидан биридир. Мазкур қўлланма муаллифнинг шу йўналишдаги кўп йиллик изланишлари самарасидир.

Қўлланмада физикадан қурилиш мазмунига эга бўлган маса- лалар берилди. Уларнинг кўпчилиги янгитдан, баъзилари мижуд масалалар ҳоялари асосида муаллиф томонидан тузилган. Қўлла- нмадан методик адабиётларда баён қилинган қурилиш мазмунидаги масалалар ҳам ўрин олди.

Қўлланма олий ўқув юртларининг тайёрлов бўлимларида қури- лиш ихтисосликлари бўйича таҳсил олаётган тингловчилар учун мўлжалланган. Ундан ўрта мактаб ва ҳунар-техника билим юрт- лари ўқувчилари ва ўқитувчилари, ўрта махсус ўқув юртлари та- лабалари, элементар физика ва унинг татбиқи билан қизиқувчи кенг китобхонлар оммаси фойдаланиши мумкин. Қўлланма ёшлари ни касбга йўналтириш масалалари билан шуғулланувчи мутахас- сислар, олий ўқув юртларининг талабалари учун қизиқарли бўли- ши мумкин.

Исраилов А. А. Задачи по физике: Пособие
для слушателей подготовительных отделений ву-
зов.

ББК 22.3я729

М 282—93

Навоий номли Ўзбекистон Республикаси
давлат-кутубхонаси.

И 1604000000—50 13—93
М 351 (04)—93

© «ЎЗБЕКИСТОН» нашриёти, 1993.

Физика ўқитиш услубиётининг долзарб масалала- ридан бири ўқувчининг бўлажак мутахассислигини ҳи- собга олишдир. Бу эса бир неча усуллар билан амалга оширилиши мумкин. Масалан: 1) физиканинг бўлажак мутахассис учун энг муҳим бўлимларини чуқурроқ ўр- натиш. Бўлажак энергетиклар эътиборини электр ва магнитизм бўлимига, химик инженерлар эътиборини молекуляр физика, атом физикаси бўлимларига, элек- троник, ёруғликнинг кимёвий таъсири мавзуларига кўп- инча жўло қилиш муҳимдир; 2) физика ўқитиш жараё- нидан иш дастури чегарасидан чиқмаган ҳолда бўлажак мутахассислик элементларини баён қилиб бориш ва билишлар.

Мазкур қўлланма муаллифнинг Тошкент политех- ника институтини таъбилов бўлимида қурилиш ихтисос- ликлари бўйича таҳсил олаётган тингловчиларга амалий мавзулар учун ўқув қўлланмаси яратиш борасидаги изланишлари самарасидир. Бунда у физика дарслари- да қурувчилар касби элементларини баён қилиб бориш- ни мақсад қилиб қўйган. Қўлланмадан қурилиш маз- мунидаги масалалар ўрин олган.

Қурилиш мазмунидаги масалалар физикадан маса- лалар ечилишга қўйиладиган барча талабларга жавоб беради. Шу билан бирга улардан яна қуйидагича фой- даланиши мумкин:

1) ўқувчиларни қурилиш материаллари ва улар- нинг физик хоссалари, қурилиш асбоб-ускуналари, ме- ханизмлари ишлаш принциплари, техник кўрсаткич- лари, қурилиш хавфсизлик техникаси қондалари билан таништириш; 2) қурилиш ихтисоди элементларини ўр- натиш; 3) ўқувчиларни касбга йўналтириш ва унга дохир қўйишларига эришиш; 4) физиканинг табиат,

турмуш, саноат билан боғланишини кўрсатиш п
казо.

Масалалар қийинлик даражаси ошиб боради
тартибда жойлаштирилди.

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

Ҳар бир боб бўлимларга бўлинган бўлиб, бўлим қ
қача назарий материал ва масала ечиш намуналар
билан таъминланган. Шундан кейин мустақил ечи
учун масалалар келтирилган. Жавобларнинг ҳам анал
литик кўринишда, ҳам сон қиймати кўринишида берил
лиши олинган жавобни ҳисоб-китоб ишларини бажариш
май туриб текширишга ва китобхон вақтини тежаш
имкон беради.

Қўлланма қўлёзмаси билан атрофлича танини
билдирилган қимматли фикр мулоҳазалар учун соб
Тошкент политехника институти Олий ўқув юртлари
тайёрлаш ва касбга йўналтириш бўлими «Умумий т
лим фанлари» кафедраси жамоасига, Тошкент да
дорилфунуни физика куллийети катта ўқитувчиси физ
ка-математика фанлари номзоди А. С. Раҳматов
профессорлар У. Абдурахмонов, Э. Назировга муш
лиф чуқур миннатдорчилик изҳор қилади.

Муалли

Физика — дегинча фюзис сўзидан олинган бўлиб, шундан деган маънони билдиради. Физика табиат ҳақиқатини ўрганади. У жонсиз материянинг ҳаракати билан шундан деган ҳодисаларни ўрганади.

I. МЕХАНИКА

Механика физиканинг материя ҳаракатининг энг оддий ҳодисаларини, яъни жисмларнинг ёки жисмларнинг бир-бирига нисбатан вазиятларининг ўзгаришларини ўрганадиган қисми.

Механиканинг асосий вазифаси — бошланғич шартлар (бошланғич координата, бошланғич тезлик) билан берилганда, жисмнинг исталган пайтдаги вазиятини ҳисоблашдир.

1. Кинематика

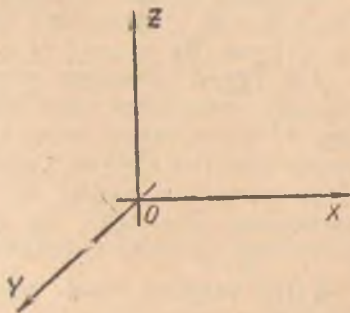
Кинематика жисмларнинг ҳаракатини бу ҳаракатни таъминловчи сабаблар билан боғламаган ҳолда ўрганади.

1.1. Санокъ системаси. Механик ҳаракатни тасвирлаш учун ҳаракатни қайси жисмга нисбатан қаралаётганини аниқлаш керак. Бу жисм *санокъ жисми* деб аталади.

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

Санокъ жисми, унга боғланган координата системаси ва вақтни ҳисоблаш усули биргаликда *санокъ системаси* деб аталади.

2. Моддий нуқта. *Векторий. Босиб ўтилган. Қўччи.* Ҳаракатнинг муайян шароитида жисмларнинг ҳисобга олиниши мумкин бўлган *моддий нуқта* деб аталади. Жисмнинг моддий

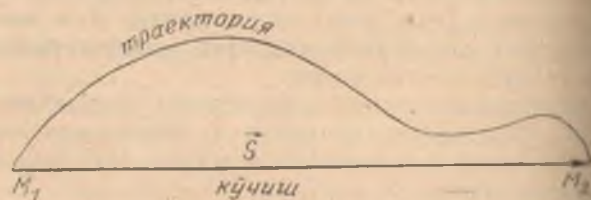


1-расм.

нуқта деб ҳисоблаш мумкин бўлган ҳолларда жисмнинг ҳаракати ўрнига унинг битта нуқтасининг кинематикини текшириш kifойадир.

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

Траекториянинг узунлиги *босиб ўтилган йўл* аталади.



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 координатларини аниқлаш учун унинг кўчишини билиш керак. Жисмнинг бошланғич ва охириги вазиятларини бирлаштиришчи йўналган кесма $\vec{s}$ *кўчиш* деб аталади (2-расмга қarang). Кўчиш вектор катталиқдир.

Бирликларнинг халқаро системасида (СИ системасида) босиб ўтилган йўл ва кўчиш метр билан ўлчалади: $[s] = \text{м}$. 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 катталиқ киритилган.

Тўғри чизиқли текис ҳаракатнинг $\vec{v}$ *тезлиги* деб аталади. $\vec{v}$ кўчишининг шу кўчиш юз берган t вақтга нисбатига тенг бўлади:

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

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

$$|v| = \frac{|s|}{|t|} = \frac{m}{c}.$$

Бир җ рақий жисм ҳаракати йўналишида олсак, тўғри
ҳаракат қилаётган жисмнинг исталган
вақтнинг координатаси

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

Бунда x_0 — жисмнинг бош-
ланғич координатаси, v — тезликнинг x ўқиға прое-
кцияси. (1.2) формулада $x_0 = 2$ м, $v = 1,5 \frac{m}{c}$ бўлсин. Нуқта-
нинг 0, 2, 4 с, ... вақтлар ичидаги вазиятини ҳи-
собламак ва жадвалга ёзамиз:

t, c	0	2	4	6	8	10
x, m	2	5	8	11	14	17

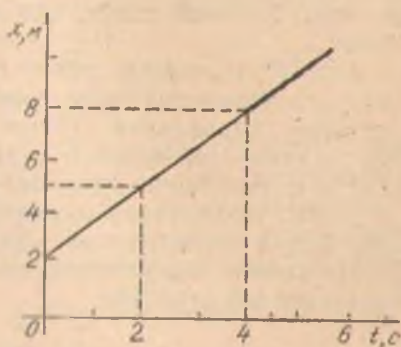
Ҳисобларга ўқларида x координатанинг t вақтга
қараганда графигини чизамиз (3-расм).

Графигининг t ўқиға α қиялиги v тезликнинг қийма-
ти билан:

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

Тўғри чизикли те-
з ҳаракатда тезлик
вақт ўтishi билан
оғирмайди. Шунинг
билан тезликнинг вақт-
га бўлган графиги
тўғри чизик билан
параллел бўлади.

Айни бир жисмнинг
орнатилиш бир-бирига
нисбатан ҳаракат қи-
лиши турли санақ
системаларига нисба-



3 расм.

тан текширишга тўғри келади. Тажриба ва ҳисоблар
тезликларни қўшиш қоидаси ўриштирилган эканини кўрсатди.
жисмнинг қўзғалмас санақ системасига нисбатан
лиги жисмнинг ҳаракатланувчи санақ системасига
нисбатан v_1 тезлиги билан ҳаракатланувчи санақ системасига
нинг қўзғалмас системага нисбатан v_2 тезлиги билан ҳаракатланувчи санақ системасига
геометрик йиғиндисига тенг:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2.$$

Бундан қуйидаги хулосалар келиб чиқади: жисм турли sanoq системаларига нисбатан вазияти, тўғри келиши, 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 катталик фойдаланилади.

Жисмниг ҳамма кўчишлари s ни шу кўчишлар юлган ҳамма вақт t га нисбати *ўртача тезлик* деб атади.

$$\vec{v}_{yp} = \frac{\vec{s}}{t}, \quad \vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \dots$$

Жисмининг муайян пайтдаги ёки ҳаракат траекториясининг маълум нуқтасидаги тезлиги **оний тезлик** дейилади. Оний тезликни аниқлаш формуласи:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_{yp} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t};$$

Бу ерда v — оний тезлик, Δs — кичик Δt вақт ичи
кўчиш.

1.5. *Тўғри чизиқли текис тезланувчи ҳаракат.* 11
 кис ҳаракатнинг энг содда тури тўғри чизиқли текис
 ланувчан ҳаракатдир. Тўғри чизиқли текис тезла
 чан ҳаракат деб шундай ҳаракатга айтиладики, б
 тенг вақтлар ичида жисм тезлиги бир хил ўзгари

Текис тезланувчан ҳаракат тезланиш деган ифода билан ифодаланади. Ҳаракатдаги жисмнинг тезланиши a ўзгаришининг шу ўзгариш юз берган t вақтга нисбатан қандай ўзгаришига тенг бўлади:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{\Delta \vec{v}}{t},$$

бу ерда $\vec{v}_0$ — тезданиши, $\vec{v}_0, \vec{v}$ — жисмнинг бошланғич ва ҳозир тезданишлари. Тезданиши вектор катталиқдир. Унинг тезданиши тездан тезданишининг йўналиши билан мос тушади. Тезданиши м/с^2 билан ўлчанади:

$$|a| = \frac{|v - v_0|}{t} = \frac{\text{м/с}}{\text{с}} = \text{м/с}^2.$$

1.7.10-а бўра тезданишнинг ихтиёрий пайтдаги қиймати:

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

1.7.10-а бўра тезданиши ўқнинг ҳаракат траекторияси бўйлаб проекцияси, (1.8)нинг бу ўққа проекцияси

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

қариндошлана боради, $a > 0$ бўлганда (1.9) тенглама тезланувчан ҳаракатни, $a < 0$ бўлганда секинланувчан ҳаракатни беради. Лекин механикада секинланувчан ҳаракатнинг манфий тезланиш билан содир бўладиган тезланувчан ҳаракат сифатида қаралади.

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.

1.7.10-а бўра тезданиши ихтиёрий вақтдаги координатаси

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

1.7.10-а бўра тезданиши бошланғич координата.

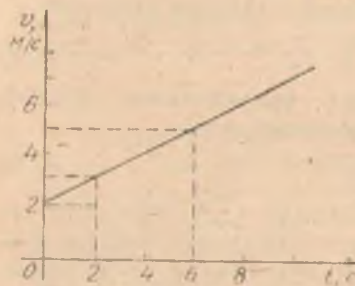
Тезланувчан ҳаракатда кўчиш билан тезлик ўзариси ўртасидаги боғланиш:

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

1.7.10-а бўра тезданиши текис тезланувчан ҳаракат қилаётган жисмнинг ихтиёрий пайтдаги тезлиги катталиги (1.9) ифода билан аниқланишини биламиз. Тезликнинг вақтга боғланиш графигини чизиш учун v_0 бошланғич тезлик ва a тезланишга бирор қийматлар берамиз: $v_0 = 10 \text{ м/с}$, $a = 0.5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, у ҳолда (1.9) ифода асосида қуйидаги тезликнинг тушиш 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 *фазо*
Ернинг тортишиш таъсирида ҳаракатланиши *эркин тушиш* деб аталади. Эркин тушиш тўғрисида қисқача маълумот бериш мақсади билан, қисқача текис тезланиш ҳаракатининг хусусий хусусиятларидир. Ўлчаш ва ҳисобlash тишлар эркин тушиш таъсирида ланиши барча жисмлар учун бир хил бўлиб, вертикал пастга йўналишдаги ҳаракатнинг унинг қиймати $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

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 вақти Δt вақтга нисбати ω *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 сонини ν *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 нуқтага Δl ёл узунлигининг шу ёйни ўтиш учун кетган вақтга нисбати v *чиққиқли тезлик* деб аталади:

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

Айлана тезлик, бурчак тезлик ва айлананинг R радиуси ўртосида боғланиш мавжуд:

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

Айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган жисм тез-ликнинг катталиги ўзгармайди. Лекин тезлик вектори-ни айлананинг муқтасил ўзгаради. Бинобарин, бундай ҳаракатга тизиланиш мавжуд. Бу тезланиш моддий нуқтага радиус-вектор бўйлаб айлана маркази томон қаратилган. Шунинг учун бу тезланиш *марказги интилма* тезланиш деб аталади.

Марказги интилма тезланиш қўйидаги ифодалар билан ифодаланади:

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

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

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

Масала ечиш намуналари

1.1. Қўйидаги мисолларнинг қайси бирида ўрганила- турган жисмни моддий нуқта деб қабул қилиш мумкин: 1) автобусер олинанинг тупроққа босими аниқланмоқда; 2) автобус бастирмани горизонтал ҳолатда бирор ба- лансаникка қўтаришда бажарилган иш ҳисобланмоқда; 3) олинга бастирма билан уй шипи ёпилмоқда; 4) юк автомобил билан қурилиш материаллари бир шаҳар- дан иккинчи шаҳарга ташилмоқда.

Ҳақиқатини 2) ва 4) мисолларда жисмнинг ўлчам- ларини ҳисобга олмаслик ва шунинг учун жисмларни нуқта деб қараш мумкин.

1.2. 100 400 минерали кран юкни қўзғалувчан блок бўлинида $h=12$ м баландга кўтаради. Юкнинг s кўчи- ши нисбатан қанча? Чигир барабанига қандай l узунлик- таги тире ўрланади?

Ҳақиқатини. Юкнинг s кўчиши катталиги юк кў- тарилган баландликига тенг: $s=h=12$ м. Юк қўзғалув-

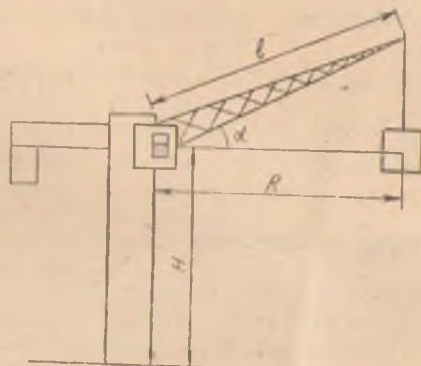
чан блок ёрдамида кўтарилгани учун $l = 2 \cdot s = 2 \cdot 12 \text{ м} = 24 \text{ м}$.

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

Е ч и л и ш и. 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.

Е ч и л и ш и. 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:

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{H^2 + s_1^2} = \sqrt{H^2 + \left(2l \cos \alpha \sin \frac{\varphi}{2}\right)^2} = \\ &= \sqrt{169 \text{ м}^2 + (2 \cdot 30 \text{ м} \cdot \cos 30^\circ \sin 45^\circ)^2} \approx 39 \text{ м}. \end{aligned}$$

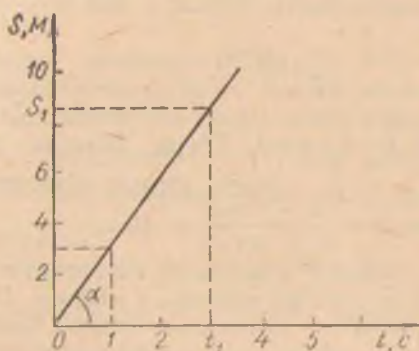
Юк босиб ўтган йўл вертикал йўналишдаги H кўчиш

Иккинчи горизонтал текисликда юк чизган ёй узунлигига тенг:

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

1.5. 7-расмда КБ-2А электр арава ёқиб ўтган йўлнинг нақшга боғланиш графиги берилган. Бу қандай ҳаракат? Араванинг v тезлигини аниқланг.

Ечилиши. Боёқиб ўтилган йўл нақшга чизиқли боғланган. Шунинг учун график текис ҳаракатга тегишлидир. Тезлик куйдаги 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 $v=0,33 \text{ м/с}$ тезлик билан кўтармоқда. Кран триси 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 $v_1=8,3 \text{ см/с}$ тезлик билан $t=18 \text{ с}$ вақт давомида силжиди. Шу вақтнинг ўзида юк кран бўйлаб $v_2=20 \text{ м/мин}$ тезлик билан силжитилди. Краннинг s_1 кўчиши қанча? Юк кран бўйлаб қандай s_2 масофага кўчади? Ерга бириктирилган санок 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 сано 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 чизиqli 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 автомобилини 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 эпицентридан $s = 100 \text{ км}$ 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 кўтаради?

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

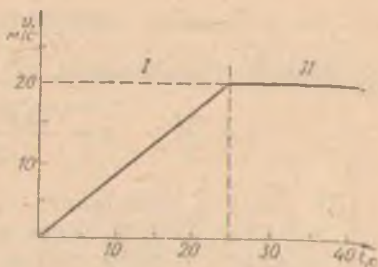
$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{v}{t} = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}} / 3 \text{ с} = 0,2 \text{ м/с}^2.$$

1.13. 8- расмда

ГАЗ-52-04 юк автомобил 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 $t_2 = 10 \text{ мин}$ давомида ўтилган s_1 ва s_2 йўлларни ҳисобланг. Автомобилнинг энг катта тезлигини км/соат билан ифодаланг.

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



8-расм.

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

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

Графикнинг иккинчи қисмида автомобиль текис ҳаракат қилади: $s_2 = s_1 + v(t_2 - t_1) = 250 \text{ м} + 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} (600 \text{ с} - 25 \text{ с}) = 11750 \text{ м}$. 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 юкларини 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:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

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

$$a = -v_0/t,$$

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:

$$h = \frac{v_0^2}{2g}.$$

Бу ерда $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ эркин тушиш тезланиши. (1) дан:

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

1.10. Минерал кран $t = 3,1$ с ичида юкни қўзғатиб, энг тезлигини $v = 0,68 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ гача етказди. Бу вақт ичида қандай h баландликка кўтарилади? Кран троси узлиб, юк қанча t вақтда тушади?

Ечилиши. Координата бошини юкнинг турган назиятга 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

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

(1) ни (2) га қўйсак,

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

(2) юк ерга тушган вақтда (9-расмга кўра) қаранг) $y_2 = 0$. (3) юкнинг иккинчи томондан трос узилгач, юкнинг ҳаракат қилиб, тўхтади, кейин юкнинг ҳаракат қилади. Ҳаракат тенгламаси

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

бу ерда $y_2 = 0$ бўлишида ёзилади. (3) ни (4) га қўйиб, ҳосил бўлган тенгламани $5\tau^2 - 0,68\tau - 1 = 0$ кўринишида ёзиш мумкин. Ундан $\tau = (0,68 \pm \sqrt{(0,68)^2 + 4 \cdot 5 \cdot 1})/10 \text{ с}$; $\tau = 0,52 \text{ с}$. 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 чиндилари отилиб чиқиши маълум бўлса, хавфсизлик учун бинно пойдеворидан камида қандай s масофада патилиши керак?

Ечилиши. Қурилиш чиндилари горизонтал йўналишда текис ҳаракат қилади. Шунинг учун:

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

Унда t — ҳаракат вақти.



9-расм.



Вертикал йўналишдаги ҳаракат эркин тушишдаги ҳаракатга тенг. Бу ҳаракатнинг теңрақлиги шундан кўра:

$$h = \frac{gt^2}{2}$$

(2) дан:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

(3) ни (1) га қўйиб, изланаётган катталиқ учун:

$$s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad \text{ифодани ҳосил қиламиз:}$$

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

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

Ечилиши. Дискнинг айланиш даври $T = \frac{1}{\nu}$

$$= \frac{1}{550 \frac{1}{\text{мин}}} \approx 0,11 \text{ с.}$$

Бурчак тезлик: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu = 2 \cdot 3,14 \cdot 550 \frac{1}{\text{мин}}$

$$\times 9,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}} = 57,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Чизиқли тезлик: $v = \omega \cdot R = 57,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \times 0,4 \text{ м} = 23,12 \text{ м/с}.$

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 ω бурчак тезлиги нимага тенг?

Ечилиши. Бурчак тезлиги ҳисоблаймиз: $\omega = 2\pi \nu$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,025 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \approx 0,16 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Бурчак тезлик таърифидан кўра: $\omega = \frac{\varphi}{t}$. Бундан: $t = \frac{\varphi}{\omega} = \frac{\pi}{2 \cdot 2\pi \nu} = \frac{1}{4\nu} = \frac{1}{4 \times 0,025 \frac{1}{\text{с}}} = 10 \text{ с}.$

1.20. Полга ўрнатилган силлиқловчи дастгоҳ шпинделнинг бурчак тезлиги $\omega = 3200 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Агар шпиндел

айланишмаган бўлса, полга таъсир қилувчи даврий куч частотаси ν нимага тенг?

Ечилиши. Айлана бўйлаб ҳаракатда бурчак тезлик ω 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 $t = 0,83 \text{ мин}$ да $\varphi = 90^\circ$ га бурилса, унинг платформаси айланишининг ν 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 $\nu = 0,025 \frac{1}{\text{с}}$ бўлса, кран стреласи узунлиги $l = 30 \text{ м}$ ва горизонтал ҳолатда бўлса, илмоқнинг v чизиқли тезлиги нимага тенг?

Ечилиши. Айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган илмоқнинг чизиқли тезлиги айланиш частотаси ν ва илмоқнинг 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 ўрганилган жисмни моддий нуқта деб қабул қилиш мумкин:

- 1) уй девори учун ғишт терилмоқда;
- 2) битта ғиштни ер сиртидан бинонинг 4-қаватига олиб чиқиш учун сарфланадиган энергия ҳисобланмоқда;
- 3) бетон плита автомобиль кузови платформасининг ичидан қандай юзасини эгаллаши ҳисобланмоқда. [2- мисолда.]

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

1.3. Минорали кран юкни қўзғалувчан блок ёрдадан юқорига кўтармоқда. Бунда чиғир барабанига

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

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

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

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

1.6. КБ-406 минорали кран ёрдамида юкни қўзғалувчан блок ёрдамида кўтараяётганда кран троси чийиб 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? $[v_2 = \frac{v_1}{2} = 0,19 \text{ м/с}; t = h/v_2 = 63,2 \text{ с.}]$

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

1.8. Уй қуриш комбинати билан қурилиш объектлари 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 туширишнинг ҳаммаси бўлиб $t=1$ соат сарф бўлади деб ҳисоблаб $[v=2n \cdot s / (T-t) = 51,6 \text{ км/соат} \approx 14,3 \text{ м/с.}]$

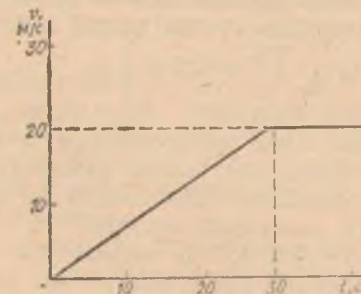
1.9. Агар бирор пунктдан зилзиланинг «ўтиб кетиши» ва «қайтиши» ўртасида ўтган вақт $\Delta t=32$ с бўлса, зилзила маркази пунктдан қандай l масофада жойлашган? Зилзила ҳосил қилган бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг тезликлари мос равишда $v_1=7,8$ км/с ва $v_2=4,6$ км/с. $[l = \Delta t / (\frac{1}{v_2}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

1.10. Зилзила ҳосил қилган бўйлама ва кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезликлари мос равишда $v_1=7,8$ км/с ва $v_2=4,6$ км/с.

$v_1=7,8$ км/с ва $v_2=4,6$ км/с. Зилзила ўчоғи пунктдан 200 км масофада жойлашган бўлса, бу тўлқинларнинг пунктга етиб келиши орасидаги Δt вақтини аниқланг. $[\Delta t = t_1 - t_2 = 15 \text{ с.}]$

1.11. Минорали кран қанча t вақт давомида юкни қўзғалувчан блок ёрдамида кўтараяётганда кран троси чийиб 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? $[v_2 = \frac{v_1}{2} = 0,19 \text{ м/с}; t = h/v_2 = 63,2 \text{ с.}]$

1.12. Зил-120-76 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 АЗ-608В эгарли шапакчи автомобили (селиний 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. Қурилиш юкларини ташишда қўлланиладиган АЗ-53А автомобили энг катта $v=80 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$ тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормоз системаси ишга туширилганда у $t=92$ м йўл ўтиб тўхтади. Автомобиль қандай a тезланиш билан ҳаракат қилган? У қанча t вақтда тўхтаган? $[a = \frac{v^2}{2s} = 2,7 \text{ м/с}^2; t = \sqrt{2s/a} = 8,3 \text{ с.}]$

1.15. СО-115 бўёқчилик станцияси бўёқ моддасига юқориға йўналган $v_0=29$ м/с тезлик бериши мумкин. Ишқаланишни ҳисобга олмганда бўёқ моддаси қанча h баландликка етказиб берилади? $[h = v_0^2 / 2g = 42,9 \text{ м.}]$

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

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 ўрнатишга бўлса, энг юқори қаватдан қурилиш чиқиндилари 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 узилаётган юк горизонтал йўналишда $v=0,4$ м/с тезлик билан ҳаракат қилиши мумкин бўлса, хавфсизлик зонасининг радиуси камида қанча бўлиши керак? Кўтарилаётган юк бир жипсли юкларнинг энг катта ўлчамини $l=4$ м дора

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 ν частотасини, ω бурчак тезлигини ва φ бурчак $=180^\circ$ га бурилиши учун қанча t вақт сарф бўлиши ҳисобланг. $\left[\nu = \frac{1}{T} = 0,025 \frac{1}{\text{с}}; \omega = \frac{2\pi}{T} = 0,16 \text{ рад/с}; t = \varphi/\omega = 19,6 \text{ с.} \right]$

1.21. Бетон сиртларни силлиқловчи машина СО-

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

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

1.23. Чунки бетон ва бошқа қаттиқ материалларни қотишмадан қаттиқ қотишмалардан тайёрланган пластмасса парма (бурги)лардан фойдаланилади. Парманинг кесувчи қисми қандай турдаги ҳаракатларда ишлатилган?

2. ДИНАМИКА

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

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

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

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

Жисмларнинг тинч ёки тўғри чизиқли ҳаракат ҳолатини сақлаш хоссаси **инертлик** деб аталади. Илгариланма ҳаракат қилаётган жисмнинг инертлик хоссасини фойдаловчи катталик **масса** деб аталади. Бир килонинг халқаро системасида массанинг ўлчови килограмм (қисқача кг) қабул қилинган. Ўлчов ва тарозиларнинг халқаро бюросида сақланган ва иридий ҳамда платина қотишмасидан тайёрланган цилиндрнинг массаси — 1 кг.

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

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

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

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

(1) ифода Ньютоннинг иккинчи қонунидан иборат. (1) ифодада $\vec{F}$ кучнинг таъсирига қўйилган жисмнинг тезланиши $\vec{a}$ билан боғлиқ бўлади.

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

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

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

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 м/с² тезланиш берадиган кучдир.

2.4. *Ньютоннинг учинчи қонуни*. Икки жисм ўзаро таъсир қилганида тажрибалар қуйидаги муносабатни кўрсатади:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Бу ерда m_1, a_1 — жисмлардан бирининг массаси ва тезланиши, m_2, a_2 — иккинчи жисмнинг массаси ва тезланиши. Шу билан бирга, жисмларнинг таъсирини қарама-қарши.

У ҳолда (1) ни вектор кўриш билан ёзиш мумкин:

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

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

(3) ифода ўзаро таъсир табиатига боғлиқ эмас. Ньютоннинг 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 қисқартиб, (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 чизиqli бўлиб йўналган, абсолют қийматлари тенг ва йўналиши қарама-қарши бўлган кучлар билан таъсир қилади.

2.5. *Бутун олам тортишиш қонуни*. *Оғирлик кучи*. Қонундаги массага эга бўлган барча жисмларнинг бир-бирига тортишиши *бутун олам тортишиши* деб аталади. 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 пропорционал, улар орасидаги R масофанинг квадратига тескари пропорционал F_T куч билан бир-бирига тортилади:

$$F_T = G \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad (1)$$

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 масофадан туриб тортишиш кучига тенгдир:

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

Бутун олам тортишиш қонуни (1) билан аниқлападиган кучлар *гравитация кучлари* деб аталади.

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

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

ва ер маркази томон йўналган, бу ерда R — Ернинг радиуси. Оғирлик кучи таъсирида жисм тезланиш (эртаниш) тушиш тезланиши билан ҳаракат қилади. Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра бу $g = P/m = GM/R^2 = 9.8$ м/с² тезланиш жисмнинг массасига боғлиқ эмас ва ҳар қандай жисмлар учун бир хил. (2) га кўра оғирлик кучи таъсири талиги $P = mg$ кўринишда ёзилиши мумкин.

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

$$P = mg.$$

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

$$P = m(g + a),$$

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

$$P = m(g - a)$$

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

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

Агарда Гук қонуни ўринли эканлини тасдиқ-
лаш эластиклик кучи деформация катталиги x га
пропорционал: $\vec{F}_{эл} \sim x$, ёки

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

Бундан эластиклик кучларининг йўналиши де-
формация йўналишига қарама-қарши эканлигини кўр-
амиз. k пропорционаллик коэффициентини эластик
жисмнинг бикрлиги деб аталади. (1) ифодада $x=1$ м деб
олиб, $F_{эл}=k$ га келамиз. Бундан бикрликнинг физик
маънони олиб чиқади: эластик жисмнинг бикрлиги сон
деформация катталиги бир бир-
лигига тенгдир. (1) га кўра

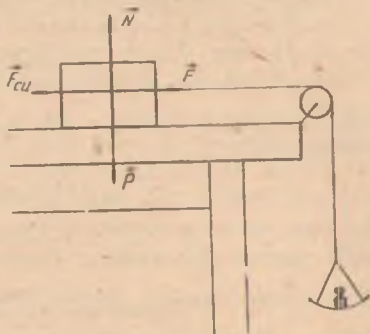
$$k = \frac{F_{эл}}{x}. \quad (2)$$

Бундан k коэффициентнинг ўлчов бирлиги учун

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

БЕЎЛАК 11.

11-й. Ишқаланиш куч-
лари. Стол устидаги
жисмга P босим кучи билан
сиртига таъсир қи-
лган бўлсин (11-
расм). Жисмга ип боғ-
лаб блок орқали
тартининг иккинчи
уши паллача осамиз.
Паллачага кичикроқ юк
қўйилди. Ип тарангла-
ниб, жисмга F куч таъ-
сир эти бошлайди. Пал-
лачадаги юк унча катта
ўзгариш бўлмаганда,
жисм тинч қолди. Бу эса Ньютон-



11-расм.

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

ралелл йўналишда бўлади ва жисмга қўйилган куч ортиши билан бирор максимал қийматгача ортиради.

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

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

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

бу ерда μ — ишқаланиш коэффиценти деб аталади. Ишқаланиш кучлари уринувчи сиртларнинг гад будурликлари ва ишқаланувчи жисмлар атом ва мо кулаларининг ўзаро таъсири туфайли вужудга кела

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

$$\vec{P} = m \vec{v}.$$

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

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

Ньютоныннинг иккинчи қонунига кўра

$$\vec{F} = m \vec{a},$$

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

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t},$$

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

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

Ушбу тенгсизлиkning унинг таъсир қилиш t вақтига кўпайтмаси импульси деб аталади. (4) га кўра куч импульси ўзгаришига тенгдир.

Массалари m_1 ва m_2 бўлган икки жисм ёпиқ система ташкил қилсин. Агар система жисмларига ташқарон боника 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 ўтиб буюлиб қолади. Ҳисоблашлар импульсининг сақланиш қонуни ўринли бўлишини кўрсатади:

Ёпиқ система ҳосил қилувчи жисмлар импульсларининг геометрик йиғиндиси бу системадаги жисмларнинг бир-бири билан бўладиган ҳар қандай ўзаро таъсирда 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 бўлмагани ёки ҳисоблаш мураккаб бўлган ҳолларда механика қонунларининг ечишда импульсининг сақланиш қонуни фойдаланиш мумкин.

Масала ечиш намуналари

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

Ечилиши. Оғир юк тинчлик ҳолатини сақлашга ҳолатида ва юкни кескин кўтарганда кран треси узиниб кетади.

2.2. Қўйидаги ҳолларда қандай жисмларининг таъсирини бир-бирини мувозанатлашини тушунтиринг:

а) юк автомобили горизонтал йўл устида тинч турубди;

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

в) юк автомобили қия текислик бўйлаб юқори мон текис ҳаракат қилмоқда;

г) кўтарма кран юкни юқорига вертикал йўнал текис кўтармоқда.

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

б) Ернинг тортиши, қия текислик сиртининг цияси, автомобиль ғилдираклари билан йўл сирти сидаги ишқаланиш;

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

г) кран тросининг таранглиги, Ернинг тортиши.

2.3. Девор учун ишлатиладиган йирик блок массаси $m=1,5$ т, ўлчамлари $V=3000 \times 1000 \times 500$ (мм). Блок материалнинг ρ 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 ратиладиган юк автомашинаси қанча M массали ю кўтара оладиган бўлиши керак? Блокларнинг зичл $\rho=900 \text{ кг/м}^3$, ўлчамлари $V=3000 \times 1000 \times 500$ (мм)³.

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

2.5. Т-400 маркали плита зичлиги $\rho=950 \text{ кг/м}^3$ бўлган қаттиқ ёғочдан тайёрланади. Унинг ўлчамла буйи $a=3,35$ м, эни $b=1,60$ м, қалинлиги $c=0,004$ м. Плитанинг m массасини ҳисобланг.

Ечилиши. Зичлик таърифига кўра $\rho = \frac{m}{V}$. Бу $V = a \cdot b \cdot c$ — 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 $m_n = 14,8 \text{ кг}$ пўлат сарф бўлади. Пли нинг узунлиги $a = 1,18$ м, кенглиги $b = 2,0$ м, баландл $c = 0,5$ м. Пўлатнинг зичлигини $\rho_n = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ деб ҳис лаб, бетоннинг ρ_b зичлигини аниқланг.

Ечилиши. Бетоннинг массаси

$$m_b = m - m_n.$$

Плитанинг ҳажми:

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

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

бетоннинг ҳажми: $V_b = \frac{m_b}{\rho_b}$. Бинобарин, бетоннинг ҳажми:

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

(2), (3) ни ҳисобга олган ҳолда бетоннинг зичлигини $\rho_b = m_b / V_b = (m - m_n) / (abc - m_n / \rho_n) = (2450 \text{ кг} - 14,8 \text{ кг}) / (1,18 \text{ м} \cdot 2,0 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м} - \frac{14,8 \text{ кг}}{7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}) = 2067 \text{ кг/м}^3$

2.7. Ф-32 маркали пойдевор плиталари учун В 12,5 фига мансуб $V_b = 1,6 \text{ м}^3$ ҳажмда бетон ва $m_n = 39,5 \text{ кг}$ пўлат сарфланган бўлса, унинг умумий m массаси нимага тенг? Бетоннинг зичлиги $\rho_b = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Ечилиши. Плитанинг массаси унинг таркибидаги пў ланинг m_n массаси билан бетоннинг m_b массаси йиғинди га тенг:

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

Бетон массаси унинг зичлиги ρ_b ва ҳажми V_b орқали аниқ ланади:

$$m_b = \rho_b V_b. \quad (2)$$

(1) га қўйсак, $m = m_n + \rho_b V_b = 39,5 \text{ кг} + 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1,6 \text{ м}^3 = 3239,5 \text{ кг}$.

2.8. Ирригация иншоотларини қуришда тупроқ бос- тириб текисланади. Тупроқнинг дастлабки зичлиги $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$, у зичлаштирилгандан кейин $h=10$ см па- раллел бўлган бўлса, тупроқнинг кейинги ρ_1 зичлигини аниқ- ланг. Зичлаштириш тупроқнинг $H=1$ м бўлган қалин- лигига таъсир қилди деб ҳисобланг.

Ечилиши. Юзи S , қалинлиги H бўлган тупроқ- нинг массаси:

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

Тупроқ зичлаштирилгандан кейин

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

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

Эки $\rho H = \rho_1 (H-h)$. 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 ментида ҳосил бўладиган F инерция кучи

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

ифода орқали аниқланади. Бу ерда a — замин тегиши тезланиши; g — оғирлик кучи тезланиши, $Q = m$ иншоот оғирлиги, K_c — сейсмиклик коэффиценти.

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

Ечилиши. $F_c = K_c Q = K_c \cdot mg = 0,025 \cdot 50 \cdot 1000 \text{ кг} \times 9,8 \text{ м/с}^2 = 12500 \text{ Н}$; $a = K_c \cdot g = 0,025 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 = 0,245 \text{ м/с}^2$

2.10. Минорали кран ёрдамида $m = 0,5$ т массали қўзғатилиб, $t = 3$ секундда тезлигини $v = 0,6$ м/с гача казилди. Буида кран тросининг таранглик кучи нима га тенг бўлади?

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

$$T = m(g + a).$$

Тезланишнинг таърифига кўра:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

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)

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

Энди (1) га қўйсак, $m_2(g + a) \leq m_1 g$. 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 қўйилади. Оғирлик $F = 40$ кН ни ташкил қилади. Унга $m = 2200$ кг юк ортилган. Автомобиль йўлнинг эгрилик радиуси $R = 20$ м бўлган ботиқ қисмидан ўтаётган бўлганда, 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 бўлиши керак: $m(g + v^2/R) \leq F$ ёки $F \leq mg + mv^2/R$.

Бундан: $v \leq \sqrt{(F - mg)R/m}$

$$v = \sqrt{(4 \cdot 10^4 - 3,2 \cdot 10^4) \text{ Н} \cdot 20 \text{ м} / 2200 \text{ кг}} = 7,1 \text{ м/с}.$$

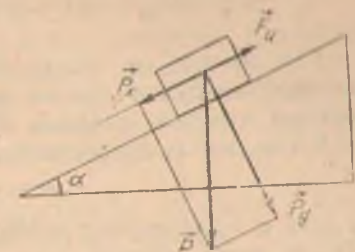
2.13. Мих қалпоқчаси устида тўр кўринишида ўйиқлар, қалпоқча тагида стерженда кўйдаланг ўйиқлар мавжуд. Уларнинг вазифаси нимада?

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

2.14. Фишт транспортёр лентасидан сирпаниб кетмаслиги учун лентани горизонт билан ҳо-

л қилган бурчаги α кўпи билан қанча бўлиши керак (12-расм)? Фишт билан резина ўртасидаги ишқаланиш коэффиценти μ , а) лента текис ҳаракат қиладиганда, б) лента ҳаракат йўналишида a тезланиш билан сил-силаништи деб ҳисобланг.

Ечилиши. а) транспортёр лентасидаги фишт сирпаниб кетмаслиги учун фишт билан резина ўртасидаги ишқаланиш кучи $F_{\text{ишқ}} = \mu R_y = \mu R \cos \alpha$ фиштни қия текислик бўй-



12-расм.

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

б) ёшит транспортёр лентасидан сирпаниб кетмаслиги

$$F_n = P \sin \alpha + ma$$

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

$$F_n = \mu P \cos \alpha$$

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

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

ёки

$$\mu \cos \alpha = \sin \alpha + a/g.$$

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

$$\alpha = \arcsin(-2a/g \pm$$

$$\pm \sqrt{4a^2/g^2 - 4(1 + \mu^2)(\frac{a^2}{g^2} - \mu^2)})/2(1 + \mu^2).$$

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

Ечилиши. Тўқмоқнинг импульси

$$P = m \cdot v,$$

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

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

(2) ни (1) га қўйсак,

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

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

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

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

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

2.17. КрАЗ-255Б юк автомобили жойидан қўзғалди
тегис тезланувчан ҳаракат қилиб, ўзининг энг катта
тезлигига $t = 18$ с да эришди. Автомобилнинг массаси
10270 кг, тезланиши $a = 0,6$ м/с² бўлса, унинг P им-
пульси қанчага етади?

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

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

импульс таърифига кўра

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

(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.
Сувоқ қоришманинг шлангдан отилиб чиқиши тезлиги v ,
шланг кўндаланг кесимининг ички диаметри d , қориш-
манинг зичлиги ρ бўлса, сувоқчи шлангни қандай F куч
билан ушлаб туради?

Ечилиши. Δt вақт ичида шланг кўндаланг кеси-
мидан m массали қоришма отилиб чиқсин. Қоришма
импульсининг ўзгариши

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

ички таърифига кўра

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

қоришманинг ҳажми.

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

дан

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

(4) га қўйсак,

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

б) фишт транспортёр лентасидан сирпаниб кетмаслиги шарт бажарилиши керак (12-расмга қаранг). Бу ерда

$$F_n = P \sin \alpha + m \ddot{a}$$

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

$$F_n = \mu P \cos \alpha$$

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

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

ёки

$$\mu \cos \alpha = \sin \alpha + a/g.$$

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

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

2.15. $h = 1,25$ м баландликдан тушаётган масса $m = 2400$ кг бўлган қозиқ қоқувчи тўқмоқ (копёр)ни қозиққа урилиш олдидан P импульсини ҳисобланг. Ечилиши. Тўқмоқнинг импульси

$$P = m \cdot v,$$

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

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

(2) ни (1) га қўйсак,

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

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

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

Ечилиши. Автомобилларнинг импульслари мос равишда $m_1 v_1$ 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. КрАЗ-255Б юк автомобили жойидан қўзғалди текис тезланувчан ҳаракат қилиб, ўзининг энг катта тезлигига $t = 18$ с да эришди. Автомобилнинг массаси $m = 10270$ кг, тезланиши $a = 0,6$ м/с² бўлса, унинг P импульси қанчага етади?

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

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

импульс таърифига кўра

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

(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. Сувоқ қоришманинг шлангдан отилиб чиқиши тезлиги v , шланг кўндаланг кесимининг ички диаметри d , қоришманинг зичлиги ρ бўлса, сувоқчи шлангин қандай F куч билан ушлаб туради?

Ечилиши. Δt вақт ичида шланг кўндаланг кесимидан m массали қоришма отилиб чиқсин. Қоришма импульсининг ўзгариши

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

қоришманинг таърифига кўра

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

қоришманинг ҳажми.

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

дан

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

(4) га қўйсак,

$$m = \rho S v \Delta t$$

(5) ни (1) га қўямиз

$$\Delta P = \rho S v \Delta t \cdot v.$$

Ньютоннинг иккинчи қонунига кўра қоришмага таътир этувчи куч

$$F_1 = \frac{\Delta P}{\Delta t}$$

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

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

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

Мустақил ечиш учун масалалар

2.1. Қуйидаги ҳолларда қандай жисмларнинг сирри 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) гишт транспортёр лентасида юқорига текис қўрилмоқда.

2.2. Қуйидаги ҳолларда қандай жисмларнинг таътири 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 чизиqli 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 масса $m = 2,04$ т, ўлчамлари $V = 120 \text{ см} \times 22 \text{ см} \times 5,76 \text{ м}$. Панелининг материалнинг ўртача зичлиги қандай? [$\rho = m/V = 1342 \text{ кг/м}^3$]

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

тош дона тошнинг m массаси қанча? [$m = \rho \cdot V = 1,342 \text{ т}$]

2.6. Чингиз ва маиший тарози ёрдамида гиштнинг таътири аниқланг.

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

2.8. Пойдевор плитасининг ўлчамлари $a = 1 \text{ м}$, $b = 0,22 \text{ м}$, зичлиги $\rho = 2,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. $N = 3$ та плитани 131А автомобилида ташиш мумкинми? Автомобилнинг юк кўтариш қобилияти $M = 4000 \text{ кг}$. [Мумкин эмас, чунки масса $m = \rho \cdot a \cdot b \cdot c = 4498 \text{ кг}$.]

2.9. КрАЗ-5300 автомобили $M = 8 \text{ т}$ юкка мўлжалланган бўлса, унга ўлчамлари $V = 390 \times 190 \times 1,88 \text{ мм}^3$, зичлиги

$\rho = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ бўлган тошларнинг нечасини ортиш мумкин?

$$\left[N = \frac{M}{\rho abc} = 320. \right]$$

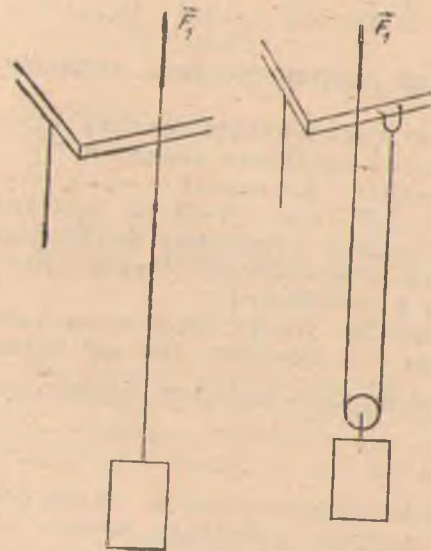
2.10. Ирригация иншоотларини қуришда тупроқ босимга текисланади. Тупроқнинг дастлабки зичлиги $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$, зичлаштирилгандан кейинги зичлиги $\rho_1 = 1800 \text{ кг/м}^3$ бўлса, тупроқ қанча h пасайган? Зичлаштирилган тупроқнинг $H = 1 \text{ м}$ қалинлигига таъсир қилади қанча ҳисобланг.

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

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

2.12. КБ-572А крани $m_1 = 10 \text{ т}$ гача массали юкни кўтари олади. Юкнинг кўтарилиш тезланиши $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ бўлса, $m_2 = 9,5 \text{ т}$ массали юкни кўтариш мумкинми? [Мумкин, тезланиш билан кўтарилаётган юкнинг таранглиги $P = m_2(g + a) = 97,85 \text{ кН}$, йўл қўйиладиган таътирлик кучи $T = m_1 g = 98 \text{ кН}$.]

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



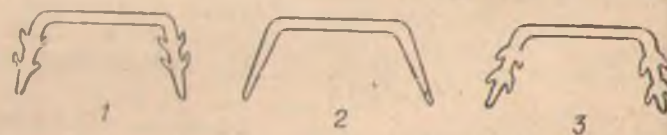
13-расм.

14-расм.

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

2.16. Ёишт транспортёр лентасидан сирпаниб маслиги учун лентанинг горизонт билан ҳосил қилган бурчаги кўпи билан қанча бўлиши керак (12-расм қаранг)? Ёишт билан резина орасидаги ишқаллаш коэффициентини μ . Лента қия текислик бўйлаб пасайишган a тезланиш билан ҳаракат қилаёпти деб ҳисобланг.

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



15-расм.

2.17. Ёиштининг кичик бўлаги, чизгич, электропривод ёрдамида ёишт билан диск устига қопланган материал ўртасидаги ишқаланиш коэффициентини аниқлаш.

2.14. КамАЗ юк автомобилнинг қозикчи урилиш олдида импульси $P = 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$ қандай h баландликдан қозик устига тушади? $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$.

2.18. Ёишт кўп юк ортилган ва юксиз МАЗ-5166 автомобилнинг импульсларини таққосланг. Автомобилнинг массаси $m_1 = 9050 \text{ кг}$, унга ортиш мумкин бўлган кўп юкнинг массаси $m_2 = 14500 \text{ кг}$. Юкли ва автомобиллар тезлигини бир хил деб ҳисобланг. $P = (m_1 + m_2)/m_1 \approx 26$.

2.19. Сувоқчи СО-49 насоси ёрдамида етказиб берилган сувоқ қоришмасини шланг орқали деворга пурқилиб қўйиш. Шланг кўндаланг кесими диаметри d , қоришманинг зичлиги ρ , сувоқчи шлангнинг F куч билан тўтиб қўйиш бўлса, қоришма шлангдан қандай v тезлик билан куч билан босиб чиқибди? $[v = \sqrt{4F/\rho \pi d^2}]$

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

2.14. КамАЗ юк автомобилнинг қозикчи урилиш олдида импульси $P = 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}$ қандай h баландликдан қозик устига тушади? $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$.

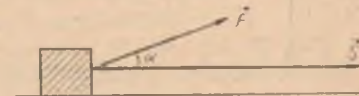
2.18. Ёишт кўп юк ортилган ва юксиз МАЗ-5166 автомобилнинг импульсларини таққосланг. Автомобилнинг массаси $m_1 = 9050 \text{ кг}$, унга ортиш мумкин бўлган кўп юкнинг массаси $m_2 = 14500 \text{ кг}$. Юкли ва автомобиллар тезлигини бир хил деб ҳисобланг. $P = (m_1 + m_2)/m_1 \approx 26$.

2.19. Сувоқчи СО-49 насоси ёрдамида етказиб берилган сувоқ қоришмасини шланг орқали деворга пурқилиб қўйиш. Шланг кўндаланг кесими диаметри d , қоришманинг зичлиги ρ , сувоқчи шлангнинг F куч билан тўтиб қўйиш бўлса, қоришма шлангдан қандай v тезлик билан куч билан босиб чиқибди? $[v = \sqrt{4F/\rho \pi d^2}]$

3. МЕХАНИК ИШ ВА ЭНЕРГИЯ. МЕХАНИК ЭНЕРГИЯНИНГ САҚЛАНИШ ҚОНУНИ

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

3.1. Механик иш. Қув. Трактор ер ҳайдаётганда, кўтарма кран юкни кўтарганда, бола арабани тортаётганда иш қилинади. Бу ҳолларнинг барчасида жисмга таъсир қилинган ва жисм куч таъсирида бирор масофага ҳайдалади.



16-расм.

Ўзгармас F куч бажарадиган A иш деб куч ва s кўришнинг абсолют қийматлари билан куч ва кўчиш векторлари орасидаги α бурчак косинусининг кўпайтмаси тенг бўлган катталикка айтилади (16-расм):

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

1 системасида иш бирлиги қилиб жисмга таъсир қилинган 1 Н кучнинг жисмини 1 м масофага шу куч йўналишида ҳайдаш иш

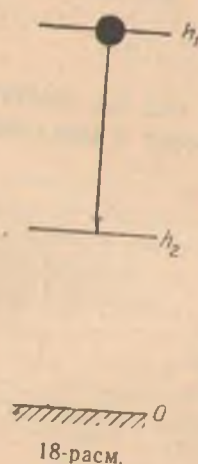
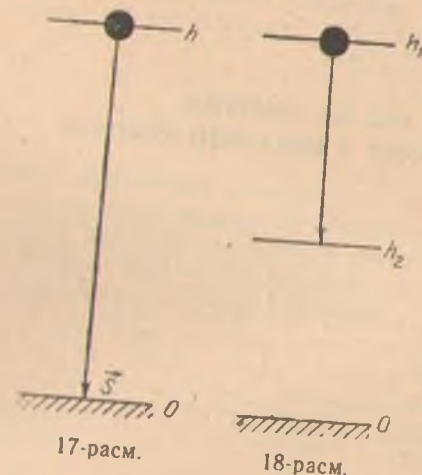
лишида кўчиришда бажарган иши қабул қилинади. Бу бирлиги жоуль (Ж) деб аталади: $[A] = [s] = 1 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1 \text{ Ж}$.

Машина ёки механизмларнинг ишни нақадар тўғри бажаришини билиш муҳимдир. Ишнинг бажарилишига қувват деб аталадиган катталиқ билан ҳаролатланади.

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

$$N = A/t.$$

СИ системасида қувват ватт (Вт) билан ўлчанади: $[N] = [A] / [t] = 1 \text{ Ж} / 1 \text{ с} = 1 \text{ Вт}$.



3.2. Механик энергия. Механик энергиянинг сақланиш қонунини Жисмларнинг механик энергиясининг иш бажариш билан алоқаси аталади. Механик энергия икки турли бўлиши мумкин: кинетик энергия ва потенциал энергия.

Жисмларнинг механик энергияси билан боғлиқ бўлган энергиянинг ўзгариши деб аталади. v тезлик билан ҳаракатланаётган m массали жисмнинг кинетик энергияси жисм тўхтагунча бажара оладиган иш билан аниқланади. Ҳисоблашлар кинетик энергия учун

$$E_k = mv^2/2$$

фоидани беради. Кинетик энергия ҳақидаги теоремага кўра бажарилган иш кинетик энергия ўзгаришига тенгдир:

ёки

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

$$A = E_{k2} - E_{k1}.$$

жисмларнинг ўзаро таъсири билан боғлиқ бўлган потенциал энергия деб аталади:

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

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

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

Бундан кўра оғирлик кучининг бажарган иши жисмнинг потенциал энергияси ўзгаришининг тескари ишора билан 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.

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

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2} \quad (6)$$

(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 фойз ҳисобида

$$\eta = \frac{A_{\text{ф}}}{A_{\text{г}}} \cdot 100 \%$$

Фойдали иш коэффициенти (қисқача ФИК) машинининг самарадорлигини ифодалайди.

Масалалар ечиш намуналари

3.1. Минорали кран горизонтал ҳолатда КП-140 маркали $m=10$ т массали устунни $n=6$ ландликка текис кўтарди. Кран бажарган фойдаланимага тенг?

Ечиши. Механик иш таърифига кўра:

$$A = Fs \cos \alpha.$$

Бу ерда F — куч, s — кўчиш қатталиги; α — куч ва кўчиш йўналишлари орасидаги бурчак. $F=mg$, $s=h$, 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 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 бўлади:

$$m = \rho \cdot V = \rho sh.$$

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

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

3.3. Тупроқ бўш бўлган ҳолларда бино пойдевори қозиклар устига қурилади. Массаси $m=2400$ кг қозқовувчи тўқмоқ (копёр) $h=1$ м баланддан қозик устига тушганда у тупроққа $l=2$ см кирган. Тупроқнинг F қаршилик кучи қандай?

қозикнинг аниқланг. Қозикнинг массасини ҳисобга

олинг. Тўқмоқнинг потенциал энергияси

$$П = mgh. \quad (1)$$

Эмиқ қозикқа урилганда унинг энергияси қозикқа
дадил тупроқнинг қаршилиқ кучига қарши A иш
қилиниши сарф бўлади:

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

и (2) га тенглаб, $Fl = mgh$ ни ҳосил қиламиз. Бундан:

$$F = \frac{mgh}{l} = \frac{2400 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ м}}{0,02 \text{ м}} =$$
$$= 1,2 \cdot 10^5 \text{ Н} = 1200 \text{ кН}.$$

1.4. Автокран оғирлиги $P = 30 \text{ кН}$ бўлган юкни қўз-
ғалувчан блок ёрдамида бирор баландликка кўтаряпти.
Бунинг фойдали иш коэффициентини $\eta = 90\%$ бўлса,
тўқмоқнинг тараигланиш кучи F нимага тенг?
Ичи ли ш и. Юкни кўтаришда автокран бажарган
иш

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

да h — юк кўтарилган баландлик. Юк қўзғалувчан
ё р д и м и д а кўтарилгани учун тўлиқ иш

$$A_T = 2 \cdot F \cdot h$$

ё р д и м и д а аниқланади. Фойдали иш коэффициентини таъ-
рифига кўра $\eta = (A_{\phi}/A_T) \cdot 100\% = (P \cdot h / 2F \cdot h) \cdot 100\%$. Бун-
дан $F = (P/2\eta) \cdot 100\% = (30 \text{ кН} / 2 \cdot 90\%) \cdot 100\% \approx 17 \text{ кН}$.

1.5. Универсал кўтаргич двигателининг қуввати $N =$
 2 МкВт бўлса, унинг фойдали иш коэффициентини
аниқланг. Кўтаргич ҳар бир циклга $t = 80 \text{ с}$ вақт сарф-
қилиниши $m = 150 \text{ кг}$ массали юкни $h = 30 \text{ м}$ га кўтариб
қўлади.

Ичи ли ш и. Кўтаргич бажарадиган тўлиқ иш:

$$A_T = N \cdot t, \quad (1)$$

фойдали иш

$$A_{\phi} = mgh. \quad (2)$$

фойдали иш коэффициентини таърифига кўра

$$\eta = \frac{A_{\phi}}{A_T} \cdot 100\%. \quad (3)$$

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

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

3.6. $t=1$ минутда $n=1000$ та гиштни $h=8$ м баландликка етказиб берувчи лентали транспортёр двигателнинг фойдали N қуввати нимага тенг? Ишқала ҳисобга олманг. Гиштнинг ўлчамлари $a=250$ мм, $c=65$ мм, зичлиги $\rho=1800$ кг/м³.

Ечилиши. Битта гиштнинг m массасини ва V ҳажм орқали ҳисоблаш мумкин:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot a \cdot b \cdot c.$$

Гиштнинг оғирлиги

$$P_0 = mg.$$

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

$$A = mgh = Ph = n \rho abcg h.$$

Қувват таърифига кўра:

$$N = \frac{A}{t}.$$

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

$$= 1000 \cdot 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,065 \text{ м}^3 \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 8 \text{ м} / 60 \text{ с} = 4586 \text{ Вт}.$$

3.7. Сочилувчи материалларни ташишда қўлланладиган қурилма $t=1$ соатда $V=10$ м³ қумни $h=20$ м баландликка етказиб бериши мумкин. Қурилма электродвигатели қуввати $N=4,5$ кВт бўлса, унинг η фойдали иш коэффициентини қандай? Қумнинг ўртача зичлиги $\rho=1400$ кг/м³ деб олинг.

Ечилиши. Қумни юқорига етказиб беришда

$$A_{\phi} = \rho \cdot V \cdot g \cdot h$$

иш бажарилади. Тўлиқ иш

$$A_{\tau} = N \cdot t.$$

$$\eta = \frac{A_{\phi}}{A_{\tau}} \cdot 100\%. (3)$$

(3) ни (1) га қўямиз:

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

Тупроқнинг ишлаш қийинлигини аниқлашда кўндаланча қисим юзи $S=1$ см² бўлган бир жинсли стер-ти тупроққа $h=10$ см чуқурликка ботириш учун уни қанчалик куч билан урилди. Зарба кучи $F=2000$ кН бўлса, тупроқда тупроққа бўлган p босимни; 2) умумий қийинлик A ишни; 3) тупроқнинг ўртача F_k қаршилик кучини ҳисобланг.

$$\text{Ечилиши. Босим таърифига кўра: } p = \frac{F}{S} = \frac{2 \cdot 10^6 \text{ Н}}{1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 2 \cdot 10^{10} \text{ Па}.$$

Бажарилган иш $A = F \cdot h = 2 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м} = 2 \cdot 10^5 \text{ Дж}$. Иккинчи томондан $A = F_k \cdot h$; шунинг учун

$F_k = 2 \cdot 10^6 \text{ Н}$. Минорали кран чиғирининг қуввати $N=60$ кВт, кўтариш тезлиги $v=0,6$ м/с бўлса, кран қандай P қувват билан юкни кўтара олади?

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

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

10. $v=72$ км/соат тезлик билан ҳаракат қилаётган $M=5320$ юк автомобилига қаршилиқ коэффициентини $\mu=0,07$ бўлса, унинг двигателининг N қувватини ҳисобланг. Юкли автомобилнинг массаси $m=10$ т. Ечилиши. Машина ёки механизм қуввати билан қўл тортиш кучи ва тезлиги қуйидагича боғланган

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

Автомобиль текис ҳаракат қилгани учун F_{τ} тортиш кучи қаршилиқ кучи $F_k = \mu mg$ га тенг:

$$F_{\tau} = F_k = \mu mg. (2)$$

(1) га қўйсак.

$$N = \mu mgv \approx 0,07 \cdot 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} =$$

$$= 137 \cdot 10^3 \text{ Вт} \approx 137 \text{ кВт}.$$

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

3.2. Бўш автомобиль ва энг кўп юк ортилган КрАЗ-255Б автомобили энг катта тезлик ($v=40$ км/соат) ка эришиши учун бажариладиган ишнинг қанча қисми таққосланг. Автомобилнинг ўз массаси $m_1=1100$ кг, юкнинг $m_2=7,5$ т. Қаршилик кучларини ҳисобга олмай.
[$A_2/A_1=(m_1+m_2)/m_1 \approx 1,6$.]

3.3. Тинч турган КрАЗ-257Б1 автомобилнинг лигини 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 қаршилик

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

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

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

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

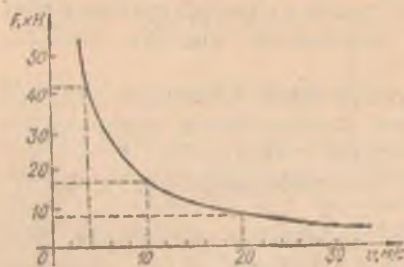
3.7. $m=150$ кг массали юкни $h=30$ м баландликка кўтариб берувчи универсал кўтаргич (подъёмник) УПК-150 бир циклда қанча A фойдали иш бажарган?
[$A=mgh=44100$ Ж.]

10. 1 м майдонидан сувни йўқотиш машинаси 1 минутда $V=25$ л сувни ўртача $h=1,5$ м баландликка сўриб олади. Машинанинг A фойдали иши қувватини ҳисобланг. Сувнинг зичлиги $\rho=1000$ кг/м³. [$A=\rho Vgh=367,5$ Ж; $N=\rho Vgh/t=6,13$ Вт.]
11. Кавлаговчи қурилма чуқур қазиятчи ва тупроқни чиқаришга қўлланади. Кавлагичнинг диаметри $d=0,5$ м, тупроқнинг зичлиги $\rho=2000$ кг/м³. Агар тупроқни чиқаришда қурилма бажарган фойдали иш $A=15,5$ кЖ бўлган бўлса, қурилма қазиган чуқурлик узунлиги қанча? [$h=\sqrt{4A/\pi d^2 g}=2$ м.]
12. $h=1,4$ м баландликдан массаси $m=6$ т бўлган тўқмоқчи тўқмоқ қозиқ устига тушмоқда. Бунда тупроққа $l=10$ см га кираётган бўлса, тупроқнинг қаршилик кучини топинг. Қозиқнинг массасини ҳисобга олманг. [$F=mgh/l=840$ кН $=840 \cdot 10^3$ Н.]
13. Массаси $m=2,4$ т бўлган тўқмоқ $h=2$ м баландликдан қозиқ устига тушмоқда. Тупроқнинг қаршилик кучи $F=980$ кН бўлса, қозиқ тупроққа қанча масофа юради? Қозиқнинг массасини ҳисобга олманг. [$mgh/F=4,8$ см.]
14. Автокран қўзғалувчан блок ёрдамида оғирлик $P=30$ кН юкни бирор баландликка кўтармоқда. Автокран тросининг тарангланиш кучи $F=16$ кН бўлса, блокнинг фойдали иш коэффициентини аниқланг. [$(P/2F) \cdot 100\% = 94\%$.]
15. ИЭ-1202 А электр пармалаш машинаси $N=10$ Вт қувват истеъмол қилади. Агар машина 1 соат ишласа, у сарф қиладиган электр энергияси қанча? [$A=N \cdot t=1512$ кЖ.]
16. Ёғоч полларни силлиқловчи СО-155 машина 0,5 соат ишлаб, $A=3,6 \cdot 10^6$ Ж электр энергияси истеъмол қилди. Машинанинг N қуввати нимага тенг? [$A/t=2$ кВт.]
17. Лентали транспортёрнинг фойдали қуввати $N_{\phi}=10$ Вт, фойдали иш коэффициенти $\eta=30\%$ бўлса, $t=1$ соат давомида у қанча A электр энергияси сарф қилади? [$N_{\phi} \cdot 100\% / \eta \cdot t = 48$ МЖ.]
18. Универсал кўтаргич двигателининг қуввати $N=2,8$ кВт, фойдали иш коэффициенти $\eta=22\%$. Қурилма бир кўтаринишга $t=80$ с вақт сарфлайди. Кўтаргич 150 кг массали юкни қанча баландликка кўтариб олиш мумкин? [$h=Nt\eta/mg \cdot 100\% \approx 33,5$ м.]

3.17. Лентали транспортёрнинг фойдали $N=5$ кВт. Унинг ёрдамида ўлчамлари $a=2$ м, $b=120$ мм, $c=138$ мм, зичлиги $\rho=1200$ кг/м³ қанча n тош $h=10$ м баландликка $t=0,2$ соатда зиб берилиши мумкин? Ишқаланишни ҳисобга олганда $[n=Nt/\rho abc gh=7394.]$

3.18. Сочилувчи материалларни ташишда қўлланиладиган қурилманинг электродвигатели қуввати $N=4$ кВт, фойдали иш коэффициенти $\eta=20\%$. Қурилма ёрдамида зичлиги $\rho=1200$ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, ҳажми $V=20$ м³ бўлган оҳанг шағални $h=30$ м баландликка қанча t вақтда етказиб бериш мумкин? $[t=\rho Vgh \cdot 100\%/N\eta=7840 \text{ с} \approx 2,2 \text{ соат}]$

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



19-расм.

3.20. ГАЗ-53А автомобилнинг масса $m_1=3250$ кг, унга қўйиладиган энг катта масса $m_2=4000$ кг массалар ортилган. Ҳаракат қаршилик коэффициент $\mu=0,1$ бўлса, автомобиль қандай тезлик билан ҳаракатлана олади? Двигателнинг қуввати $N=84,6$ кВт $[v=N/\mu g (m_1+m_2) \approx 42,9 \text{ км/соат.}]$

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

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 тен? Автомобил энг катта тезлик $v=40$ $\frac{\text{км}}{\text{соат}}$ тезликка эришганда унинг тортиш кучи нимага тен? $[N=180 \text{ кВт; } F=N/v=16,2 \text{ кН.}]$

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

4.2. Ёғоч полларга сайқал берувчи СО-155 қўл машинасининг силлиқловчи барабани $\nu = 23 \frac{1}{\text{с}}$ частота билан

айланади. Машина истеъмол қиладиган қувват $N = 2 \text{ кВт}$ 90% и барабанга узатилади деб ҳисоблаб, унга таъсир қиладиган айлантирувчи моментни ҳисобланг. [$M = 0,8 N/2\pi\nu \approx 111 \text{ Н·м.}$]

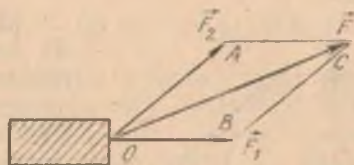
4. СТАТИКА

Қувишча жисмларнинг қандай шароитда кучлар таъсирида тезланиш олмаслигини ёки тинч ҳолатда қолганини билиш муҳим бўлади. Бундай жисмлар муvozoлаб ҳолатидаги жисмлар дейилади.

Механиканинг жисмлар муvozoанати ўрганиладиган бўлими статика деб аталади.

4.1. Кучларни қўйиш

Жисмга бир нечта куч таъсир қилаётган бўлсин. Тажриба кўрсатадики, бу кучларнинг таъсирини бир куч таъсири билан алмаштириш мумкин. Бу куч тенг таъсир этувчи куч деб



20-расм.

аталади. Тенг таъсир этувчи кучни топиш кучларни қўйиш деб аталади.

Соддалик учун жисмга $\vec{F}_1$ ва $\vec{F}_2$ кучлар таъсир қилаётган бўлсин (20-расм). Тенг таъсир этувчи кучни топиш учун

бу $\vec{F}_1$ кучларни $OACB$ параллелограмнинг томонлари деб қараймиз. У ҳолда параллелограмнинг OC диагонали тенг таъсир этувчи $\vec{F}$ кучни беради:

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

Бу кучнинг йўналиши OC диагональ йўналиши билан бир хил, кинталиги косинуслар теоремаси орқали ҳисобланади:

жисмга айланиш ўқиға эга бўлган жисмнинг инерция ёки ўзгармас бурчак тезлик билан бўладиган ҳаракат ҳолати унинг *мувозанат ҳолати* дейи-

лади. Ва ҳисоблашлар кўрсатишича, қўзғалмас жисм ўқиға эга бўлган жисмга қўйилган кучларнинг инерция ёки ўзгармас бурчак тезлик билан бўладиган ҳаракат ҳолати унинг *мувозанат ҳолати* дейилади. Инерция ёки ўзгармас бурчак тезлик билан бўладиган ҳаракат ҳолати унинг *мувозанат ҳолати* дейилади. Бу тенглама *моментлар қоида* ҳам аталади.

Масала ечиш намуналари

1. Горизонтал стрелали КБ – 572А минорали крани ўқариш чегараси $m=10$ т. юк кўтарилган ме-
данга нисбатан олинган моментларининг алгебраик
якка-якка тенг бўлса, бу жисм мувозанатда бў-
лади. $M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$. Бу тенглама *моментлар қои-
да* ҳам аталади.

Ечилиши. Куч моменти таърифиға кўра: $M = F \cdot d$.
Бунда $F = mg$ — оғирлик кучи; d — илмоқнинг айланиш
нуктагача узоқлиги. Қўйи чегара учун: $M_1 = m g d_1 =$
 $10^4 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 35 \text{ м} = 2,94 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Юқори чегара учун:
 $M_2 = m g d_2 = 10 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 35 \text{ м} = 34,3 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

2. Минорали кран стреласи учининг кран ўқидан
узоқлиги $l_1 = 20$ м бўлганда оғирлиги $P_1 = 50000$ Н юкни
кўтариш мўлжалланган (22-расм). Стрела учининг
ўқидан узоқлиги $l_2 = 15$ м бўлганда бу кран ёр-
дамчи краннинг барқарорлигини ўзгартирмаган ҳолда
кран P_2 оғирликдаги юкни кўтариш мумкин? Кран
стреласи оғирлик марказининг вазияти ўзгаришини ҳи-
سابлаш.

Ечилиши. Кран стреласининг биринчи вазиятида
оғирлик маркази таъсир этувчи куч моменти.

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

иккинчи вазиятида

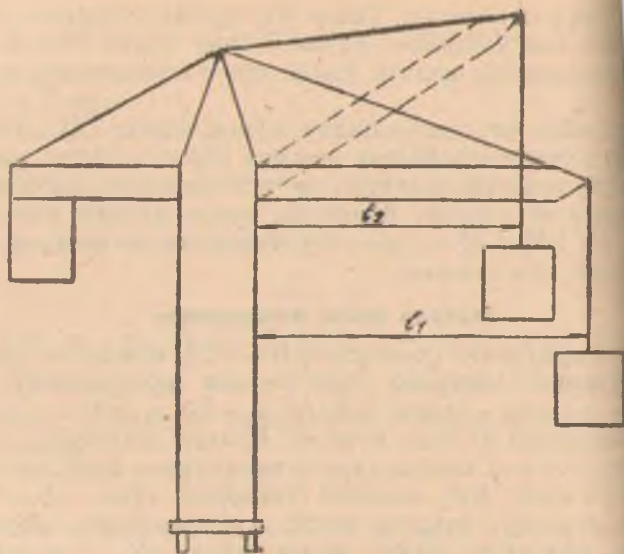
$$M_2 = P_2 l_2. \quad (2)$$

Краннинг барқарорлиги ўзгармаслиги учун

$$M_1 = M_2$$

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

3. Минорали кран стреласи учининг кран ўқидан
узоқлиги $l_1 = 20$ м бўлганда оғирлиги $P_1 = 50$ кН юкни



22-рasm.

кўтаришга мўлжалланган (22-рasmга қаранг). Стреланинг 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 моменти: $M_1' = P_1 \cdot l_1$. Стреланинг куч моменти:

$$M_1'' = P_0 \cdot \frac{l_1}{2}.$$

Натижавий куч моменти:

$$M_1 = P_1 l_1 + P_0 \frac{l_1}{2}.$$

Шунингдек 2-вазиятда натижавий куч моменти:

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

Краннинг барқарорлиги ўзгармаслиги учун

$$M_1 = M_2.$$

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.

Мустақил ёчиш учун масалалар

41. Ходалар трос ёрдамида 23-расмда кўрсатилган кўтаришмоқда, α бурчак $90, 120, 150^\circ$ га тенг бўлган троснинг таранглиги қасрда кўпроқ: богламнинг A ва B қисмидами ёки C қисмидами?

42. Нима учун эшик, дераза тутқачлари ошиқ-мошиқлардан имконияти борида узоқ ўрнатилади?

43. Горизонтал стрелали кран билан $m=5$ т массали юкни кўтариш олади. Юк осиладиган илғичнинг стрела айланиш ўқидан узоқлиги $d_1=3,85$ м дан $d_2=30$ м га ўзгарадиган бўлса, юкнинг куч моменти қанчалик ўзгаради? [$M_1=mgd_1=192 \cdot 10^3$ Н·м; $M_2=mgd_2=1500 \cdot 10^3$ Н·м.]

44. Минорали кран стреласи билан кран ўқидан узоқлиги $l_1=$

12 м бўлганда оғирлиги $P_1=72$ кН юкни кўтаришга қўйилган. Стрела учининг кран ўқидан узоқлиги $l_2=18$ м бўлганда кран ёрдамида унинг барқарорлигини таъминлаш ҳолда қанча P_2 оғирликдаги юкни кўтариш мумкин? Кран стреласи оғирлик марказининг ўқидан узоқлиги $l_3=12$ м бўлганда унинг ўзгаришини ҳисобга олманг. [$P_2=P_1 l_1 / l_2 = 48$ кН.]

45. Массалари турлича бўлган юкларни жойлашда қанчалик оғир юкларни настга тахлаш талаб қилинади. Нима учун?

46. Контейнер ичидаги материалларни контейнер билан бўйлаб текис тақсимлаш ва оғирликни бир жойга таъминлаш талаб қилинади. Нима учун?

47. Юкларни контейнер ичида кўчиб юрмайдиган ҳолда жойлаш талаб қилинади. Нима учун?

48. Динамометр ёрдамида резьбали бирикмаларда таъминланган деталларга калит (ключ) орқали таъсир кучини ўлчанг. Куч елкасини $D=15d$ нфода орқали таъминланг. Бунда d резьба диаметри. Маҳкамланган деталларга таъсир қилувчи куч моментини аниқланг.



23-расм.

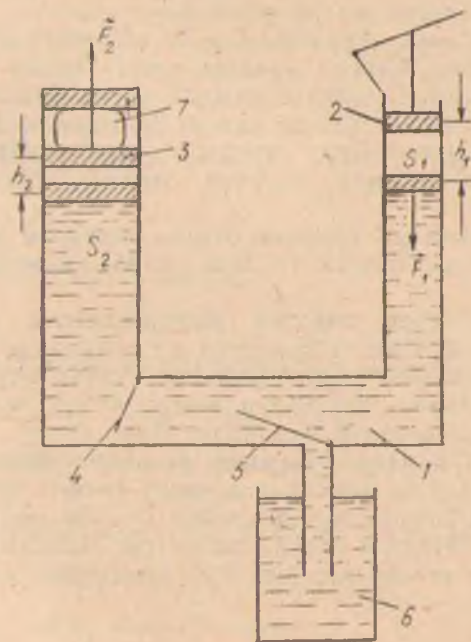
II. ГИДРО - ВА АЭРОСТАТИКА

Гидро- ва аэростатикада суюқлик ва газларнинг
возанати билан боғлиқ бўлган ҳодисалар ўрган

5. ГИДРО- ВА АЭРОСТАТИКА

5.1. Босим. Суюқлик ва газлар учун Паскал
ни. Юзага таъсир қилувчи F кучнинг шу S юзага
бати билан аниқланадиган катталики p босим де
лади: $p = F/S$. СИ бирликларида босимнинг ўлчов
лиги паскаль (қисқача (Па):

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



24-расм.

суюқлик ва газларда айрим зарралар ёки қатлам-лар бирига нисбатан ҳамма йўналишда эркин сил-жиди. Шунинг учун суюқлик ёки газларга берилган таъсир фақат куч таъсир қилган йўналишда эмас, балки йўналишларда узатилади. Тажрибалар француз физиги Паскаль (1623—1662) кашф қилган қонун ўрин-лигини кўрсатади: суюқлик ёки газга берилган бо-сим суюқлик ёки газнинг ҳар бир нуқтасига ўзгаринсиз таъсир қилади.

Гидравлик пресс. Детални пресслаш (сиқиш) қилишда қўлдан келтириладиган ва Паскаль қонунига асосланиб қилинган машиналар *гидравлик пресс* деб аталади. Гидравлик пресс бир-бири билан қаттиқ труба 1 билан туташтирилган S_1 юзали кичик поршень 2 ва S_2 катта катта поршень 3 га эга цилиндрлик идишлардан тўлиқ (24-расм). Цилиндрларнинг поршеньлар ости-да қўлдан келтирилган ва туташтирувчи труба суюқлик билан тўлдирилади. Прессланадиган 7 жисм катта поршенга қўйилган платформа устига қўйилади. Бу пор-шень кўтариладиганда жисм қўзғалмас устки платформага таъсир қилади ва сиқилади. Кичик поршень пастга босилган-да платформа ёпилади, 4 клапан очилади. Кичик поршен-нинг босим катта поршенга узатилади. Кичик поршень юқорига кўтариладиганда 4 клапан ёпилиб, 7 де-таллани сиқилган ҳолда ушлаб турилади, 5 клапан очи-либ, 6 резервуардан кичик поршень остидаги бўшлиққа суюқлик кўтарилади. Кейин кичик поршень яна пастга босилади ва жараён қайта такрорланади. Паскаль қо-нун асосида бажарилган ҳисоблашлар

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

қонун ўринли эканини кўрсатади. Бу ерда F_1 , F_2 — ки-чик ва катта поршеньларга таъсир қилувчи кучлар. Би-раччи, катта поршень томонидан прессланадиган жисмга таъсир қилувчи F_2 куч катта поршень юзи ки-чик поршеиникидан неча марта катта бўлса, шунча марта F_1 кучдан катта бўлади.

Сиқилмайдиган суюқлик модели асосида

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

қилинади. Бунда h_1 , h_2 — кичик ва катта поршеньларнинг суюқлик сатҳи юрншида силжишлари. (2) га асосан катта поршен-

га таъсир қилувчи кучдан неча марта ютсак, поршеньнинг юрган йулидан шунча марта ютқазилади.

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

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

Суюқлик массасини унинг ρ зичлиги ва V ҳажми орқали ифодалаймиз:

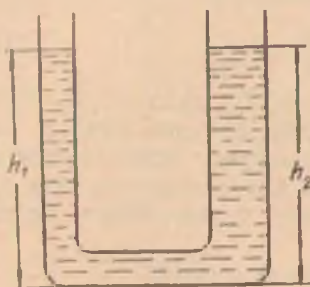
$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot h. \quad (2)$$

(2) ни (1) га қўйсак,

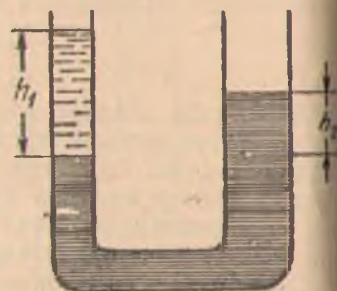
$$p = \rho gh \quad (3)$$

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

5.4. Туташ идишлар. Остки қисми туташтирилган идишлар *туташ идишлар* деб аталади. Ҳисоблашларнинг кўрсатишинча, 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

сиратувчи сатҳларидан юқоридаги суюқлик устунларининг h_1 ва h_2 баландликлари суюқликларнинг ρ_1 ва ρ_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 ρ бўлган суюқликка соддалик учун параллелепипед шаклидаги жисмни ботирайлик (27-расм). Жисмнинг h_1 қисми 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:

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

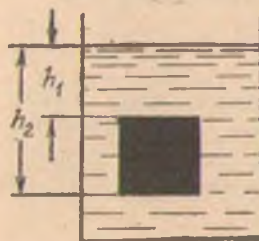
Бунда $h = h_2 - h_1$ — жисм ён ёғининг баландлиги, $V = S \cdot h$ — жисмнинг ёки у сиқиб чиқарган суюқликнинг ҳажми.

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

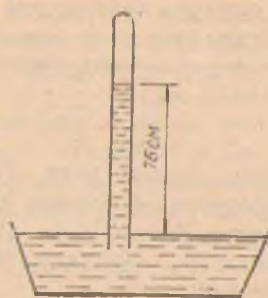
5.6. Атмосфера босими. Торичелли тажрибаси. Ер шарини ўраб олган ҳаво қатлами *атмосфера* деб аталади. Ҳаво молекулалари массага эга бўлгани учун улар Ерга тортилади. Шу туфайли атмосфера Ерда ва ер сиртидаги жисмларга босим билан таъсир қилади. Бу босим *атмосфера босими* деб аталади.

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

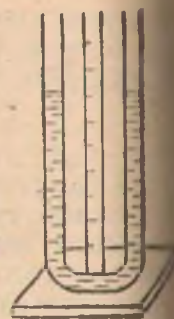
Найда қолган симоб устунининг баландлиги $h =$



27-расм.



28-расм.

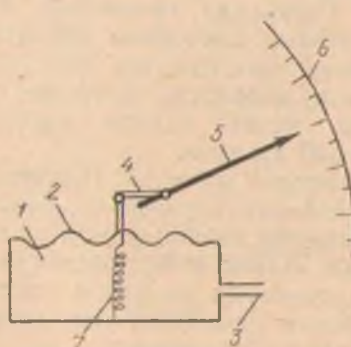


29-расм.

— 760 мм атрофида бўлди. Бу ҳодисани Торичелли тушунтириб берди: атмосфера босими косадаги симоб юзига таъсир қилади. Бу босим Паскаль қонунига кўра най ичига ҳам узатилади. Найдаги симоб устига эса ҳаво йўқ. Бинобарин, найда қолган симоб устунининг босими атмосфера босимиغا тенгдир.

760 мм симоб устуни босимиغا тенг бўлган атмосфера босимининг нормал атмосфера босими деб аташ қилинган: $P_0 = 760 \text{ мм сим. уст.} = 101\,325 \text{ Па}$.

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 қўйилади (29-расм). Босими ўлча-



30-расм.

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 устунларни фарқини билган ҳолда идишдаги босимни аниқлаш мумкин.

30-расмда металл барометрнинг тузилиши берилган. Бундай барометр

3. Ичи бўш 1 қутидан иборат бўлиб, юпқа эластик 2 мембрана билан герметик берkitилган. Мембрана қўзғалувчан бўлиши учун тўлқинсимон қилиб берланади. Босими ўлчанадиган идиш 3 най орқали барометр қутисига уланади. Идишдаги босимга боғлиқ бўлган мембрана ёки юқорига ёки пастга эгилади. Мембрана ҳаракати 4 рычаглар системаси орқали 5 стрелкага узатилади. Стрелка босим бирликларида даража-ланган 6 шкала устида ҳаракатга келади. 7 пружина қутини кескин деформацияланишдан сақлайди.

Масала ечиш намуналари

5.1. Сурилувчи ён тутқич гидросистемасида босим $p = 10 \text{ МПа}$ бўлганда сиқиш кучи $F = 12 \text{ кН}$. Тутқичнинг юзаси S қанча?

Ечилиши. Босим таърифига кўра $p = \frac{F}{S}$. Бундан: $S = F/p$, 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 устуни босимида бардош бериши керак. Шунинг учун $p = \rho gh$. Бу ерда ρ — сувнинг зичлиги, g — эркин тушиш тезланиши.

5.3. Нима учун нефть ёки бошқа суюқликлар сақлан-диган резервуарлар девори остки қисмига томон қа-линлашиб борадиган қилиб қурилади?

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

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

Ечилиши. Станциядаги босим h баландликка эга бўл-ган бўёқ устуни босимида 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 юмшоқ ёғоч плитасининг узунлиги $a = 1,8 \text{ м}$, кенлиги $b = 1,7 \text{ м}$, қалинлиги $c = 8 \text{ мм}$, 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 ҳажми қанча?

Ечилиши. Плитанинг ҳажми $V = abc = 1,8 \text{ м} \cdot 1,1 \text{ м} \cdot 0,008 \text{ м} = 0,0245 \text{ м}^3$, массаси $m = \rho \cdot V = \rho \cdot abc$, оғирлиги $P = mg = \rho abc g$. Иккинчи томондан Архимед қонуни 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. Буни $V_0 = \rho abc / \rho_0 = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot 1,8 \text{ м} \cdot 1,1 \text{ м} \cdot 0,008 \text{ м} / 1000 \text{ кг/м}^3 = 0,0196 \text{ м}^3$.

Мустақил ечиш учун масалалар

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

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

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

5.4. Ёштдан ёки бетондан ишланган девор ва шунинг остидаги 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 η 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 ёгонининг ρ 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, ёшт, бетон бўлагн каби жисмларни динамометр ёрдамида ҳавода ва сувда тортинг. Олинган натижалар асосида бу жисмларнинг зичлигини ҳисобланг.

III. МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА

Молекуляр физика қаттиқ, суюқ ва газ ҳолатидаги моддаларнинг тузилиши ва хоссаларини, жисмларнинг атом ва молекула хоссаларининг уларнинг тузилишига ва молекулар ҳаракат хусусиятларига боғланишини ўрганади.

6. МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК НАЗАРИЯ. ГАЗЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

6.1. Молекуляр-кинетик назариянинг асосий қонун-қоидалари. Моддалар атомлар деб аталган зарралардан тўзилган эканлиги қадимдан маълум. Атом кимёвий элементнинг (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 тўзилган; 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 арашманинг ҳажми айрим суюқликлар ҳажмидан кичик бўлиши мумкинлиги молекулалар орасида масофа мавжуд эканлигини кўрсатади. Турли хил моддаларнинг аралашиб кетиш ҳодисаси, яъни диффузия, сувда эрийдиган жуда ҳам майда зарранинг унда узлуксиз тартибсиз ҳаракат қилиши — Броун ҳаракати моддалар узлуксиз тартибсиз ҳаракат қилувчи молекулалардан тўзилганлигини билдиради.

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

6.2. Молекулаларнинг ўлчами, сони массаси. Ўзгартирилган жисмларнинг хоссалари бир-бири билан ўзаро таъсир қилувчи атом ва молекулаларнинг ҳаракати билан аниқланади. Молекулалар мавжуд эканлигига ишонч ҳосил қилиш учун уларнинг ўлчамларини аниқлаш керак. Мазлумки, $V = 1 \text{ мм}^3$ нефть томчиси билан $S = 3 \text{ м}^2$ дан зиёд сув сиртини қоплаб бўлмайди. Агар нефть зарра (молекула)ларини сув сиртига бир қатор тўқатиб чиқилган деб фараз қилсак, нефть қатламининг d қалинлиги молекулалар диаметрини беради:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{3 \text{ м}^2} \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}.$$

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

Массаси 1 г бўлган сув томчисидagi молекула сонини аниқлайлик. Сув томчисининг ҳажми $V = 10^{-6} \text{ м}^3$. Сув молекуласининг диаметри $d \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. 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. Мазлумки, $m = 1 \text{ г}$ сувда $N \approx 3 \cdot 10^{23}$ та молекула бор. Шунинг билан, битта молекула массаси $m_0 = m/N = 1 \text{ г} / 3 \cdot 10^{23} \approx 3 \cdot 10^{-23} \text{ г}$.

6.3. Нисбий молекуляр масса. Модда миқдори. Авогадро сони. Моляр масса. Юқорида бажарилган ҳисоблар 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_0 массасининг $\frac{1}{12}$ қисмига нисбатига M , нисбий молекуляр (ёки атом) масса деб аталади:

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

Бундан пайда барча кимёвий элементларнинг нисбий массалари аниқ ўлчанган. Молекула таркибига кирадиган атомлар нисбий атом массаларини қўшиб, нисбий молекуляр масса қиймати ҳисобланади. Қуйидаги моддаларнинг нисбий молекуляр массалари белгиланган:

CO_2 (карбонат ангидрид)	44
O (кислород атоми)	16
C (углерод)	12
O_2 (кислород молекуласи)	32

Иккинчарий моддадаги молекулалар (ёки атомлар) сони N нинг 0,012 кг углероддаги атомлар сони N_A га нисбатан билан аниқланадиган катталиқ ν модда миқдори деб аталади:

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

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

Ҳақиқатанки, ҳар қандай модданинг 1 молидаги атомлар сони молекулалар сони бир хил. Бу сон N_A ҳарфи билан белгиланади ва *Авогадро* (XIX аср, Италия) *сони* деб аталади. Ўлчашлар углерод атоми массаси учун $m_{\text{ос}} = 1,995 \times 10^{-26}$ 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 миқдорида олинган модданинг массаси *моляр масса* деб аталади. Таърифга кўра μ моляр масса

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

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

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

(1) — (3) ифодалар асосида

$$v = \frac{m}{\mu}$$

ни ҳосил қиламиз: модда миқдори модда массасини 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-қоидаларини асосида тушунтириш мумкин; сув молекулаларининг тартибсиз ҳаракати туфайли заррага бериладиган тартибсиз балар кучи ҳам йўналиши, ҳам катталиги бўйича узлуксиз ўзгаради. Натижада у узлуксиз тартибсиз ҳаракат қилади. Зарранинг ўлчами сув молекулаларининг 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 қонини 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.

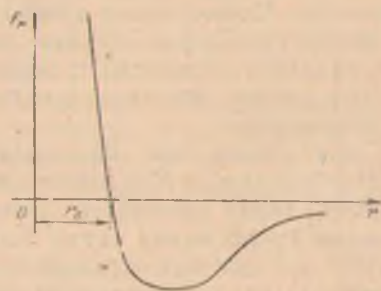
Атом ва молекулалар мусбат ва манфий заррачалардан тузилган. Улардаги мусбат ва манфий зарядлар миқдорлари тенгдир. Шунга қарамай, молекулалар ўр

мавжуд бўлган ўзаро таъсир электр табиатига

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

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

6.7. Газ, суюқ ва қаттиқ жисмларнинг ҳолатлари. Маълумки моддалар газ, суюқ ва қаттиқ ҳолатда бўлади. Бу ҳолатлар модданинг агрегат ҳолатларига дейилади. Молекулаларнинг кинетик назария модданинг турли агрегат ҳолатларда бўлишини 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 тўтиб турилмайди ва газ кенгая олади, берилган ҳажмнинг ҳаммасини ва идишнинг шаклини эгаллайди. Газ молекулалари жуда катта тезлик (секундига бир неча 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 ўртасидаги ўзаро таъсир мавжуд. Молекулалар орасидаги тор-

тишиш кучлари уларни маълум вазиятда мувозанатга келтириб туради. Молекулалар шу вазият атрофида тебранма ҳаракат қилади. Шу билан бирга улар бу мувозанат вазиятдан бошқа шундай вазиятга кўчиб ўтади. Суюқликка ташқи кучлар таъсир қилмаса, бу кўчишлар ҳамма йўналишда бир хил содир бўлади. Ташқи кучлар мавжуд бўлганида (масалан, оғирлик кучи таъсирида) молекулаларнинг кўчиши, асосан, шу кўчиш йўналишида содир бўлади. Суюқликнинг оқувчанлиги яъни ўз шаклини сақлаб қолмаслиги сабаби шундан дур.

Суюқлик молекулалари орасидаги масофа жуда ҳакам эканлиги туфайли суюқликни сиққанимизда молекулаларнинг ўзи деформациялана бошлайди. Бу осон иш эмас. Бинобарин, суюқликлар ўз ҳажмининг деярли ўзгартирмайди. Қаттиқ жисмларда молекулалар ўз мувозанат вазияти атрофида тебранма ҳаракат қилади. Молекулалар кўшни молекулалар билан кучга боғланган. Ташқи кучлар қаттиқ жисм молекулалар ҳаракатига сезиларли таъсир кўрсата олмайди. Шунинг учун қаттиқ жисмлар шаклини ҳам, ҳажмининг 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. Шунинг 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 асосини 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

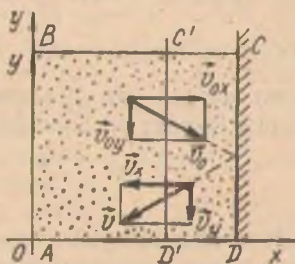
$$\bar{v}^2 = \frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}$$

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

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

6.9. Газлар молекуляр-ки-
 нетика назариясининг асосий
 қисми масаласи. Кесими тўғри тўрт
 бурчакли $ABCD$ идишда идеал
 газ бўлсин (32-расм). Идиш
 газининг ҳарорати бир хил.
 Газ томонидан идишнинг CD
 деворига бериладиган босимни
 ҳисоблаймиз. Ox ўқини CD
 деворига перпендикуляр қилиб,
 Oy ўқини шу девор бўйлаб



32-расм.

қайтарилайлик. Молекула v_0
 тезлик билан деворга томон
 ҳаракат қилаётган бўлсин. Урилишни абсолют эластик
 ҳисоблайдиган бўлсак, молекула девор билан тўқ-
 нашганда тезликнинг Ox ўқига проекцияси ўз йўнали-
 шини ўзгартиради, Oy ва Oz ўқларга проекцияси эса,
 ўзгаришсиз қолади:

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

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 бўл-
 ган Δt вақт ичида девордан $CC' = |v_x| \Delta t$ масофадаги моле-
 кулалар деворга етиб келади. Ажратиб олинган $CC'D'D$ ҳажм
 $|v_x| \Delta t \cdot S$ га тенг. Агар бирлик ҳажмдаги молекула сони
 $\frac{N}{V}$ бўлса, ажратиб олинган ҳажмдаги молекула сони
 $|v_x| \Delta t \cdot S$ га тенг. Шу молекулаларнинг ярми CD девор-
 га томон ҳаракат қилади. Oy ҳолда Δt вақтда CD деворга
 урилиб қайтариладиган молекулалар сони

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

ва деворга таъсир қилувчи куч импульси

$$F \Delta t = z \cdot 2m_0 |v_x| = nm_0 S \bar{v}_x^2 \Delta t.$$

Бу ифодада ўртача қийматга ўтишимиз ва $\bar{v}_x^2 = \frac{1}{3} \bar{v}^2$ ни

собга олишимиз лозим: $\bar{F} \Delta t = \frac{1}{3} nm_0 S \bar{v}^2 \Delta t$. Бу ифода
нинг чап ва ўнг томонларини $\Delta t \cdot S$ га бўлсак, газнинг
деворга босими p ни оламир:

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

Бу тенглама молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенг-
ламасидир. Бу тенглама макроскопик катталиқ — босими
газ молекулаларини характерловчи микроскопик катталиқ

билан боғлайди. $\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$ — молекулалар илгариланма
ҳаракатининг ўртача кинетик энергияси эканини ҳисобга
сак, (1) тенгламани $p = \frac{2}{3} n \bar{E}$ кўринишда ёзиш мумкин.

Шундий қилиб, идеал газнинг босими бирлик ҳажмдаги мо-
лекулалар сонини билан молекулалар илгариланма ҳаракатининг
ўртача кинетик энергияси кўпайтмасига пропорционал.

6.10. Газ молекулаларининг тезликларини ўлчам. Газ
молекулалари хаотик ҳаракатининг $\bar{E}$ ўртача кинетик эн-
ергияси T абсолют температурага пропорционал:

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT.$$

Бу ерда k — Больцман доимийси. Иккинчи томондан

$$\bar{E} = \frac{m \bar{v}^2}{2},$$

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

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

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 олинган қийматлари назарий равишда ҳисоблаб чиқарилган қийматга тўғри келади.

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

Температурани *термометр* деб аталган асбоб билан ўлчаб олинади. Термометрлар жисмлар исиганда ёки совиётганда уларнинг ҳажми ўзгаришига асосланиб ясаганини билемиз.

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

Температура иссиқлик мувозанати ҳолатини ифода қилади: иссиқлик мувозанати ҳолатида бўлган макроскопик системанинг барча қисмида температура бир бўлади.

Температура — молекулалар ўртача кинетик энергиясининг ўлчовидир.

Молекуляр-кинетик назариянинг асосий тенгламаси — кўра газнинг идиш деворларига p босими

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

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

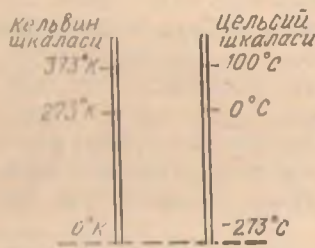
$$p = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}, \text{ ёки } \frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E}. \quad (2)$$

рибалар кўрсатадики, иссиқлик мувозанати ҳолатида (2)

тенгламанинг чап томонидаги $\frac{pV}{N}$ катталики ҳар қанча давомийда ўзгармайди ва T температурага пропорционалдир

$$\frac{pV}{N} = kT, \quad (1)$$

бунда k — пропорционаллик коэффициенти. (2) ва (3) кўра $\frac{2}{3} \bar{E} = kT$ ёки $\bar{E} = \frac{3}{2} kT$. Бу ифодада кўра температура молекулалар ўртача кинетик энергиясига пропорционалдир, яъни температура — молекулалар ўртача кинетик энергиясининг ўлчовидир. Бу тенглама орқали аниқлашга 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 яқинлашмоқчи бўлсангиз, эришиш 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°C га, сувнинг қайнаш температураси (нормал атмосфера босимида) 100°C га тўғри келади. Ҳар икки шкалада градуслар қиймати бир. Амалда кўпинча 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:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}.$$

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

Ўртача кинетик энергияси, $\bar{E} = \frac{3}{2} kT$ эканини ҳисобга ол-
сак,

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

тенгламага келамиз. Бунда k — Больцман доимийси, T — аб-
солют температура. Молекула сони N ни N_A Авогадро сони
ни $\nu = \frac{m}{\mu}$ модда миқдори орқали ифодалаб, $N = \frac{m}{\mu} N_A$ га
 $pV = kN_A$ 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
эканлигини 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) тенгла-
малар Клапейрон тенгламаси деб аталади.

6.13. Газ қонунлари. Изотермик жараён. Темпера-
тура доимий қолган ҳолда идеал газнинг ҳо-
лати ўзгаргандаги жараённи изотермик жараён деб
атайлади.

Идеал газ ҳолати тенгламаси

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

ни кўра берилган массали газнинг T температураси доимий
қолганда унинг p босими билан V ҳажми кўпайтмаси ўз-
гармас миқдордир:

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

ёки

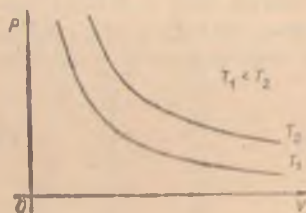
$$p_1 V_1 = p_2 V_2; T = \text{const.}$$

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).

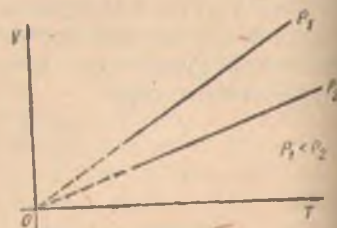
Турли температураларга турлича изотермалар моҳият келади.

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

Идеал газ ҳолати тенгламаси (1) га кўра берилган массали газнинг p босими доимий бўлганда унинг V 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.

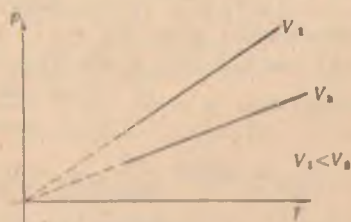
Идеал газ ҳолати тенгламаси (1) га кўра берилган массали газнинг V ҳажми доимий бўлганда p босимининг T абсолют температурасига нисбати ўзгармас миқдордир.

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

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). Ҳажмининг турли қийматларига турлича изохоралар мос келади.



36-расм.

Масала ечиш намуналари

6.1. Бўяш ишларини амалга ошириш учун бўялаган 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 экан билан тушунтирилади.

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

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

6.5. Секин қотадиган ангидрит цемент табиий кальций сульфат (CaSO_4)га ишлов бериш йўли билан олиниши. Кальций сульфатнинг μ моляр массасини, битта молекуласининг m_0 массасини аниқланг. $m = 1$ кг кальций сульфат қанча ν модда миқдори ташкил қилади?

Ечилиши. Менделеевнинг кимёвий элементлар даврий системасига кўра Ca, S, O элементларининг нисбий молекуллар массаси $M_{\text{Ca}} = 40$; $M_{\text{S}} = 32$; $M_{\text{O}} = 16$. Уларнинг моляр массалари $\mu = M \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ 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 ўлчамини 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 эч 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 қарамасдан 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. $T_1 = t_1 + 273^\circ\text{C} = 1200^\circ\text{C} + 273^\circ\text{C} = 1473\text{K}$; $T_2 = 933\text{K}$; $T_3 = 1623\text{K}$.

Мустақил 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 нуқтаи назаридан бунни қандай изоҳлаш мумкин?

6.2. Кукусимон қурилиш материалларини ташиш ва шундай моддалар билан омборхоналарда ишлашни имкони борича механизация зиммасига юклаш лозим; материалларнинг температураси 40°C ва ундан юқори бўлганда эса қўл меҳнатига йўл қўйиб бўлмайди. Нима учун?

6.3. Кавшарлаш 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 ҳосиллик 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 тупроқ ва бошқа аралашмалар бўлмаслиги керак. Тўлдирувчилар шундай моддалар билан ифлослангани учун бетон сифатининг ёмонлашиши сабабини изоҳланг.

6.10. Кукунсимон қурилиш материалларининг майдаллиги 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 μ_1 ва μ_2 қандай?

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

3. Бир килограмм рух упаси қанча ν 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:

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

Мазкур ҳароратларни цельсий градусларида ифодаланг.

[шиша — 1150°C дан 1400°C гача; кварц — 1710°C ; сақич — 30°C дан 14°C гача; бўр — 18000°C .]

6.13. Қурилиш конструкцияларининг сиртларини бўйшага тайёрлаш ишлари хона ҳарорати $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$ дан, ташқи сиртларни оҳакли таркиб билан пардозлаш суткали ўртача ҳарорат $t_2 = 5^{\circ}\text{C}$ дан кам бўлмаганда бажарилади. Биноларнинг ташқи томонини бўйаш 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

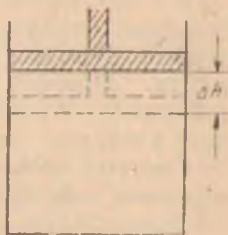
Буларни цельсий градусларида ифодаланг. [Ацетон — 95°C , сув — 0°C , скипидар — 10°C .]

6.15. Ёғоч сиртларни олифлашда олиф $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$ — 60°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 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 остинда 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 Δh 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, α — 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 қўйсак 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 қенгаётган 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 Δh силжишлар учун ўринлидир.

7.2. Иссиқлик миқдори. Моддаларнинг солиштира иссиқлик сиғими. 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 коэффициенти модданинг солиштирма иссиқлик сифими деб аталади. (1) ифодада $m = 1$ кг, $t - t_0 = 1^\circ\text{C}$ деб олинса, $c = Q$ ни оламыз, бундан c коэффициентининг физик маъноси келиб чиқади: солиштирма иссиқлик сифими сон қиймати жиҳатида модданинг 1 кг массаси температурасини 1°C га ўзгартириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдорига тенгдир.



38-расм.

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 ΔU ўзгариши бажарилган ΔA иш билан, системага узатилган ΔQ иссиқлик миқдори йиғиндисига тенг:

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

Бу ифода энергиянинг сақланиш қонунининг иссиқлик жараёнларига татбиқи бўлиб, *термодинамиканинг биринчи қонуни* дейилади. (1) ифодани қуйидагича 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 қуйидагича таърифланиши мумкин: системага узатилган иссиқлик миқдори унинг ички энергиясининг ўзгаришига ва система-

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 қўпаяди. Бунда газнинг ички энергияси ортади. Газ кенгайганда иш бажаради ва совийди. Бунда унинг босими ҳам камаёди. 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 нисбатан иссиқлик двигателининг η *фойдали иш коэффициенти* (қисқача $\Phi. И. К$) деб аталади:

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

ёки фойда

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

Француз олими С. Карно (1832) идеал иссиқлик машинасининг $\Phi. И. К$ 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 коэффициенти *нинг* қиймати (3) ифода билан аниқланадигандан катта бўла олмаслигини исботлади. Бундан $\Phi. И. К. 100\%$ га тенг бўлиши мумкин эмаслиги келиб чиқади, чунки совиткичнинг абсолют температурасини нолга тенг қилиш мумкин эмас.

Иссиқлик машинасининг фойдали иш коэффициенти *ни* ошириш учун ишчи модданинг иссиқлик йўқотиши-

ни 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 $Q = 10,2 \text{ МЖ}$ 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 $m = Q/(c \cdot (t - t_0)) = 10,2 \times 10^6 \text{ Ж} / (3,0 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} (80^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C})) = 50 \text{ кг}$.

7.2. $m_1 = 100 \text{ кг}$ массали мумни $t_0 = 12^\circ\text{C}$ температурадан юмшаш температурасигача иситиш учун $m_2 = 1 \text{ кг}$ 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 чиқади-ган 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 м^3 бетон қуйиш учун $m_1 = 1200 \text{ кг}$

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

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 бетонқорғичнинг 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

$$\begin{aligned} t &= [c (m_1 + m_2 + m_3) (\theta - t_0) + \theta \eta c_4 m_4] / \eta c_4 m_4 = \\ &= \frac{8,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{K}} (1200\text{кг} + 600\text{кг} + 200\text{кг}) 20\text{K} + 30^\circ\text{C} \cdot 0,8 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{C}} \cdot 200\text{кг}}{0,8 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot \text{C}} \cdot 200\text{кг}} = \\ &= 80^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

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 сизими $c = 0,84$ кЖ/кг·К. [$Q = \sigma t (t = t_0) = 14$ МЖ.]

7.2. Қурилишда ишлатиладиган кўпгина пластмасса

буюмлар $t = 150^\circ$ температурада юмшай бошлайди. Буюмнинг солиштирма иссиқлик сифими $c = 1,04 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, бошланғич температураси $t_0 = 18^\circ\text{C}$ бўлса, қанча иссиқлик миқдори уни ишчи ҳолатдан чиқаради? Буюм массаси $m = 200\text{г}$. $[Q = 27,5 \cdot 10^3 \text{Ж}]$

7.3. Қийин эрийдиган лойни $t = 1300^\circ\text{C}$ температурагача қиздириш билан ишлаб чиқарилади. Агар лойнинг ўртача солиштирма иссиқлик сифими $c = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{Ж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ 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 $t = 0^\circ\text{C}$ дан мум оқадиган $t = 80^\circ\text{C}$ 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 $t_0 = 12^\circ\text{C}$ температурадан $t = 76^\circ\text{C}$ 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 θ температурали қоришма ҳосил бўлади?

Қум, шағал, цементларнинг солиштирма иссиқлик сифимлари c га тенг. Бетонқорғичнинг Ф. И. К.и η . Сувнинг солиштирма иссиқлик сифими $c' \cdot [\theta = (c(m_1 + m_2 + m_3)t_0 + \eta c'm_4t) / (\eta c'm_4 - c(m_1 + m_2 + m_3))]$

8. МОДДАЛАР АГРЕГАТ ҲОЛАТЛАРИНИНГ ЎЗГАРИШИ

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 — суюқликнинг суюқлашмасининг температураси ўзгармайди. Берилаётган буғнинг энергия қаттиқ жисм молекулалари орасидagi бaғдaлaш ишнн узшгa сaрф бўлaди. Қaттиқ жисм суюқлaшкaн aйлaниб бўлгaч, иссиқлик миқдoри суюқликни иситишгa сaрф бўлaди.

1 кг қаттиқ жисмни эриш температурасидa ўшaн тeмпeрaтурaли суюқликкa aйлaнтириш учун зaрур бўлaдигaн L иссиқлик миқдoри эришнинг солиштирмa иссиқлиги деб атaлaди.

Массaси m бўлгaн қаттиқ жисмнинг эриш учун Q , иссиқлик миқдoри сaрфлaнгaн бўлсa,

$$L = \frac{Q_{\text{э}}}{m}. \quad (1)$$

Бундaн

$$Q_{\text{э}} = Lm. \quad (2)$$

Қотиш жараёнида шунча иссиқлик миқдoри ажaлaт чикaди:

$$Q_{\text{с}} = -Lm.$$

(1) ифoдaгa кўрa эришнинг солиштирмa иссиқлиги L нинг бирлиги:

$$\text{Ж/кг}, [L] = [Q] / [m] = \text{Ж/кг}.$$

Муз эришининг солиштирмa иссиқлиги $3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$, минерaл

$1,8 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$, пўлат учун $0,82 \cdot 10^5 \frac{\text{Ж}}{\text{кг}}$.

8.2. Буғ ҳосил бўлиши. Буғ ҳосил бўлишининг солиштирмa иссиқлиги. Моддaнинг суюқ ҳoлaтдaн тaвaт тaвaтгa ўтиши буғ ҳосил бўлиши деб атaлaди.

Суюқликнинг эркин сиртидaн буғ ҳосил бўлиши буғлaниш деб атaлaди.

Суюқлик молекулaлaри бoшқa молекулaлар қурилиш тaрзи вa уларгa тoртилиб турaди. Шунинг учун молекулa суюқликдaн чиқиб кетиши учун чиқиб кетиш ишнн бaғдaлaш атaлгaн ишнн бажaриши кeрaк. Бу иш молекулaнинг кинетик энергияси ҳисoбигa бажaрилиши мумкин. Дaстaвкa тaвaт ҳaрaкaт нaтнжaсидa кaттa тeзликкa эришгaн молекулaларгинa суюқликни тaрк этиши мумкин. Буғлaниш ривжoлaнaди, буғлaниш жараёнидa суюқликдa қoлгaн молекулaларнинг ўртaчa кинетик энергияси вa дeмaк, суюқликнинг температураси пaсaяди.

Суюқликнинг Ғагармас температурада бугга айланти-
риш учун унга иссиқлик миқдори бериб туриш керак.
У бу суюқликнинг Ғагармас температурада бугга айлан-
тириш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори *буғ
ланган билининига λ солиштирма иссиқлиги* деб атала-
ди, шунинг учун суюқлик бугга айланиш учун Q_6 иссиқлик
миқдори сифатида қўйилган бўлади.

$$\lambda = Q_6 / m \quad (1)$$

Бундан

$$Q_6 = m \cdot \lambda \quad (2)$$

Туртинчи ҳаракат қилаётган буғ молекулалари яна
суюқликка қайтиш тушини мумкин. Бу жараён *конден-*
сация деб аталади. Буғ конденсацияланганда иссиқлик
миқдори ажратиб чиқади:

$$Q_k = -m \cdot \lambda \quad (3)$$

III та сўра буғ ҳосил бўлиши солиштирма иссиқлигининг
қандай бўлиши $\lambda = \frac{Q_6}{m}$, $|\lambda| = |Q_6| / |m| = \text{Ж/кг}$.

III та температурада сув буғи ҳосил бўлишининг со-
лиштирма иссиқлиги $2,26 \cdot 10^6 \text{ Ж/кг}$ га тенг. Спирт учун
ҳар бир температурасида $\lambda = 0,9 \cdot 10^6 \text{ Ж/кг}$.

Бугланиш теълиги қуйдаги сабабларга боглиқ:

II суюқликнинг турига. Молекулалари бир-бирига
яқинроқ куч билан тортиладиган суюқликларда бошқа
молекулаларнинг тортиш кучларини енга оладиган мо-
лекулалар кўпроқ бўлади. Шунинг учун бундай суюқ-
ликлар тез бугланади. Масалан, спирт сувга қараганда
тез бугланади.

VI суюқликнинг температурасига. Бугланиш суюқ-
ликнинг ҳар қандай температурасида содир бўлади.
Лекин суюқликнинг температураси қанчалик юқори
бўлса, бошқа молекулаларнинг тортишиш кучларини
енга оладиган тез ҳаракатланувчи молекулалар шунча
кўп бўлади. Шунинг учун суюқликнинг температураси
қанчалик юқори бўлса, бугланиш шунча тез содир бўлади;

4) суюқликнинг эркин сирти юзига. Суюқликнинг
эркин сирти катталашгани сари уни бир вақтда тарк
ат оладиган молекулалар сони кўпаяди. Шунинг учун
суюқликнинг очиқ сирти кўпайгани сари бугланиш тез-
лашиб кўпаяди;

4) суюқлик сирти устидаги газ (ҳаво)нинг ҳарака-
тига. Шамол эсиб туриши суюқлик сиртидаги буғ мо-

лекулаларини ундан узоқлаштиради ва молекулаларининг суюқликка қайтиб тушини эҳтимолини кучайтиради.

8.3. Қайнаш. Сув қуйилган колбага вақт биринчида бир хил миқдорда иссиқлик бериб, сувининг ичинда кузатайлик.

Суюқликда ҳамма вақт эриган ҳолда маълум миқдорда газ ёки ҳаво бор. Ҳар қандай температурада ҳам ёки газ пуфакчалари ичига буғланган содир бўлади. Пуфакчалар ичидаги босим ҳаво ва тўйинган буғ парциал босимлари йигиндисига тенг ва у ташқи атмосфера босими ҳамда пуфакчалар юқорисидаги суюқликнинг 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 камайди. Пуфакчада ташқи атмосфера босими пуфакчаларни сиртига ташлайди ва буғ суюқликка қўшилиб кетади. Суюқликнинг юқори қатламлари исигани сари юқорига юқарилаётган пуфакчалар суюқлик сиртига чиқиб борилади. Бунда пуфакчалар ичидаги босим атмосфера босимини тенг бўлади ва шундан кейин суюқликка бериладиган иссиқлик миқдори фақат буғ ҳосил бўлишининг сарфини қоплатиши керак. Шундай қилиб, ўзгармас температурада суюқликнинг бутун ҳажмида ва суюқлик сиртидан буғланган содир бўлади. Бу ҳодиса *қайнаш* деб аталади. Қайнаш содир бўладиган температура *қайнаш температураси* деб аталади.

Шундай қилиб, ўзгармас температурада суюқликнинг бутун ҳажмида ва суюқлик сиртидан буғланган содир бўлади. Бу ҳодиса *қайнаш* деб аталади. Қайнаш содир бўладиган температура *қайнаш температураси* деб аталади.

Суюқлик устидаги ташқи босим камейган сари қайнаш температураси камайди ва аксинча. Масалан, нормал атмосфера босими ($p_0 \approx 10^5$ Па) да сув 100°C да босим 2260 Па бўлганда 20°C да қайнайди.

8.4. Ҳавонинг намлиги. Ҳавонинг намлиги Ер атмосферасида сув буғларининг мавжуд бўлиши билан характерланади. Атмосферада содир бўладиган табиғий ҳодисалари, ишлаб чиқаришдаги технологик жараянлар, тирик организмларнинг нормал ривожланиши, асосининг яшаш ва ишлаш шароитлари, китоб ва санъат асарларининг яхши сақланиши учун намликнинг мавжуд аҳамияти бор.

Атмосфера ҳавоси турли хил газлар билан сув буғининг аралашмасидир. Бошқа газлар бўлмаганда газ

Бунинг бериши мумкин бўлган босим сув буғининг P катталиги деб аталади. Бу катталиқ абсолют намлик ҳам аталади ва Паскалларда ўлчанади.

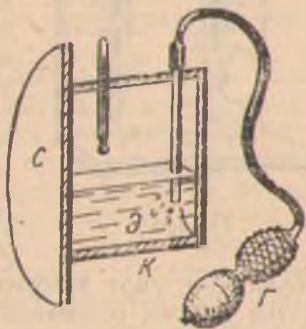
Абсолют намликни билиш билан атмосферадаги сув буғи тўйиниш даражасидан қанчалиқ узоқ ёки яқинлиги тўғрисида бирор фикр айтиб бўлмайди. Бунинг нисбий намлик деб аталадиган катталиқ киритилади.

Маълум ҳароратда ҳаводаги сув буғи P эластиклигининг бу ҳароратдаги тўйинган буғнинг p_0 босимига нисбати η нисбий намлик деб аталади: $\eta = \frac{P}{p_0}$ ёки фоз билан $\eta = \frac{P}{p_0} \times 100\%$.

Бунинг буғланиш ёки конденсацияланиш жадаллиги шунинг тирик организмларнинг намлик йўқотиши нисбий намликка боғлиқ. Агар ҳаво температураси совийдими, ундаги мавжуд бўлган сув буғлари тўйинган сув бўлавери бўлиб қолади. Бунинг натижасида сув буғларининг конденсацияси бошланади: туман ҳосил бўлади, шудринг тушади. Сув буғи тўйинадиган ҳолдаги ҳарорат шудринг нуқтаси деб аталади.

Ҳавонинг намлиги гигрометрлар ва психрометрлар ёрдамида ўлчанади.

Бунинг содда гигрометр (39-расм) ёддиги C девори яхшидан силлиқланган K металл қутичадан иборат. Қутичанинг ичига осон буғланадиган суюқлик эфир қуйилади ва термометр киритилади. G резина чамбир ёрдамида қутича орқали ҳаво ўтказилиб, эфир тез буғлантирилади, натижада қутича тез совийди. C деворнинг ички сиртида шудринг томчилари пайдо бўла бошлагани ҳарорат термометрдан аниқланади. Ҳавонинг ҳароратини ва шудринг нуқтасини билган ҳолда махсус жадваллардан абсолют ва нисбий намликни аниқлаш мумкин.

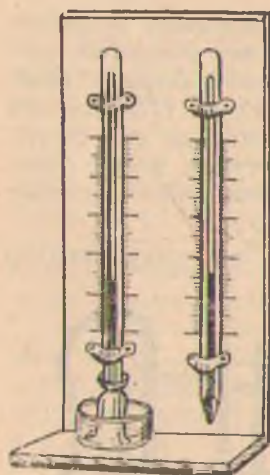


39-расм.

Одамнинг ёғдан тозаланган сочининг эластиклик кўрсаткичлари 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, иккинчиси нинг резервуарига бир учи сувга ботириб қўйилган мато ўралган иккита термометрдан иборат (40-расм). Қуруқ термометр ҳавонинг ҳароратини кўрсатади. Иккинчи термометрнинг кўрсатиши матодан сувнинг буғланган 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.



40-расм.

8.5. Сирт таранглик кучлари

Суюқлик ичидаги молекула итрофини 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 молекулаларнинг 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 σ *сирт таранглик коэффициенти* деб аталади:

$$\sigma = U_n / S.$$

Сирт таранглик коэффициенти чегарадош муҳитларнинг табиатига ва ҳароратга боғлиқ. Унинг ўлчов бирлиги Ж/м^2 ёки Н/м .

Суюқлик ичидаги молекулалар деярли бир-бирига тегиб туради. Улар ўртасида итаришни 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.

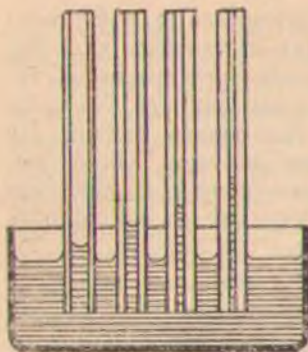


42-расм.

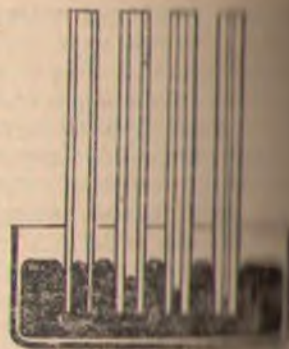
Пропорционаллик коэффициенти сирт таранглик коэффициентига тенг.

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 θ 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 θ 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.

Ҳўлловчи суюқлик капиллярда кўтарилади (43-расм). Тулиқ ҳўллашда ($\theta = 0^\circ$) суюқлининг эгилган сирт-ни ярим сфера деб қараш мумкин, унинг радиуси айланишнинг r радиусига тенг. Сирт қатламининг айланиш шаклидаги чегараси бўйлаб суюқликни $P = \sigma \cdot 2\pi r$ сирт таранглик кучи таъсир қилади. Бу куч баландлиги h бўлган суюқлик устунига таъсир этувчи

$$P = mg = \rho Vg = \rho Shg = \rho \pi r^2 hg$$

огирлик кучини мувозанатлайди. Шунинг учун

$$\sigma 2\pi r = \rho \pi r^2 hg.$$

Бу тенгламадан ҳўлловчи суюқлиқнинг капиллярда кўтарилиш баландлиги

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}. \quad (1)$$

Ҳўлламайдиган суюқлик капиллярда кенг илтишган суюқлик сатҳидан пастга тушади (44-расм). Суюқлиқнинг пасайиш h чуқурлиги ҳам (1) ифода орқали аниқланади.

Масала ечиш намуналари

8.1. Бинодаги ҳўл термометр $t_x = 10^\circ\text{C}$ ни, қурутган $t_k = 14^\circ\text{C}$ ни кўрсатмоқда. Бинонинг иссиқликкий ҳимий қилиш қобилияти ўзгартирилмаслиги учун бино ичид

нисбий намлик 65% дан кам бўлиши керак бўлса, юқоридаги қандай чора кўриш керак?

Ҳаллиши. Психрометрик жадвалга кўра ҳавонинг нисбий намлиги 60% дан кам. Демак, бинопинг қувиқлигини ҳимоя қилиш қобилиятини ўзгартирмаслик керак.

8.2. Ҳавонинг ҳарорати $t = 16^\circ\text{C}$, нисбий намлиги $\eta = 60\%$ ни ташкил қилади. Бўяш ишларини амалга ошириш учун намлик $\eta_5 = 70\%$ дан ошмаслиги зарур бўлса, ҳароратнинг қанча Δt га камайишига йўл қўйиш керак? Ҳаводаги буғ миқдори ўзгармайди деб ҳисоб-қисил.

Ҳаллиши. $t = 16^\circ\text{C}$ да ҳавонинг ρ абсолют намлиги $\rho = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$ ифодадан топилади: $\rho = \frac{p_0 \eta}{100\%}$. Бунда $p_0 = 11,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ — шу ҳароратдаги тўйинган буғ зичлиги. Ҳисоблаш билан $\rho = 8,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ ни оламиз. Мазкур абсолют қайси ҳароратда $\eta_6 = 70\%$ нисбий намликни ташкил этишини аниқлаш керак: $\eta_6 = \frac{\rho}{\rho_{\text{об}}} \cdot 100\%$, бу ерда:

$\rho_{\text{об}}$ — ушш t_6 ҳароратда ҳавони тўйинтирувчи буғнинг зичлиги. Бундан:

$$\rho_{\text{об}} = \frac{\rho \cdot 100\%}{\eta_6} = \frac{8,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 100\%}{70\%} = 11,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Ҳисобдан $\rho_{\text{об}}$ 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?

Ҳалати. Тупроқнинг F намлиги деб унинг таркибидagi сув m массасининг қуруқ тупроқнинг M массасига нисбатига айтилади.

Ҳаллиши. Тупроқнинг намлиги таърифига кўра:

$$\begin{aligned} F &= \frac{m}{M} \cdot 100\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\% = \\ &= \frac{1,1 \text{ кг} - 1 \text{ кг}}{1 \text{ кг}} \cdot 100\% = 10\%. \end{aligned}$$

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 қараңг). Тупроқ қуритилганда массаси $M=6,2$ кг бўлган. Намликдаги сувнинг m массасини аниқланг.

Тупроқни етарлича зичлаштириш учун оптимал намлик $F'_0=30\%$ бўлиши керак бўлса, намунага қанча сув массаси m_0 қўшиш керак?

Е ч и л и ш и. 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. Ўси билан $m_0 = m_1 - m = 1,86 \text{ кг} - 0,62 \text{ кг} = 1,24 \text{ кг}$ миқдорда сув қўшиш керак.

8.5. Нима учун бино пойдевори устқурмадан нима ўтказмайдиган бирор материал (рубронд, таста ва шунга ўхшаш) билан ажратилиши керак?

Е ч и л и ш и. Ердаги нам ғишт, бетон, пахса ва бино қалардаги капилляр найлар орқали бино деворига тарилмаслиги учун.

8.6. Агар ғиштдаги капилляр найлар диаметри $d=0,2$ мм тартибда бўлса, намлик ердан ғиштли бино девори бўйлаб қанча h баландликка кўтарилади? Сувнинг зичлиги $\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, сирт таранглик коэффициентини $\sigma = 72,8 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$.

Е ч и л и ш и. 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 намлик $\eta = 62\%$ ни ташкил 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 ҳисобланг. [Мумкин эмас.]

8.2. Ҳонанинг ҳажми $V = 80 \text{ м}^3$, қишда унда ҳарорат $t = 13^\circ\text{C}$ гача пасайиши маълум бўлса, гипс материаллаштириш мумкинми? ρ абсолют намлик нимага тенг?

Ҳаводаги сув буғининг массаси $m = 0,6 \text{ кг}$, $t = 14^\circ\text{C}$ ҳароратда ҳавонинг тўйинтирувчи сув буғининг зичлиги: $\rho_0 = 13,61 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$.

Решение. Гипсдан ишланган материаллар ишлатилиши учун нисбий намлик $\eta_0 = 60\%$ дан ошмаслиги зарур. $[\rho = m/V = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$;
 $\eta = \frac{100\%}{V \rho} = 55\%$, демак, мумкин.]

8.3. Ҳонадаги нисбий намлик $\eta = 60\%$ дан юқори бўлган ҳолларда қурилишга гипсдан ишланган материаллар ишлатиб бўлмайди. Ҳавонинг ҳарорати $t = 20^\circ\text{C}$ бўлса, шунисбий намликда ρ абсолют намлик қанча бўлади? Ҳонанинг ҳажми $V = 74 \text{ м}^3$ бўлса, ундаги сув буғларининг m массаси қанча? 20°C ҳароратда ҳавонинг 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. Манжий термометр ёки ўқув термометри ёрдамида аудитория ёки уйнинг нисбий намлигини аниқланг. Ҳавонинг ишларини амалга ошириш мумкинми?

Решение. Бўяш ишларини амалга ошириш учун нисбий намлик $\eta_0 = 60\%$ дан ошмаслиги зарур.

8.5. Сувоқ қилинган сиртнинг намлигини аниқлаш учун $m_1 = 50 \text{ г}$ массали сувоқ қурилди. Бунда унинг массаси $m_2 = 46 \text{ г}$ чиқди. Сиртнинг F намлигини ҳисобланг.

$$\left[F = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% \approx 8,3\% \right]$$

8.6. Агар сувоқ намлиги $F = 8\%$ ни ташкил этса, сувоқ қуриган ҳисобланади. Қуриган сувоқнинг ҳар бир

$$m_1 = 1 \text{ килограммида қанча } \Delta m \text{ сув миқдори бора? } [\Delta m] \\ = m_1 \left(1 - \frac{100 \%}{F + 100 \%} \right) = 0,074 \text{ кг. }]$$

8.7. Бинонинг гиштдан ишланган девори бўйлаб ёрнамлик $h = 12$ см баландликка кўтарилган бўлса, гиштнинг капилляр найлар диаметри қанча? Сувнинг зичлиги $\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, сирт таранглик коэффициенти $\sigma = 72,8 \text{ мН/м}$

$$\left[d = \frac{4 \sigma}{h \rho g} \approx 0,24 \text{ мм.} \right]$$

8.8. Босма қоғозлар, рейкалар, кнопкалар, папелар, сувли тарелка ёрдамида бинони намликдан муҳофизат қилишнинг таъсирини кузатиш бўйича тажриба ўтказинг.

8.9. Чизғич, сувли кенг идиш (намланган мато) ёрдамида гишт ёки бетон бўлагидаги капилляр найлар диаметрини баҳоланг.

8.10. Мойловчи материал таркибида сув бўлмаганга қадар лозим. Мойда сув бор ёки йўқлигини аниқлаш учун қиздирилади. Агар мойда сув томчилари бўлса, шунга учун у кўпиради? [Мой қиздирилганда ундаги сув томчилари буғ пуфакчалари ҳосил қилган ҳолда бўғдан 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 қум билан аралаштирилади. Қум зарраларининг ўтпор қирралари қобиқни ёради ва шу туфайли цемент суви билан бирикади.]

8.12. Нима учун бўяладиган сиртлар олдин ямғирланади. [Сиртлар алифланганда жисмдаги капилляр найлар бекилади.]

8.13. Суюқ бўёқ таркибини текшириш учун унинг ингичка тасма шаклида қирқилган филтър қоғози ёрдамида текширилади. Бунда бўёқ таркибидаги ранглар қоғозга шимилиб, бўёқнинг таркибий қисмлари ҳар хил баландликка кўтарилади. Нима учун? [Бўёқ таркибидеги кўриувчи суюқ моддаларнинг сирт таранглик коэффициенти турлича бўлгани учун.]

8.14. Пипетка ёрдамида изоплен, гулқоғоз, бакелит, тахта, гишт, бўялган ёғоч, бетон, сувоқ, тунука, шифон

жисмларига сув томизинг. Сув бу жисмларнинг қайси қисмига ҳушайди?

II ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ МЕХАНИК ХОССАЛАРИ. ЖИСМЛАРНИНГ ИССИҚЛИКДАН 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 харақатланади. Бу ифодаларда l_0 — жисмнинг бошланғич узунлиги, l — охириги узунлиги.

Жисмга ташқи таъсир натижасида юзага келган F кучнинг кучли модулининг жисмнинг S кўндаланг қиёвий юзига нисбати билан аниқланадиган σ катталик *кучланиш* деб аталади:

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

Жисмлар деформация жуда оз бўлганда ($\Delta l \ll l_0$) Гук қонуни ўринли бўлишини кўрсатади: кучланиш нисбий узайишга пропорционалдир, яъни

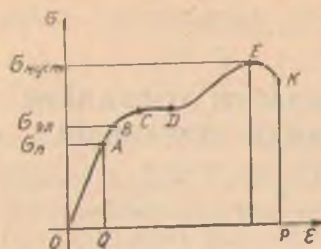
$$\sigma = E \frac{|\Delta l|}{l_0}. \quad (2)$$

Б пропорционаллик коэффициентини *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 σ кучланишининг ϵ нисбий узайишга боғланиш графигини чизиш мумкин (45-расм). Бу график *чўзилиш диаграммаси* деб аталади. Деформация жуда кичик бўлганда Гук қонуни ўринлидир (диаграмманинг ОА қисми). Гук қонуни тўғри бўлган ҳолдаги энг катта σ_p кучланиш *пропорционаллик чегараси* деб аталади. Кучланишнинг кейинги охирида Гук қонуни ўринли бўлмайди, лекин унча катта бўлмаган деформацияларда куч таъсири тўхтатилганда кейин жисмнинг шакли ва ўлчамлари дастлабки



45-расм.

ҳолига келади (диаграмманинг *AB* қисми). Сезиларли қаттиқ деформациялар найдо бўлмай диган ҳолдаги энг катта кучланиш эластиклик чегараси деб аталади. Кучланиш σ дан ортиқ бўлган ҳолдаги деформация юзага келади (диаграмманинг *BC* қисми). Бу таъсири тўхтатилганидан кейин йўқолмайдиган деформациялар

пластик деформациялар деб аталади.

Кучланишнинг диаграммадаги *C* нуқтага мос келган қийматида ташқи куч ортмаса ҳам узайиш ортади. Бу ҳодиса материалнинг *оқувчанлиги* дейилади. Кейинчалик деформация ортиши билан яна кучланиш орта боради (диаграмманинг *DE* қисми) ва *E* нуқтага энг катта қийматга эришади. Сўнгра кучланиш тўхталиб, жисм емирилади (диаграммада *K* нуқта). *E* нуқтага таъсир келган кучланишнинг $\sigma_{\text{муст}}$ қиймати *муштаҳкамлик чегараси* деб аталади.

Муштаҳкамлик чегарасининг йўл қўйиладиган оқувчанлишдан неча марта катта эканлигини кўрсатадиган *муштаҳкамлик запасининг коэффициенти* деб аталади.

$$n = \frac{\sigma_{\text{муст}}}{\sigma_{\text{йўл}}}$$

9.3. *Жисмларнинг иссиқликдан кенгайиши.* Қаттиқ жисмлар иситилганда унинг атом ва молекулаларининг кинетик энергияси ортади ва улар мувозанат вазиятири 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 Δl ўзгариши ҳарорат ўзгариши Δt га ва жисмнинг бошланғич узунлиги l_0 га пропорционал: $\Delta l = \alpha l_0 \Delta t$, бунда α — пропорционаллик коэффициенти чизиқли кенгайиш коэффициенти деб аталади; $\Delta l = l - l_0$, $\Delta t = t - t_0$. Бу коэффициент сон қиймати жиҳатидан жисмнинг 1°C иситилгандаги $\Delta l/l_0$ нисбий узайишига тенгдир. Ҳарорат ўзгарганда жисм ҳажмининг ΔV ўзгариши унинг бошланғич ҳажми V_0 га ва ҳарорат ўзгариши Δt га пропорционал: $\Delta V = V_0 \beta \Delta t$. β ҳажмий коэффициент

Бетоннинг коэффициентлари чизиқли кенгайиш коэффициентлари α билан қўйидагича боғланган: $\beta \approx 3\alpha$.

Масала ечиш намуналари

0.1. $h = 20$ м баландликдаги гиштдан ишланган девор қандай σ кучланиш юзага келади? Гиштнинг зичлиги $\rho = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Ечилиши. Кучланиш таърифига кўра

$$\sigma = F/S, \quad (1)$$

бу ерда

$$F = mg = \rho Shg; \quad (2)$$

бу ерда S — девор асосининг юзи. (2) ни (1) га қўйсак,

$$\sigma = \rho Shg/S = \rho gh = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м} \approx 3,5 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

0.2. Агар бетон устун бардош бера оладиган p босим (устундақамлик чегараси) 10 МПа га тенг бўлса, унинг h баландлиги кўпи билан қанча бўлиши керак? Бетоннинг зичлиги $\rho = 2200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ 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:

$$F = p \cdot S. \quad (2)$$

Шунингчи томондан бетон устунга таъсир қилувчи F куч асосан кучидан иборат:

$$F = mg, \quad (3)$$

бу ерда m — устуннинг массаси бўлиб, уни зичлик ва устуннинг ҳажми орқали ифодалаш мумкин:

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

(4) ни (3) га қўйсак,

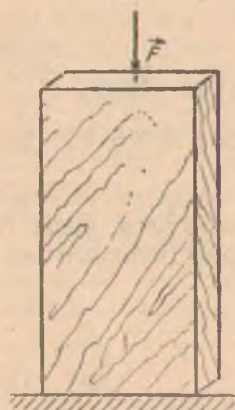
$$F = \rho Shg \quad (5)$$

ни олаемиз. (2) ва (5) ни тенглаймиз: $\rho Shg = p \cdot S$.

$$\text{Шундан: } h = \frac{p}{\rho g} = \frac{10 \cdot 10^6 \text{ Па}}{2200 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 455 \text{ м}.$$

9.3. Қурилишда турли ўлчамга ва ёғоч турига бўлган тахталар кўп ишлатилади. Қалинлиги $a=60$ мм, кенглиги $b=150$ мм ва узунлиги $l_0=5$ м бўлган қарамбоқ тахта учун бикрлик нимага тенг? Юнг модулини $E=18000$ МПа деб олинг.

Ечилиши. E Юнг модули билан k бикрлик қўйилган тахта боғланган: $k = \frac{SE}{l_0}$, бу ерда l_0 — тахтанинг узунлиги, $S = ab$ — тахтанинг кўндаланг кесим юзи, қийматини ўрнига қўйсак, $k = abE/l_0 = 0,05 \text{ м} \cdot 0,15 \text{ м} \cdot 1,8 \cdot 10^{10} \text{ Па/м} = 22,5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}$.



46-расм.

9.4. Қалинлиги $a=40$ мм, кенглиги $b=100$ мм, узунлиги $l_0=6$ м бўлган тилоғоч тахтасига $F=10^6$ Н куч тола бўйлаб таъсир қилдирилган бўлса (46-расм), у қанчалик сиқилади? Ёғоч учун Юнг модулини $E=14000$ МПа, зичликни $\rho=670$ кг/м³ деб олинг. Тахтанинг ўз оғирлигини туфайли сиқилишини: а) ҳисобга олманг; б) ҳисобга олинг.

Ечилиши. а) кучланиш таъсирини ҳисобга олишга кўра

$$\sigma = F/S. \quad (1)$$

Бунда

$$S = ab. \quad (2)$$

S — тахта кўндаланг кесими юзи. Иккинчи томондан кучланиш нисбатан 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:

$$l - l_0 = l_0 F / abE = 6 \text{ м} \cdot 10^6 \text{ Н} / 0,04 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 1,4 \cdot 10^{10} \text{ Па} = 10,714 \text{ мм}.$$

б) тахтанинг ўз оғирлигини ҳисобга олсак,

$$l - l_0 = l_0 \left(F + \frac{P}{2} \right) / abE. \quad (4)$$

Бу ерда

$$P = mg \quad (5)$$

— тахтанинг оғирлиги. $m = \rho V = \rho ab l_0$ ни ҳисобга олган ҳолда (2) ни (1) га қўйилса, $l - l_0 = \frac{l_0}{E} \left(\frac{F}{ab} + \frac{l_0 \rho g}{2} \right)$

$$\text{Бинобарин, } l - l_0 = (6 \text{ м/1,4} \cdot 10^{10} \text{ Па}) \times \left(\frac{10^8 \text{ Н}}{0,04 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м}} + \frac{6 \text{ м} \cdot 670 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2}{2} \right) = 11 \text{ мм.}$$

0,6. Бино девори асосида ва деворнинг юқори қисмидаги ғиштнинг мустаҳкамлиги бир хил бўлиши керакми?

Ҳа. Бино асосидаги ғиштнинг мустаҳкамлиги юқори бўлиши керак.

0,0. Темір бетонли колонна F куч билан сиқилганда. Бетон учун Юнг модули E_6 темирники E_7 нинг $\frac{1}{20}$ ни, темирнинг S_7 қўндаланг кесим юзи бетонники S_6 нинг $\frac{1}{20}$ ни ташкил қилади деб ҳисоблаб, бетонга кучнинг қандай қисми тўғри келиши (F_6/F) ни топинг.

Ҳа. Қолонна бетон қисмининг кучланиши

$$\sigma_6 = F_6/S_6; \quad (1)$$

$$\text{темир қисмининг кучланиши } \sigma_7 = F_7/S_7. \quad (2)$$

Чаккини томондан

$$\sigma_6 = E_6 \Delta l/l_0; \quad (3)$$

$$\sigma_7 = E_7 \Delta l/l_0; \quad (4)$$

(1) ва (3) ни ҳамда (2) ва (4) ни тенглаб,

$$E_6 \Delta l/l_0 = F_6/S_6; \quad (5)$$

$$E_7 \Delta l/l_0 = F_7/S_7 \quad (6)$$

ларни оламиз. (5) дан: $F_6 = E_6 \frac{\Delta l}{l_0} S_6$. (6) дан: $F_7 =$

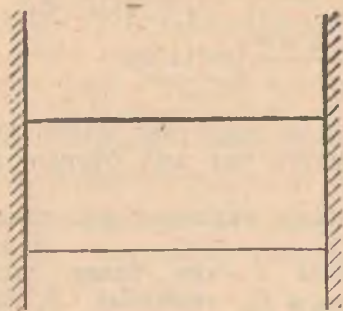
$$E_7 \frac{\Delta l}{l_0} S_7. F = F_6 + F_7 \text{ экани равшан } F = E_6 \frac{\Delta l}{l_0} S_6 +$$

$$E_7 \frac{\Delta l}{l_0} S_7. \text{ У ҳолда изланаётган катталиқ}$$

$$\frac{F_6}{F} = E_6 \frac{\Delta l}{l_0} S_6 / \left(E_6 \frac{\Delta l}{l_0} S_6 + E_7 \frac{\Delta l}{l_0} S_7 \right)$$

Бундан

$$\frac{F_6}{F} = \frac{1}{1 + \frac{E_7 \cdot S_7}{E_6 S_6}} = \frac{1}{1 + \frac{10}{20}} = \frac{2}{3}.$$



47-расм.

9.7. $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ҳароратда КП-140 маркали темир-бетон устун икки қўшмага мас таянчлар орасида горизонтал ҳолатда жойлаштирилган (47-расм). Ҳарорат $t = 20^\circ\text{C}$ гача кўтарилса, устун қандай куч билан таянчларга босади? Устуннинг кўшмаларнинг кесим юзи $S = 0,32\text{ м}^2$. Конструкция учун Юнг модули $E = 201 \cdot 10^9$ Па, кенгайиш коэффициентини $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ 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 Δl — 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 коэффициентлари бир хил бўлгани учун.

9.9. Гидрофоб (нам юқтирмайдиган) қўшимчалар қўшилган цементдан тайёрланган қоришмалар на бетонлар нисбатан совуққа бардошли бўлади. Нима учун?

Ечилиши. Маълумки, муз совуқдан кенгайиш

Армуур қўшимчалар бетон сиртида сув юқтирмайдиган
 пардалар ҳосил қилади ва бетон ёриқларига сув
 тушиши йўл қўймайдн. Шунинг учун ёриқлардаги муз-
 ланиш кенгайиши туфайли бетоннинг емирилиши олди
 олинади.

0.10. $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ҳароратда кенглиги $a = 1,0$ м, баландлиги
 $b = 0,5$ м, узунлиги $c = 1,18$ м бўлган Ф-20 типдаги
 бетон плитасининг ҳажми ҳарорат $t = 30^\circ\text{C}$ гача кўта-
 рилганда қанча ΔV га ўзгаради? Бетоннинг чизиқли кенга-
 йиш коэффициенти $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

Ечилиши. 0°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 коэффициенти. $\Delta t =$
 $t - t_0$ (1) ва (3) ни ҳисобга олсак, $V = a \cdot b \cdot c(1 + 3\alpha \cdot \Delta t)$,
 буни $\Delta V = V - V_0 = a \cdot b \cdot c \cdot 3\alpha \Delta t = 1,0 \text{ м} \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 1,18 \text{ м} \cdot 3 \times$
 $\times 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} \cdot 30 \text{ K} = 637,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$.

0.11. А-1 синфига мансуб арматуранинг диаметри $d =$
 $= 40$ мм. Арматура $\Delta l = 8$ мм га узайиши учун унга қан-
 ча иссиқлик миқдори узатиш керак? Арматура моддасининг
 zichлиги $\rho = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, иссиқликдан чизиқли кенгайиш коэф-
 фициенти $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$, солиштирма иссиқлик сиғими
 $c = 0,46 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

Ечилиши. Арматуранинг ихтиёрий ҳароратдаги узунли-
 ги

$$l = l_0(1 + \alpha \Delta t). \quad (1)$$

Бу ерда l_0 — арматуранинг бошланғич узунлиги, Δt — ҳаро-
 рат 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 масса-
 си. (3) дан Δt ҳарорат ўзгаришини топамиз:

$$\Delta t = \frac{Q}{c\rho} \quad (4)$$

Арматуранинг m массасини унинг ρ 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 чизикли кенгайиш коэффициентини $\alpha = 10,8 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$ деб олинг.

Ечилиши. Қаттиқ жисмларнинг ихтиёрий 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 чизикли 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 α чизикли кенгайиш коэффициентини аниқланг.

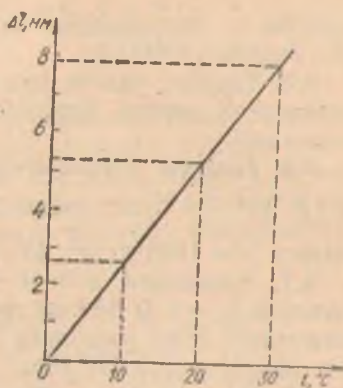
Ечилиши. Стерженнинг истаган t ҳароратдаги узунлиги

$$l = l_0 (1 + \alpha t) \quad (1)$$

афода билан аниқланади. Бу ҳолда l_0 — стерженнинг $t_0 = 0^\circ\text{C}$ даги узунлиги, α — чиқинди кенгайиш коэффициентининг $\Delta l = l - l_0$; $\Delta t = t - t_0 = 20^\circ\text{C}$ ни ҳисобга олиб, (1) тенг-

$$\alpha = \Delta l / l_0 \Delta t \quad (2)$$

қўйишда ёзиш мумкин. Графикдан, масалан, $t = 20^\circ\text{C}$ бўлганда $\Delta l = 5,2$ мм эканлиги аниқлаш мумкин. Маълум қийматларни (2) тенгламага қўйиб, α чизик-ли кенгайиш коэффициентини ҳисоблаймиз:



48-расм.

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t} = \frac{5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{20 \text{ м} \cdot 20^\circ\text{C}} = 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

Мустақил ечиш учун масалалар

0.1. Утказгичлар ва кабелларнинг кўндаланг кесим юзига 6 мм^2 гача бўлган симлардан пластмассали изоляциянинг олиб ташлаш учун ТК-1 маркали омбир (исканжа) ёрдамида изоляцияга бир вақтда термик ва механик таъсир кўрсатилади. Бу изоляция материалынинг қандай хоссаларига асосланган? [Изоляция материалы аморф жисмдир. Аморф жисмлар иситилганда шиллашади ва уни симдан механик усул билан ажратиш мумкинлашади.]

0.2. 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? [$p = mg/ab \approx 21,4 \text{ МПа}$.]

0.3. Баъзи бетон турлари учун йўл қўйиб бўладиган p босим 5000 кПа га тенг. Босим бундан кўпроқ бўлса, бетон конструкцияси емирилиши мумкин. Агар бетон устунининг S кўндаланг кесим юзи $1,6 \text{ м}^2$ га тенг бўлса, у қандай F кучга бардош бера олади? [$F = p \cdot S = 8000 \text{ кН}$.]

0.4. Москвадаги Останкино телеминораси пойдеворига ҳар бирининг S кесим юзи $4,7 \text{ м}^2$ бўлган $n = 10$ та «оққлар» билан таянади. Миноранинг массаси $m =$

$= 32000$ т. Миноранинг пойдеворига p босими қандай?
 $[p = mg/nS = 7 \text{ МПа.}]$

9.5. Тарози, чизгич ёрдамида гиштнинг уч вашига горизонтал сиртга берадиган босимини (кучланишини) аниқланг.

9.6. Гишдан ишланган девор асосидаги кучланиш $\sigma = 1,8 \cdot 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ бўлса, унинг баландлиги қандай? Гиштнинг 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 нисбати таъсир қилаётган бўлса, у қанчага сиқилади. Ёғоч учун Юнг модулини $E = 12,2 \cdot 10^9 \text{ МПа}$ деб олинг. $[k = abE/l_0 = 12,2 \cdot 10^8 \text{ Н/м.}]$

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 бўлиши таъсир қилаётган бўлса, у қанчага сиқилади. Ёғоч учун Юнг модулини $E = 14000 \text{ МПа}$, зичлики $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$ деб олинг. Тахтанинг ўз оғирлиги туфайли сиқилишини а) ҳисобга олманг; б) ҳисобга олинг. $[a) l - l_0 = l_0 \frac{F}{abE} = 15 \text{ мм}; б) l - l_0 = l_0(2F + abl_0\rho g)/2abE = 15,0072 \text{ мм.}]$

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_0/S_n) кам бўлиши мумкин? Пўлатнинг ва бетоннинг Юнг модуллари мос равишда $E_n = 200 \cdot 10^9 \text{ Па}$ ва $E_6 = 20 \cdot 10^9 \text{ Па}$. $[\frac{S_0}{S_n} = \frac{F_6 E_n}{E_6 F_n} = 20]$

9.10. Темир бетонли устун F куч билан сиқилмоқда. Кучнинг ярми бетонга тўғри келади деб ҳисоблаб, бетон ва пўлатнинг кўндаланг кесим юзларининг S_0/S_n нисбатини аниқланг. Пўлат ва бетоннинг Юнг модуллари мос равишда $E_n = 200 \cdot 10^9 \text{ Па}$ ва $E_6 = 20 \cdot 10^9 \text{ Па}$. $[S_0/S_n = E_n/E_6 = 10.]$

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 $E = 21 \cdot 10^{10} \text{ Па}$. $[\Delta l/l_0 = 4F/\pi d^2 E \simeq 0,002.]$

9.12. 0°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 босиб

мани? Арматура учун Юнг модули $E = 18 \cdot 10^{10}$ Па, чизикли кенгайиш коэффициенти $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$. [$F = \sigma \cdot l \cdot \alpha \Delta t \cdot d^2/4 = 5861$ Н.]

9.13. 0°C ҳароратда ВР-II синфига мансуб арматура икки қўзғалмас таянчлар орасида турибди (47-расмга қараи). 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 коэффициенти $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$. [$p = E \alpha \Delta t = 72 \cdot 10^6$ Па.]

9.14. Массаси $m = 2,04$ бўлган ПК-58.12 шип (бос-турма) 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 коэффициенти $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$, солиштирма иссиқлик сифими $c = 0,88 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$. [$Q = cm \Delta l/l_0 \alpha = 260 \cdot 10^6$ Ж.]

9.15. Очиқ ҳавода қолган бетон конструкциялар кўпинча қиш кунлари емирилади. Нима учун? [Бетон ёриқларига кириб қолган сувнинг музлаши ва музнинг кеншиши 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 коэффициенти $\alpha = 10,8 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$. [$\Delta t = \Delta l/\alpha l_0 \approx 46^\circ\text{C}$.]

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 $\alpha_m = 5,4 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$.

$$[l_n/l_m = (1 + \alpha_n t)/(1 + \alpha_m t) = 1,000216; \Delta l_n/\Delta l_m = \alpha_n/\alpha_m \approx 2.]$$

9.19. $t_0 = 0^\circ\text{C}$ да узунликлари бир хил бўлган бетон ва мармар плиталарнинг $t = 40^\circ\text{C}$ да узунликлари қанча кенгайиши таққосланг. Бетон ва мармарнинг иссиқликдан кенгайиш коэффициентлари мос равишда $\alpha_6 = 11,0 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$

$$\text{ва } \alpha_m = 6,2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}. [\Delta l_n/\Delta l_m = \alpha_6/\alpha_m \approx 1,8.]$$

9.20. Массаси $m = 2,71$ т бўлган ПК-58.15 шина панелининг узунлиги $l_0 = 5,76$ м. Панелга $Q = 200 \cdot 10^6$ Дж иссиқлик миқдори берилган бўлса, у қанча Δl масофани узаяди? Панелга ишлатилган пўлатнинг массасини ҳисобга олманг. Бетоннинг иссиқликдан чизиқли кенгайиш температура коэффициенти $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}$, солиштирма

$$\text{иссиқлик сифими } c = 0,88 \frac{\text{кЖ}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}. [\Delta l = Q l_0 \alpha / c m \approx 5,7 \text{ мм}.]$$

9.21. Арматурани зўриқтириш усулларида бири — унинг 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 (Δl) чўзилади? Арматура материалынинг чизиқли кенгайиш коэффициенти $\alpha = 0,13 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$ деб олинсин. $[\Delta l = \alpha l_0 (t - t_0) = 48 \text{ мм}.]$

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 $\alpha = 0,12 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{K}}$.

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/м³

Материал	Зичлик	Ўртача зичлик
Гранит	2600—2800	2600—2700
Ўқиктош	2400—2600	2100—2400
Саноат гишт	2500—2600	1600—1900
Портландцемент	2900—3100	—
Пор бетон	2600—2900	2200—2500
Керамзит бетон	800—1200	500—1800
Гонак бетон	400—1100	250—800
Пенопласт	40—220	—
Чуқур	6800—7700	—
Пўлат	7500—7800	—
Бетон	—	350—660
Гувирак	1300—2000	—
Ўқик гишт	1400—1600	—
Ўқик чидамли гишт	1700—2000	—
Пўр	1800—2600	—
Мармар	2600—2700	—
Дерзак ойнаси	2400—2700	—
Шифер	2800	—

Материалларнинг сочма зичлиги, кг/м³

Материал	Сочма зичлик	Материал	Сочма зичлик
Шағал	1500—1700	Портландцемент	1000—1400
Гранит шағал	1250—1550	Керамзит шағал	250—600
Ўқиктош шағал	1200—1500	Қуруқ қум	1200—1650

иЖ
кг · К

Материалларнинг солиштирма иссиқлик сиғимлари

Материал	Солиштирма иссиқлик сиғими	Материал	Солиштирма иссиқлик сиғими
Асфальт	0,92	Муз	2,00
Бетон	0,88	Бўр	0,88
Гипс	0,84—0,92	Мармар	0,92
Лой	0,84—1,05	Қум	0,70
Гранит	0,8	Резина	2,00
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 α , $10^{-6} \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$

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		

АДАБИЁТ

1. И. М. Низамов. Задачи по физике о техническом содержании, «Просвещение», М., 1980.
2. Б. Ҳабилов. Иишоотлар динамикаси ва зилзилабардош-лиги, «Ўқитувчи», Тошкент, 1988.
3. А. Ашрабов ва бошқ. Справочник строителя, «Меҳнат», Тошкент, 1987.
4. В. А. Золотов. Физикадан савол ва масалалар, «Ўқитув-чи», Тошкент, 1977.
5. А. П. Римкевич, П. А. Римкевич. Физикадан масала-лар тўплами, «Ўқитувчи», Т., 1986.
6. А. С. Енохович. Справочник по физике, «Просвещение», М., 1978.
7. С. У. Гончаренко, П. Н. Воловик. Физика, 9, «Про-свещение», М., 1984.
8. С. А. Воробьёва ва бошқ. Справочник строителя, Камен-ные конструкции и их возведение. «Стройиздат», М., 1989.
9. М. П. Ряузова таҳрири остида. Справочник строителя. По-грузочно-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. Қурувчи-лар учун, «Ўқитувчи», Тошкент, 1979.
12. В. И. Крюков. Эксплуатация электроустановок объектов жилищно-коммунального хозяйства. Справочник. «Стройиздат», М., 1980.

М У Н Д А Р И Ж А

Сўз боши	8
I. МЕХАНИКА	8
1. Кинематика	8
Масала ечиш намуналари	11
Мустақил ечиш учун масалалар	19
2. Динамика	23
Масала ечиш намуналари	28
Мустақил ечиш учун масалалар	30
3. Механик иш ва энергия. Механик энергиянинг сақла- ниш қонуни	39
Масала ечиш намуналари	49
Мустақил ечиш учун масалалар	40
4. Статика	40
Масала ечиш намуналари	51
Мустақил ечиш учун масалалар	53
II. ГИДРО- ва АЭРОСТАТИКА	54
5. Гидро- ва аэростатика	54
Масала ечиш намуналари	59
Мустақил ечиш учун масалалар	60
III. МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА	61
6. Молекуляр-кинетик назария. Газларнинг хоссалари	61
Масала ечиш намуналари	71
Мустақил ечиш учун масалалар	75
7. Термодинамика асослари	77
Масала ечиш намуналари	81
Мустақил ечиш учун масалалар	89
8. Моддалар агрегат ҳолатларининг ўзгариши	83
Масала ечиш намуналари	88
Мустақил ечиш учун масалалар	93

II. Қаттиқ жисмларнинг механик хоссалари. Жисмлар- нинг иссиқликдан кенгайиши	95
Мисала ечиш намуналари	97
Мустақил ечиш учун масалалар	103
Назар	107
Адабий	109

911
841
30

Абдували Исроилов
ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ
*Пособие для слушателей подготовительных
отделений вузов*

На узбекском языке
Тошкент «Ўзбекистон» 1993

Муқова расмони В. Тий
Бадий муҳаррир И. Кученкова
Техн. муҳаррир А. Горшкова
Мусаҳҳиҳ М. Яулдошева

Теришга берилди 16.11.92. Босишга рухсат этилди 1.06.93. Формат 84 × 108¹/₃₂.
№ 1 босма қоғози «Литературная» гарнитурда юқори босма усулида босилди.
Шартли босма л. 5,88. Нашр л. 5,62. Нусхаси 8000. Буюртма № 422/2760.
Баҳоси шартнома асосида.

«Ўзбекистон» нашриёти. 700129. Тошкент, Навоий 30. Шартнома №122—93

«Ўзгипрозем» Қартфабрикасида босилди. Тошкент,
Муқимий кўчаси, 182.