

**ФИЗИКА  
КУРСИ**

А. В. ПЁРИШКИН

# ФИЗИКА КУРСИ

*ИККИНЧИ ҚИСМ*

МЕХАНИКА (давоми), ИССИҚЛИК  
ВА МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА

ЎРТА МАКТАБ УЧУН ДАРСЛИК

РУСЧА ҲИ ТЎРТИНЧИ НАШРИГА МУВОФИҚ  
ҲИ ТЎРТИНЧИ НАШРИ

„ЎҚИТУВЧИ“ НАШРИЁТИ  
ТОШКЕНТ — 1968

„Молекуляр физика ва иссиқлик“  
булими Н. П. Суворовнинг  
иштирокида тузилди.

*На узбекском языке*

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ ПЕРЫШКИН

КУРС ФИЗИКИ

Часть вторая

Учебник для IX—X классов  
средней школы

Перевод с тринадцатого издания  
„Просвещение“, М., 1965

Издательство „Ўқитувчи“  
Ташкент—1968

Таржимонлар *С. Турсунов, Х. Қўчқоров*  
Редактор *М. Турдиев*  
Тех. редактор *Г. Мақсудова*  
Корректор *Ж. Нурпидинова*

Матрицадан босишга рухсат этилди 18/IV-1967 й. Қўғози 60×90<sup>1/16</sup>  
Физик босма л 16,5. Нашр л. 18,56. Тиражи 80,000.

„Ўқитувчи“ нашриёти. Тошкент. Навоий кўчаси. 30. Шартнома 76-67.  
Баҳоси 24 т. Муқоваси 8 т.

Область Матбуот бошқармасининг Морозов номидаги босмахонаси.  
Самарқанд. Типография кўчаси. 4. 1967. Заказ № 5130.

Государственная Областная типография им. Морозова.  
г. Самарканд, ул. Типографская, 4.

6—6

97. Ўқит. — 68.

# БИРИНЧИ БЎЛИМ

## МЕХАНИКА (давоми)

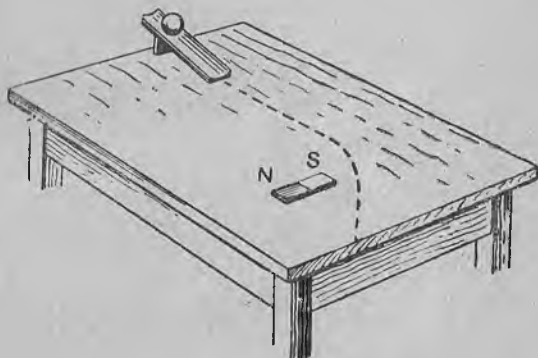
### І БОБ

#### ЖИСМЛАРНИНГ ЭГРИ ЧИЗИҚЛИ ҲАРАКАТИ. АЙЛАНМА ҲАРАКАТ

1. Жисмнинг тезлик билан бурчак ҳосил қилиб йўналган куч таъсири остидаги ҳаракати. Тўғри чизиқли ҳаракатни текширган вақтимизда, жисмга ҳаракат йўналишида куч таъсир этса, жисмнинг ҳаракати тўғри чизиқли ҳаракатлигича қолавериши кўрсатилган эди. Аммо, бунда тезликнинг қиймати ўзгаради. Агар бунда куч йўналиши тезлик йўналишига мос келса, ҳаракат тўғри чизиқли ва тезланувчан ҳаракат бўлади. Агар куч йўналиши тезлик йўналишига қарама-қарши бўлса, ҳаракат тўғри чизиқли ва секинланувчан ҳаракат бўлади. Масалан, юқорига вертикал отилган жисмнинг ва пастга вертикал ташланган жисмнинг ҳаракати шундай ҳаракатдир.

Энди жисмнинг тезлик йўналиши билан бурчак ҳосил қилиб йўналган куч таъсири остида қандай ҳаракат этишини кўрайлик.

Аввал бир тажрибани кўздан кечирайлик. 1-расмда пўлат шарча ҳаракатининг траекторияси тасвирланган. Магнитдан узоқроқда шарча тўғри чизиқли ҳаракат қилиб, магнитга яқинлашганда унинг траекторияси эгриланади, энди шарча эгри чизиқ бўйлаб ҳаракат қилади. Бунда шарча тезлигининг йўналиши ўзгариб боради. Бунинг сабаби шарчага магнит кучининг таъсир қилишидир.



1-расм. Шарчнинг траекториясини магнит ўзгартиради.

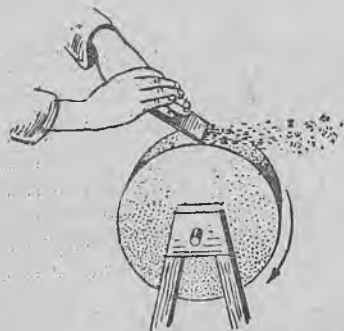


Тўғри чизиқли ҳаракат қилаётган жисмни туртсак, унга боғланган ипдан тортсак ва шу сингари таъсирлар кўрсатсак, биз уни эгри чизиқли ҳаракат қилишга мажбур этишимиз мумкин, фақат бунда куч жисмнинг ҳаракат тезлиги билан бурчак ҳосил қилиб йўналган бўлиши шарт.

*Демак, йўналиши жисм тезлигининг йўналиши билан бурчак ҳосил қилган куч таъсири остида жисм эгри чизиқли ҳаракат қилади.*

Жисмга таъсир этувчи кучнинг йўналиши ва катталигига қараб, эгри чизиқли ҳаракатлар жуда ҳам хилма-хил бўлиши мумкин. Айлана, парабола ва эллипс бўлаб бўладиган ҳаракатлар эгри чизиқли ҳаракатнинг энг оддий турларидир.

Энди, эгри чизиқли ҳаракатда тезлик векторининг йўналиши масаласини текширайлик. Ҳаракат тўғри чизиқли бўлганда, тезлик векторининг йўналиши ҳаракат йўналиши билан бир хил бўлади. Лекин эгри чизиқли ҳаракатда ҳаракатнинг йўналиши бир хил бўлмайди. Шундай бўлгач, эгри чизиқли ҳаракатда тезликнинг йўналиши деб қандай йўналишни тушуниш керак?



2-расм. Чархланаётган буюм тагидан чиққан учқунлар айлананинг уринмаси бўйлаб учади.

Энг осони жисм айлана бўйлаб ҳаракат қилганда тезлик векторининг йўналиши қандай бўлишини белгилашдир. Чарх тошни тез айлантириб туриб, унга пўлат парчасини тегизайлик. Бунда пўлатнинг тошга теккан жойидан бир даста учқун отилиб чиқишини кўрамиз (2-расм). Пўлат ва тошнинг чўғланган бу майда заррачалари отилиб чиқиш пайтида олган тезликлари билан ўз инерцияси туфайли тўғри чизиқ бўйлаб кетади. Пўлат парчасини тош айланаси бўйлаб юргизганимизда пўлат тошга теккан нуқталарда учқунларнинг ҳамма вақт айлана уринмаси бўйлаб учишини кўрамиз.

Ипга боғлаб айлантираётган тош ҳам, ип тўсатдан узилганда айланага уринма равишда кетади (3-расм).

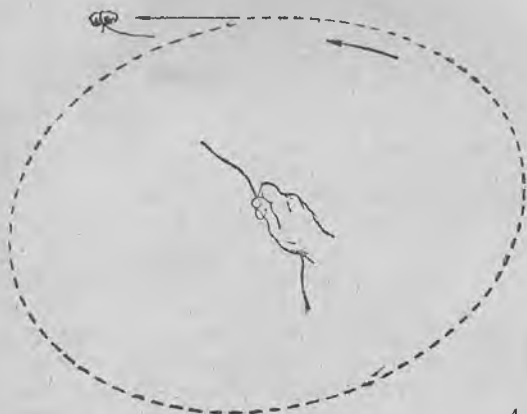
Юқорида баён қилинган тажрибалардан, айлананинг маълум бир нуқтасида тезлик айлананинг шу нуқтасидаги уринма бўйлаб йўналган булади, деган хулоса чиқади.

Ҳар қандай эгри чизиқли ҳаракат тўғрисида ҳам шундай хулоса чиқариш мумкин.

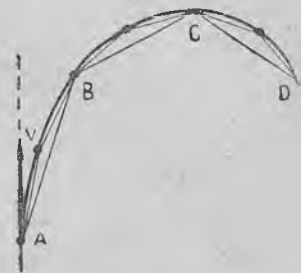
Масалан,  $ABCD$  (4-расм) ҳаракат траекторияси бўлсин. Мисол учун, ҳаракат эгри чизиқ бўйлаб эмас, балки  $AB - BC - CD \dots$  синиқ чизиқ бўйлаб бўлсин.

Синиқ чизиқнинг айрим қисмларида тезлик векторининг йўналиши ватарлар билан бир хил бўлиб, фақат  $A, B, C, \dots$

нуқталарда ўзгаради.  $ABCD\dots$  траекторияни жуда кўп бўлақларга бўлганимизда, йўлнинг тўғри чизиқли қисмларини борган сари қисқартирамиз. Бу ҳолда ватарлар бўйлаб бўлган ҳаракат  $ABCD\dots$  эгри чизиқ бўйлаб бўлган ҳаракатдан борган сари кам фарқ қилади.  $AB$ ,  $BC$  ва  $CD$  ватарлар эса  $A, B, C, D, \dots$  нуқталардаги уринмалар йўналишига борган сари яқинлашади.



3-расм. Ип узилса, айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган тош айлананинг уринмаси бўйлаб кетади.



4-расм. Эгри чизиқли ҳаракатда тезлик траекториянинг берилган нуқтасидаги уринма йўналишида бўлади.

Лимитда, масалан,  $AB$  кесма чексиз кичик бўлиб қолганда, яъни  $B$  нуқта  $A$  нуқтага чексиз яқин келиб қолганда,  $AB$  ватар  $AV$  уринманинг устига тушади. Шунингдек, тезликнинг  $AB$  ватар бўйлаб йўналиши ҳам лимитда  $A$  нуқтага уринма чизиқ йўналишини олади. Шунга ўхшаш муҳокамаларни траекториянинг истаган бир  $B, C, D, \dots$  нуқтаси устида ҳам юритиш мумкин.

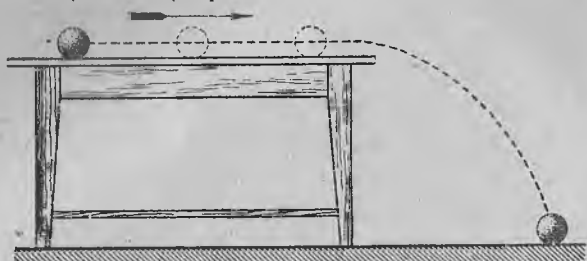
Шундай қилиб, *эгри чизиқли траекториянинг берилган нуқтасида тезлик эгри чизиқнинг шу нуқтасидан ўтказилган уринма бўйлаб йўналган бўлади.*

**2. Ҳаракатларнинг мустақиллиги.** Горизонтал отилган жисмнинг ҳаракати. Ҳар қандай эгри чизиқли ҳаракат инерция бўйича бўлган ҳаракат ва жисмнинг тезлиги билан бурчак ҳосил қилиб йўналган куч таъсири остида юз берадиган ҳаракатдан иборат бўлган мураккаб ҳаракатдир. Буни қуйидаги мисолда кўрсатиш мумкин.

Шарча стол устида тўғри чизиқли текис ҳаракат қилаётган бўлсин дейлик. Шарча стол четидан юмалаб кетган пайтдан бошлаб унинг оғирлиги столнинг босим кучи билан мувозанатлашмай қолади ва шарча ўзининг тўғри чизиқли ҳаракатини инерцияси туфайли сақлайди, шу билан бирга, пастга туша



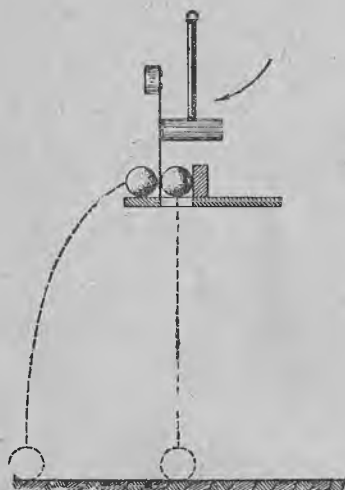
бошлайди. Инерция таъсирида бўладиган тўғри чизиқли ҳаракатнинг ва оғирлик кучи таъсирида бўладиган текис тезланувчан ҳаракатнинг қўшилиши натижасида шарча эгри чизиқ бўйлаб ҳаракат қилади (5-расм).



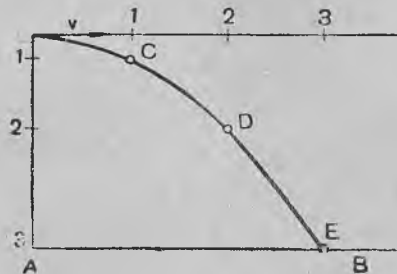
5-расм. Столдан тушаётган шарчанинг ҳаракат траекторияси.

Бу ҳаракатнинг иккаласи ҳам мустақил равишда бўлишини тажрибада кўрсатиш мумкин.

Болғача урганда букилиб, бир шарчани горизонтал йўналишда ҳаракатга келтирадиган, шу билан бирга, иккинчи шарчани бўшатиб юборадиган пружина 6-расмда тасвирланган; бунда ҳар иккала шарча: биринчиси — эгри чизиқ бўйлаб, иккинчиси — вертикал равишда пастга қараб, бир вақтда ҳаракат қила бошлайди. Ҳар иккала шарча полга бир вақтда келиб урилади, демак, ҳар иккала шарчанинг тушиш вақти тенг экан.



6-расм. Ҳар иккала шарча полга бир вақтда тушади.



7-расм. Горизонтал отилган жисмнинг ҳаракат траекторияси.

Бундан, шарчанинг оғирлик кучи таъсири остида қилган ҳаракати унинг дастлабки пайтда тинч турганлигига ёки горизонтал йўналишда ҳаракат қилаётганлигига боғлиқ бўлмас экан, деган хулосага келиш мумкин.

Бу тажриба механикада ҳаракатларнинг мустақиллик принципи деб аталадиган жуда муҳим қондани яққол кўрсатиб беради.

Агар жисм бир вақтнинг ўзида бир неча ҳаракатда иштирок қилса, ҳаракатларнинг ҳар бири мустақил равишда бўлади.

Масалан, 45 м баландликдан  $v = 20 \frac{м}{сек}$  тезлик билан горизонтал отилган жисмнинг ҳаракат траекториясини чизиш учун шу принципдан фойдаланайлик,  $g = 10 \frac{м}{сек^2}$  деб олайлик.

7-расмда Ер сирти  $AB$  чизиқ билан кўрсатилган.

Жисм  $E$ га тортилмаганда эди, у, инерцияси билан тўғри чизиқли текис ҳаракат қилиб, 1 секундда 20 м йўл юрар ва биринчи секунднинг охирида горизонтал тўғри чизиқда 1 рақами билан кўрсатилган вазиятни олар эди. Иккинчи томондан, агар жисм шу баландликдан фақат эркин тушганда эди, 1 секундда 5 м йўл юриб, биринчи секунднинг охирида вертикал чизиқда 1 рақами билан кўрсатилган нуқтада бўлар эди.

Аммо, жисм айни бир вақтда ҳам  $20 \frac{м}{сек}$  тезлик билан тўғри чизиқли текис ҳаракат қилиб, ҳам эркин тушгани учун ҳаракат бошланишидан ҳисобланган биринчи секунднинг охирида  $C$  нуқтада бўлади. 2 секундда жисм инерцияси билан 40 м йўл юради ва 20 м пастга тушиб,  $D$  нуқтада бўлади. Ҳаракат бошлангандан 3 секунд ўтгач, жисм  $E$  нуқтада бўлади. Шу нуқталарни силлиқ эгри чизиқ билан бирлаштирсак, горизонтал отилган жисмнинг ҳаракат траекторияси ҳосил бўлади.

Жисмнинг вертикал йўналишда юрган йўли бошланғич тезликка боғлиқ эмас, лекин жисмнинг бошланғич тезлиги қанча катта бўлса, горизонтал йўналишда у шунча кўп йўл юради.

Мисол. 2 км баландликда горизонтал йўналишда  $360 \frac{км}{соат}$  тезлик билан учиб кетаётган самолётдан юкни мўлжалланган жойга тушадиган қилиб ташлаш керак. Юкни ўша жойдан қанча узоқликда ташлаш керак? Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмайди;  $g = 10 \frac{м}{сек^2}$  деб олинсин.

Ечиш.  $h = 2 км$  баландликдан юкнинг қанча вақтда тушишини ҳисоблайлик.  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$  формуладан  $t = \sqrt{\frac{2 \cdot 2000 м}{10 \frac{м}{сек^2}}} = 20 сек.$

Юк горизонтал йўналишда ҳам,  $v = 360 \frac{км}{соат} = 100 \frac{м}{сек}$  тезлик билан шунча вақт ҳаракат қилади. Демак, юк мўлжалланган жойга бериб тушиши учун, уни ўша жойга  $s = 100 \frac{м}{сек} \cdot 20 сек = 2000 м$  етмасдан ташлаш керак экан.

### 1- машқ.

1. Горизонтал йўналишда  $30 \frac{м}{сек}$  тезлик билан 80 м баландликдан ташланган жисмнинг ҳаракат траекториясини чизинг.

Жисм ташланган жойдан унинг ерга тушган жойигача бўлган горизонтал масофани аниқланг. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.  $g = 10 \frac{м}{сек^2}$  деб олинади.

2. Пароход мачтасига палубадан 10 м баландликка чиқиб, копток тушириб юборилган. Пароходнинг тезлиги  $18 \frac{км}{соат}$ . Копток тушгунча пароход қанча йўл юради? Копток қаерга бориб тушади? Денгиз юзига нисбатан копток ҳаракатининг траекторияси қандай бўлади? Копток палубага қандай тезлик билан келиб урилади?

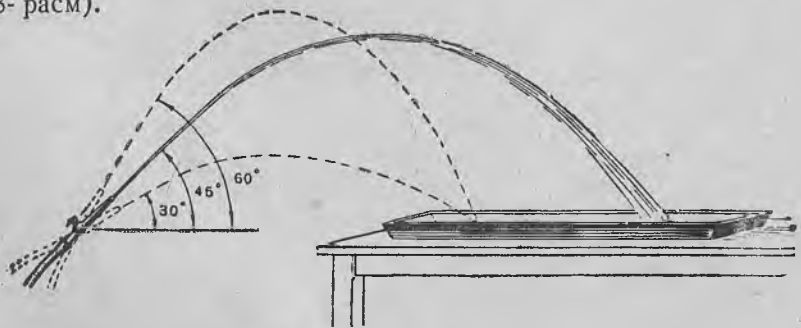
3. Столнинг четига бир бўлак бур ётибди. Бур синф доскасига перпендикуляр йўналишда горизонтал чертиб юборилди. Бур доскага бориб урилганида стол сиртидан 20 см пастда из қолдирди. Доскадан стол қиррасигача бўлган оралик 1 м. Бурнинг бошланғич тезлигини топинг.

4. Жисми 20 м баландликдан горизонтал йўналишда қандай тезлик билан ташлаганимизда, унинг ерга тушиш пайтидаги тезлиги  $25 \frac{м}{сек}$  бўлади?

Кўрсатма. Бу масалани энергиянинг сақланиш қонунига асосан ечинг.

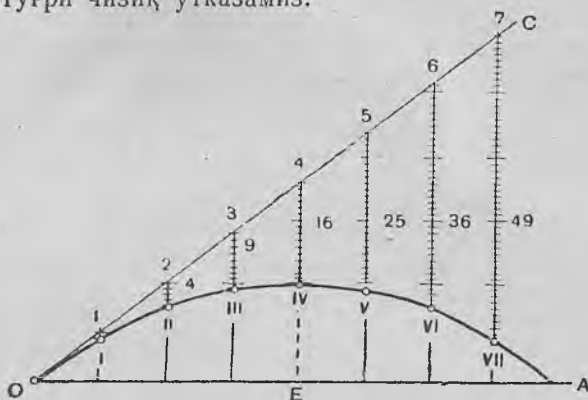
**3. Горизонт билан бурчак ҳосил этадиган қилиб отилган жисмнинг ҳаракати.** Бирор жисми горизонт билан бурчак ҳосил этадиган қилиб отайлик. Шу жисмнинг ҳаракатини кузатганимизда, унинг аввал эгри чизиқ бўйлаб юқори кўтарилишини, кейин яна эгри чизиқ бўйлаб пастга тушишини кўрамиз.

Агар отилиб чиқаётган сув оқимини горизонт билан ҳар хил бурчаклар ҳосил этадиган қилиб йўналтирсак, бурчак катталашганда аввал сув оқими борган сари узоқроқ кетишини кўрамиз. Горизонтга нисбатан бурчак  $45^\circ$  бўлганда (ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмаганимизда) сув оқими энг узоққа кетади. Бурчакни янада катталаштирсак, сув яқинроқ тушади (8- расм).



8- расм. Горизонт билан ҳар хил бурчак ҳосил қиладиган равишда йўналтирилган оқимдаги сув зарраларининг траекториялари.

Горизонт билан бурчак ҳосил қилиб отилган жисмнинг ҳаракат траекториясини чизиш учун горизонтал  $OA$  тўғри чизиқ (9-расм) ва  $y$  билан маълум бир бурчак ҳосил киладиган қилиб  $OC$  тўғри чизиқ ўтказамиз.

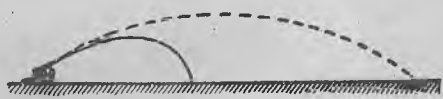


9-расм. Горизонт билан бурчак ҳосил қилиб отилган жисмнинг траекториясини чизиш.

Танланган масштабда  $OC$  чизиққа жисмнинг отилган йўналишида юрган йўлларига сон жиҳатдан тенг ( $0-1$ ,  $1-2$ ,  $2-3$ ,  $3-4$ ) кесмалар қўйиб чиқамиз.  $1, 2, 3, 4, \dots$  нуқталардан  $OA$  га перпендикуляр тушириб, шу перпендикулярга эркин тушаётган жисмнинг 1 секундда ( $1-I$ ), 2 секундда ( $2-II$ ), 3 секундда ( $3-III$ ) ва ҳоказо ўтган йўлларига сон жиҳатдан тенг кесмалар қўйиб чиқамиз.  $0, I, II, III, IV$  ва ҳоказо нуқталарни силлиқ эгри чизиқ билан туташтирамиз.

Горизонт билан бурчак ҳосил қилиб отилган жисмнинг траекторияси (агар ҳавонинг қаршилиги бўлмаса) энг юқори нуқтага нисбатан симметрикдир (9-расмда  $IV$  нуқта).

Ҳавонинг қаршилиги жисмнинг баланд кўтарилишини ҳам, узоққа кетишини ҳам камайтиради ва траектория симметрик бўлмайди. Масалан, снаряд ва ўқларнинг траекториялари шундайдир. 10-расмдаги тугаш эгри чизиқ схематик равишда снаряднинг ҳаводаги траекториясини, пунктир чизиқ эса ҳавосиз жойдаги траекториясини кўрсатади.



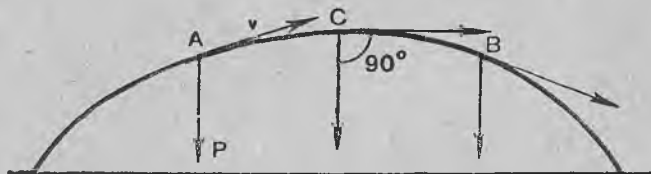
10-расм. Жисмнинг ҳаводаги траекторияси (тугаш эгри чизиқ) ва ҳавосиз жойдаги траекторияси (пунктир эгри чизиқ).

Ҳавонинг қаршилиги снаряднинг узоққа кетишини нақадар камайтириши тубандаги ми-солдан кўринади. Ҳавонинг қаршилиги бўлмаганда 76 милли-метрли тўпнинг горизонт билан  $20^\circ$  бурчак ҳосил қилиб отил-

ган снаряди 24 километрга борар эди. Ҳавода эса шу снаряд атиги 7 километрга яқин масофага боради.

Энди ҳавонинг қаршилиги бўлмаганда горизонт билан бурчак ҳосил қилиб отилган жисмнинг тезлиги қандай ўзгаришини кўрайлик.

11-расмдан траекториянинг энг юқори  $C$  нуқтасидан чап томонда олинган истаган бир нуқтада, масалан,  $A$  нуқтада, оғирлик кучи  $P$  жисмнинг тезлиги билан ўтмас бурчак ҳосил қилганлиги кўринади. Траекториянинг бу қисмида жисм юқо-



11-расм. Горизонт билан бурчак ҳосил қилиб отилган жисм ҳаракатида траекториянинг ҳамма нуқталарида оғирлик кучи йўналиши билан тезлик йўналиши орасидаги бурчаклар ҳар хил бўлади.

рига қараб секинланувчан ҳаракат қилади, жисмга таъсир қилган оғирлик кучи эса жисм тезлигининг сон қийматини камайтиради ва йўналишини ўзгартиради.

Траекториянинг  $C$  нуқтасидан ўнг томонда олинган қисмида эса, масалан,  $B$  нуқтада оғирлик кучининг йўналиши тезлик йўналиши билан ўткир бурчак ҳосил қилади. Траекториянинг бу қисмида жисм тезланувчан ҳаракат қилиб, оғирлик кучи жисм тезлигининг сон қийматини оширади ва йўналишини ўзгартиради.

Траекториянинг энг юқориги  $C$  нуқтасида жисмнинг тезлиги горизонтал йўналган бўлиб, бунда оғирлик кучи жисм тезлиги йўналиши билан тўғри бурчак ҳосил қилади.

## 2 - машқ.

Горизонт билан  $45^\circ$  бурчак ҳосил қилиб,  $40 \frac{м}{сек}$  тезлик билан отилган жисмнинг ҳаракат траекториясини чизинг. Масштабни  $10 м$  га  $1 см$  қилиб олинг.  $g = 10 \frac{м}{сек^2}$  деб ҳисобланг.

Графикка қараб, жисмнинг қандай узоқликка боришини ва қандай баландликка чиқишини топинг.

Графикка қараб траекториянинг бошланғич нуқтасида жисм тезлигининг горизонтал ва вертикал ташкил этувчиларини топинг.

Топилган ташкил этувчилардан фойдаланиб жисмнинг узоққа кетиши ва энг баланд чиқишини ҳисобланг. Топган сонларингизни чизмадан олинган сонларга солиштириб кўринг. Агар ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмаса, ерга тушган пайтда жисмнинг тезлиги қанча бўлиши керак?

✓ 4. Айлана бўйлаб текис ҳаракат. Бурчак тезлик. Айланаиш даври. Эгри чизиқли ҳаракатнинг энг оддий ва кўп учрайдиган тури — жисмнинг айлана бўйлаб қилган текис ҳаракатиدير. Масалан, маховикларнинг қисмлари, Ернинг бир сутка давомигадаги ҳаракатида ер юзининг нуқталари ва шу сингарилар айлана бўйлаб ҳаракат қилади.

Бу ҳаракатни характерловчи катталикларни киритайлик. 12-расмга қарайлик. Мисол учун, жисм айланганда унинг бироғ нуқтаси  $t$  вақт ичида  $A$  дан  $B$  га келсин. Бу вақтда  $A$  нуқтани айлана маркази билан туташтирувчи радиус  $\varphi$  (грекча „фи“) бурчакка бурилади. Нуқтанинг айланиш жадаллигини  $\omega$  бурчакнинг  $t$  вақтга нисбати:  $\frac{\varphi}{t}$  билан характерлаш мумкин.

Ҳаракатдаги нуқтани айланаиш маркази билан туташтирувчи радиус бурилиш бурчагининг шу бурилиш учун кетган вақтга нисбати билан ўлчанадиган катталик бурчак тезлик дейилади.

Бурчак тезликни грек ҳарфи  $\omega$  („омега“) билан белгиланганимизда:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

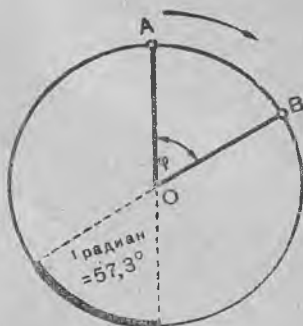
деб ёзиш мумкин.

$t = 1$  сек бўлганда  $\omega = \varphi$ , яъни бурчак тезлик сон жиҳатдан вақт бирлигидаги бурилиш бурчагига тенг булади.

Айлана бўйлаб бўлган ҳаракат текис ҳаракат бўлганда, бурчак тезлик ўзгармас бўлади.

Бурчак тезликини ҳисоблашда бурилиш бурчаги радианлар билан ўлчанади. Радиан — ёйининг узунлиги шу ёйнинг радиусига тенг бўлган марказий бурчакдир. Бурчак тезлик бирлиги қилиб секундига 1 радиан қабул қилинади, яъни шундай бурчак тезлик қабул қилинадикки, бунда нуқтанинг радиуси 1 секундда 1 радиан бурчакка бурилади (12-расмда  $\varphi$  бурчак).

Техникада жисмнинг бурчак тезлигини вақт бирлигидаги (бир минут ёки бир секунддаги) айланиш сони билан ўлчайдилар. Масалан, молотилка шкивининг тезлиги  $1070 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$  га тенг. Электр двигатель якорининг тезлиги  $1440 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$  га, нефть двигатели маховигининг тезлиги  $300 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$  га тенг ва ҳоказо.



12-расм. Бурчак тезлик тушунчасига доир.



$\frac{\text{рад}}{\text{сек}}$  ларда ифодаланган бурчак тезликни бир секунддаги айланиш сони билан ва бунинг аксича, бир секунддаги айланиш сони билан ифода қилинган тезликни  $\frac{\text{рад}}{\text{сек}}$  ларда ифодалаш осон. Буни мисолларда кўрайлик.

Маховикнинг бурчак тезлиги  $300 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ . Шу тезликни  $\frac{\text{рад}}{\text{сек}}$  ларда ифода қилинг. Бир секунддаги айланиш сонини аниқлаймиз:  $у \frac{300}{60} = 5$  бўлади. Маховик бир марта айланганда  $2\pi$  радиан<sup>1</sup> бурчакка бурилади, 5 марта айланганда эса  $2\pi \text{ рад} \times 5 = 10\pi \text{ рад}$  бурчакка бурилади. Демак, маховикнинг бурчак тезлиги  $31,4 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$  бўлади.

Шундай қилиб,  $\frac{\text{айл}}{\text{сек}}$  ларда ифодаланган бурчак тезликни  $\frac{\text{рад}}{\text{сек}}$  ларда ифодалаш учун бир секунддаги айланиш сони  $n$  ни  $2\pi$  га кўпайтириш керак:

$$\omega = 2\pi n.$$

Радиан бурчакнинг абстракт ўлчови бўлганидан, бурчак тезликнинг номини  $\frac{1}{\text{сек}}$  деб ёзадилар.

*Айлана бўйлаб ҳаракат қилган нуқтанинг бир марта тўлиқ айланиши учун кетган вақт айланиш даври дейилади.*

Айланиш даври  $T$  ҳарфи билан белгиланади ва секундлар билан ўлчанади.

Масалан, агар нуқта бир секундда 10 марта тўлиқ айланса, бир марта тўлиқ айланиш вақти ёки айланиш даври  $\frac{1}{10}$  сек бўлади. Нуқта 1 секундда  $n$  марта айланса, айланиш даври:

$$T = \frac{1}{n}$$

бўлади.

✓ 5. Чизиқли тезлик. Бурчак тезлик билан чизиқли тезлик орасидаги боғланиш. Айланма ҳаракатни характерлаш учун бурчак тезликдан ташқари, чизиқли тезлик тушунчаси киритилади. *Нуқтанинг айлана бўйлаб ҳаракат қилиш тезлиги чизиқли тезлик дейилади.*

Чизиқли тезлик формуласини тубандаги мулоҳазалар асосида чиқариш мумкин.

<sup>1</sup> Ёйнинг узунлиги айлана узунлиги  $2\pi R$  га тенг бўлган марказий бурчак  $360^\circ$  бўлади. Иккинчи томондан, айлана узунлигига  $\frac{2\pi R}{R} = 2\pi$  радиан бурчак тўғри келади. Демак,  $360^\circ$  бурчакда  $2\pi$  радиан бўлади.

Радиуси  $R$  бўлган айланадаги нуқта бир айланишда айлана узунлиги  $2\pi R$  га тенг йўл юради; бунинг учун бир даврга, яъни  $T$  га тенг вақт ўтади. Агар  $2\pi R$  йўлнинг  $T$  вақтга нисбатини олсак, нуқтанинг айлана бўйлаб қилган ҳаракат тезлигини топамиз:

$$v = \frac{2\pi R}{T}. \text{ Лекин, } \frac{1}{T} = n; \text{ демак,} \\ v = 2\pi Rn. \quad (1)$$

Бундан чизиқли тезлик билан бурчак тезлик орасидаги боғланишни топиш осон. Бурчак тезлик билан айланиш сони орасидаги боғланиш  $\omega = 2\pi n$  формула билан ифодаланади; демак, (1) формулага асосан:

$$v = \omega R. \quad (2)$$

*Айлана бўйлаб текис ҳаракат қилувчи нуқтанинг чизиқли тезлиги айлана радиуси билан бурчак тезлигининг кўпайтмасига тенг.*

Биз 1-§ да, айлана бўйлаб ҳаракат қилган нуқтанинг тезлик вектори уринма бўйлаб йўналган бўлади, деган эдик. Демак, *чизиқли тезлик айланага уринма бўйлаб йўналган бўлади.*

(2) формуладан кўринадики, чизиқли тезлик  $\frac{см}{сек}$ ,  $\frac{м}{сек}$  ва шу сингарилар билан ўлчанади.

Мисол 1. Маховик  $300 \frac{айл}{мин}$  тезлик билан текис айланади. Маховикнинг айланиш ўқидан  $1 м$  узоқликдаги нуқтасининг чизиқли тезлиги қанча бўлади?

$v = 2\pi Rn$  формуладан фойдаланиб ҳисоблаймиз:

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 300 \cdot 1 м}{60 сек} = 31,4 \frac{м}{сек}.$$

Мисол 2. Ернинг ўз ўқи атрофида бир сутка давомида айланишида Ер юзи экваториал нуқталарининг бурчак тезликлари ва чизиқли тезликлари топилсин. Ернинг радиусини  $6400 км$  деб олинг.

Бурчак тезлик  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  тенгликдан топилади, бунда  $T = 24 \cdot 3600 сек$ .

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14}{24 \cdot 3600 сек} \approx 0,00007 \frac{1}{сек}.$$

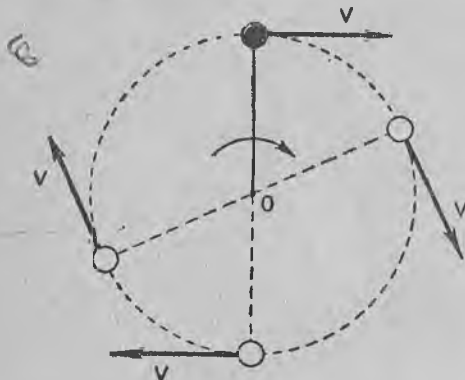
Чизиқли тезлик  $v = \omega R$ ; демак:

$$v = 0,00007 \frac{1}{сек} \times 6400000 м \approx 450 \frac{м}{сек}.$$

**6.** Марказга интилма тезланиш. Биз 1-§ да ҳар қандай эри чизиқли ҳаракатнинг тезлик билан бурчак ҳосил қилиб йўналган куч таъсири остида ҳосил бўлишини кўрсатган эдик. Ҳаракат айлана бўйлаб текис ҳаракат бўлганда, бу бурчак туғри бурчак бўлади. Ҳақиқатан ҳам, ипга боғланган шарчани

айлантисак, истаган бир пайтда шарча тезлигининг йўналиши ипга перпендикуляр бўлади (13-расм). Шарчани айланада тутиб турган ипнинг тортилиш кучи эса ип бўйлаб айланиш марказига томон йўналган бўлади.

*Айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган жисмни айланада тутиб турувчи ва айланиш марказига йўналган куч марказга интилма куч дейилади.*



13-расм. Айлана бўйлаб бўлган текис ҳаракатда тезлик векторлари турли пайтларда сон жиҳатдан тенг бўлиб, йўналишлари ҳар хил бўлади.

Марказга интилма куч таъсирида жисм айланиш марказига интилади, шу билан бирга, инерция бўйича марказдан айлананинг уринмаси йўналишида узоқлашади.

14-расмга қарайлик. Жисм  $t$  вақт ичида  $v$  тезлик билан текис ҳаракат қилиб,  $D$  нуқтадан  $E$  нуқтага келди, деб фараз этайлик. Жисм  $D$  нуқтада турган пайтда, унга марказга интилма куч таъсир этишини тўхтатган бўлсин. Бунда жисм  $t$  вақт ичида  $DL$  уринмада ётган  $K$  нуқтага келарди. Агар шу пайтда жисм фақат марказга интилма куч таъсирида бўлса (инерцияси билан ҳаракат қилмаса) эди,  $t$  вақт ичида текис тезланувчан ҳаракат қилиб,  $DC$  тўғри чизиқда ётган  $F$  нуқтага келган бўлар эди. Бу ҳаракатларнинг қўшилиши натижасида  $t$  вақт ичида  $DE$  ёй бўйлаб натижаловчи ҳаракат ҳосил бўлади.

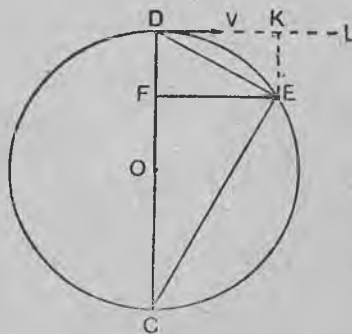
$t$  вақтни шунча оз қилиб олайликки,  $DE$  ёй  $DE$  ватардан жуда кам фарқ қилсин, яъни  $DE$  ёй бўйлаб бўлган ҳаракатни

Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофиқ, бу куч ўзи қайси томонга йўналган бўлса, жисмга ўша йўналишда тезланиш беради. *Радиус бўйлаб айланиш марказига йўналган тезланишни марказга интилма тезланиш дейилади.*

Марказга интилма куч тўғрисидаги масалага биз 7 ва 8-параграфларда яна қайтамыз, бу параграфда эса марказга интилма тезланишнинг катталигини белгилаш учун формула чиқарамиз.

Энг аввал шунини айтиб ўтайликки, айлана бўйлаб бўлган ҳаракат мураккаб ҳаракатдир.

Энг аввал шунини айтиб ўтайликки, айлана бўйлаб бўлган ҳаракат мураккаб ҳаракатдир.



14-расм. Марказга интилма тезланиш формуласини чиқаришга доир.

ватар бўйлаб бўлган ҳаракатга алмаштирайлик. Бунда жисмнинг  $DE$  ватар бўйлаб ўтган йўли  $vt$  га тенг, яъни  $DE = vt$  бўлади.

Изланаётган марказга интилма тезланишни  $a$  ҳарфи билан белгилайлик. Унда жисмнинг  $t$  вақт ичида фақат марказга интилма куч таъсири остида ўтган  $DF$  йўли текис тезланувчан ҳаракатнинг йўл формуласи:

$$DF = \frac{at^2}{2}$$

билан ифодаланади.

Энди геометриянинг маълум теоремасидан<sup>1</sup> фойдаланамиз. Бу теоремага асосан,

$$(DE)^2 = DC \cdot DF. \quad (1)$$

$DE = vt$ ,  $DF = \frac{at^2}{2}$ ,  $DC = 2R$  бўлгани учун (14-расмга қаранг), (1) тенгликда оддийгина шакл алмаштиришлар бажарилгандан кейин марказга интилма тезланиш формуласи чиқади:

$$a = \frac{v^2}{R}. \quad (2)$$

**Нуқтанинг марказга интилма тезланишининг катталиги чизиқли тезлик квадратининг айлана радиусига бўлган нисбатига тенг.**

Марказга интилма тезланишни бурчак тезлик ва айлана радиуси орқали ҳам ифодалаш мумкин.

Биз биламизки,  $v = \omega R$ , бунда  $\omega$  — бурчак тезлик. Агар тезликнинг бу қийматини (2) формулага қўйсак:

$$a = \omega^2 R.$$

**7. Марказга интилма куч.** Марказга интилма кучнинг катталигини ҳисоблаш учун формула чиқаришда Ньютоннинг ҳар қандай эгри низиқли ҳаракатга ҳам татбиқ қилиш мумкин бўлган иккинчи қонунидан фойдаланиш керак.

$F = ma$  формулага марказга интилма тезланишнинг  $a = \frac{v^2}{R}$  қийматини қўйганимизда, марказга интилма куч формуласини топамиз:

$$F = \frac{mv^2}{R}. \quad (1)$$

**Марказга интилма кучнинг катталиги масса билан чизиқли тезлик квадрати кўпайтмасини радиусга бўлишдан чиққан бўлинмага тенг.**

<sup>1</sup> Айлананинг бирор нуқтасидан диаметрга туширилган перпендикуляр диаметр кесмалари орасида ўрта пропорционал, ўша нуқтадан диаметрнинг учига утказилган ватар эса диаметр билан диаметрнинг шу ватарга ёндош кесмаси орасида ўрта пропорционал катталикдир.

2250/750  
2250/93

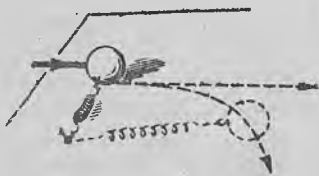
Агар жисмнинг бурчак тезлиги берилган бўлса, марказга интилма кучни  $F = m\omega^2 R$  формула бўйича ҳисоблаш қулайроқ, бунда  $\omega^2 R$  — марказга интилма тезланиш.

(1) формуладан тезлик бирдай бўлганда айлананинг радиуси қанча кичик бўлса, марказга интилма куч шунча катта бўлиши кўриниб турибди. Масалан, йўлнинг бурилган жойларида ҳаракатланаётган жисмга (поезд, автомобиль, велосипедга) бурилиш қанча кескин бўлса, яъни бурилиш радиуси қанча кичик бўлса, бурилиш марказига йўналган шунча катта куч таъсир этиши керак.

Марказга интилма куч чизиқли тезликка боғлиқ: тезлик ортган сари бу куч ҳам орта боради. Буни конькида, чанғида учганлар, велосипедда юрганлар яхши билишади: қанча тез юрсангиз, бурилиш шунча қийин. Катта тезлик билан кетаётган автомобилни бирдан буриш жуда хавфли эканлигини шофёрлар яхши биладилар.

Бирорта кичкина тошни динамометрга боғлайлик ва динамометрнинг ҳалқасидан ушлаб, тошни горизонтал текисликда айлантирайлик. Динамометр тошни айланада ушлайдиган кучни, яъни марказга интилма кучни кўрсатади. Ҳаракат тезлиги ўзгарганда марказга интилма кучнинг катталиги ҳам ўзгаради.

Юкнинг массасини ўзгартиб, ҳар гал юкка таъсир этувчи кучни ўлчасак, марказга интилма кучнинг жисм массасига боғлиқ бўлишини амалда кўрсатиш мумкин.



15-расм. Пружинанинг эластиклик кучи шарчага марказга интилма куч сифатида таъсир этади.

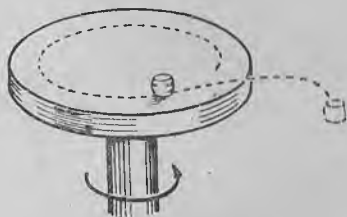
Марказга интилма куч қандайдир алоҳида бир куч эмас. Ҳар қандай бошқа кучлар каби, марказга интилма куч ҳам, берилган жисмга бошқа жисмларнинг таъсирини характерлайди. *Жисмни эгри чизиқли траекторияда сақлайдиган ҳар қандай куч*, масалан, ишқалиш кучи, эластиклик кучи, оғирлик кучи марказга интилма куч бўла олади.

Баъзи мисолларни кўриб чиқайлик. Пружинани 15-расмда кўрсатилгандек оғир шарчага бириктирайлик. Шарчани туртиб юбориб, уни стрелка билан кўрсатилган йўналишда ҳаракатга келтирайлик. Аввал шарча тўғри чизиқ бўйлаб ҳаракат қилади. Шарча билан шу шарча маҳкамланган нуқта ораси орта боради ва пружина чўзила бошлайди. Бунда шарчага унинг маҳкамланган нуқтасига томон йўналишда таъсир этувчи эластиклик кучи пайдо бўлади. Бу куч шарчага ҳудди шу йўналишда тезланиш беради ва уни эгри чизиқли траекторияда сақлайди. Пружинанинг эластиклик кучи марказга интилма

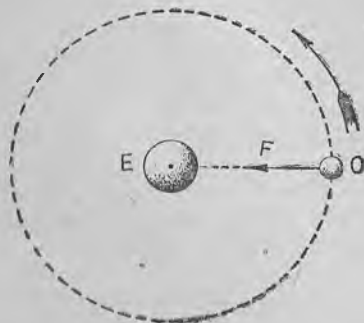
куч  $\frac{mv^2}{R}$  га тенг бўлиб қолганда, шарча айлана бўйлаб ҳаракат қила бoшлайди.

Бу тажрибада пружинанинг эластиклик кучи марказга интилма куч бўлади.

Дискка бирорга жисмни қўййлик (16-расм). Дискни айлантирганда у билан бирга жисм ҳам айланади. Бунда жисмни айланада сақлаган куч тинч туришдаги ишқалиш кучидир. Агар дискни тезроқ айлантирсак, жисм билан диск орасида бўлган тинч туришдаги ишқалиш кучи жисмни айланада ушлаб туриш учун кифоя қилмай қолиши мумкин, бунда жисм инерция ту-



16-расм. Дискни тез айлантирганимизда жисм доирада сақланиб қололмайди, дискдан чиқиб кетади.



17-расм. Ернинг Ойга таъсир қилган тортиш кучи  $F$  — марказга интилма кучдир.

файли дискдан чиқиб кетади. Бу тажрибада марказга интилма куч — тинч туришдаги ишқалиш кучидир.

Ернинг Ойга таъсир қиладиган  $F$  тортиш кучи (17-расм) марказга интилма куч бўлиб, бу куч Ойнинг Ер атрофида айланишига сабаб бўлади.

**8. Марказга интилма куч таъсирига мисоллар.** Баъзи ҳолларда марказга интилма куч айланма ҳаракатдаги жисмга таъсир этувчи иккита кучнинг тенг таъсир этувчиси бўлади.

Бир неча шундай мисолларни кўрайлик.

1. Автомобиль ботиқ кўприкдан  $\varphi$  тезлик билан ўтаётир, автомобилнинг массаси  $m$ , кўприкнинг эгрилик радиуси  $R$ . Кўприкнинг энг паст нуқтасида автомобилнинг кўприкка босими қанча бўлади?

Аввал автомобилга қандай кучлар таъсир этишини аниқлайлик (18-расм). Автомобилга иккита куч: автомобилнинг оғирлиги ва кўприкнинг автомобилга кўрсатган босим кучи таъсир қилади. (Бу мисолда ва бундан кейинги ҳамма мисолларда биз ишқалиш кучини ҳисобга олмаймиз.)

Автомобиль тинч турганда бу кучлар катталиклари жиҳатидан тенг бўлиб, иккаласи ҳам бир вертикал бўйлаб йўналганидан бир-бирини мувозанатлайди.

Марказга интилма куч айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган ҳар қандай жисмга таъсир этганидек, автомобиль кўприкдан ўтаётганда унга ҳам таъсир этади. Бу кучнинг манбаи нимада? Бу кучнинг манбаи фақат кўприкнинг автомобилга таъсири бўлиши мумкин. Кўприк юриб кетаётган автомобилга  $Q$  куч билан босади (18-расм), бу куч автомобилнинг  $P$  оғирлигини мувозанатга келтирибгина қолмай, балки, автомобилни айлана бўйлаб ҳаракат қилдириши учун керак бўлган марказга интилма  $F$  кучни вужудга келтириши ҳам лозим.  $F$  куч фақат  $P$  ва  $Q$  кучларнинг тенг таъсир этувчиси бўлиши мумкин, чунки бу куч ҳаракатланаётган автомобиль билан кўприкнинг ўзаро таъсири натижасидир.

18-расмда тасвирланган ҳолда  $P$  ва  $Q$  кучлар тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши томонга йўналганликлари учун марказга интилма куч  $F$  уларнинг айирмасига тенг бўлади, яъни

$$F = Q - P. \quad (1)$$

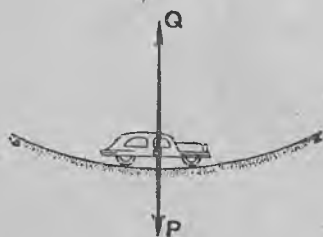
(1) тенгликдан кўприкнинг автомобилга таъсир этувчи босим кучи  $Q$  топилади:

$$Q = P + F. \quad (2)$$

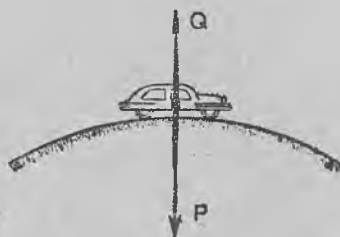
$F = \frac{mv^2}{R}$  бўлгани учун:

$$Q = P + \frac{mv^2}{R} \quad (3)$$

Ньютоннинг учинчи қонунига мувофиқ, кўприк автомобилга қандай куч билан босса, автомобиль ҳам кўприкка шунга тенг куч билан босади, яъни топилган  $Q$  куч ҳаракат қилаётган автомобилнинг кўприкка таъсир этувчи изланаётган босим кучи бўлади.



18-расм.  $P$  ва  $Q$  — ботиқ кўприкдан ўтаётган автомобилга таъсир қиладиган кучлар



19-расм.  $P$  ва  $Q$  — қавариқ кўприкдан ўтаётган автомобилга таъсир қиладиган кучлар.

Шундай қилиб, ҳаракат қилаётган автомобилнинг (ёки ҳар қандай бошқа жисмнинг) ботиқ кўприкка таъсир қилган босим кучи автомобиль оғирлигидан марказга интилма куч қадар ортиқ бўлади.

(3) формуладан кўринадики, ҳаракат тезлиги катта бўлиб, кўприкнинг эгрилик радиуси кичик бўлса ва ҳаракатдаги масса катта бўлса, кўприкка бўладиган босим кучи жуда ҳам катта бўлиши мумкин экан. Демак, ботиқ кўприк қуриш фойдали бўлмайди, чунки унга жуда мустаҳкам таянчлар керак бўлади.

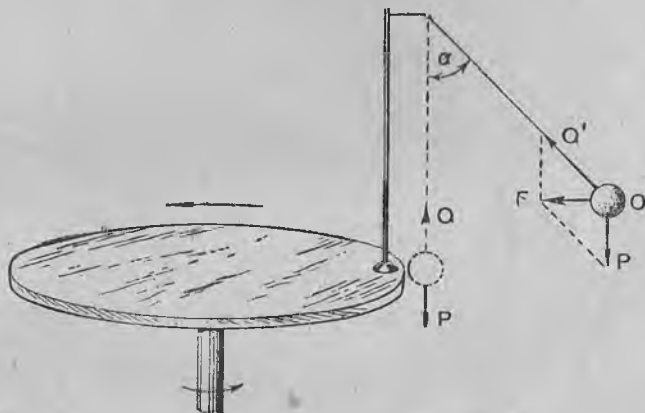
2. Энди қавариқ кўприкдан ўтаётган автомобиль кўприкнинг энг юқори нуқтасида кўприкка қандай босим беришини топайлик. Бунда ҳам автомобилга икки куч таъсир этади: оғирлик кучи  $P$  ва кўприкнинг босим кучи  $Q$  (19-расм). Айлана бўйлаб бўлаётган ҳаракатда бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси —  $F$  куч марказга интилма тезланиш ҳосил қилади, яъни бу куч марказга интилма куч бўлади. Марказга интилма  $F$  куч энди кўприкнинг ботиқ томонига йўналган, яъни  $P$  куч йўналган томонга йўналган бўлади; унинг катталиги, худди биринчи ҳолдагидек,  $P$  ва  $Q$  кучларнинг айирмасига тенг бўлади:

$$F = P - Q.$$

Бундан:

$$Q = P - F \text{ ёки } Q = P - \frac{mv^2}{R}. \quad (4)$$

Автомобиль ҳам кўприкка худди шунча куч билан босади. Бу куч автомобилнинг оғирлигидан марказга интилма куч катталигича кам эканлиги (4) тенгликдан кўришиб турибди.



20-расм. Тинч турган маятникка иккита тенг ва қарама-қарши йўналган  $P$  ва  $Q$  куч таъсир этади. Маятник айланганда унга  $P$  ва  $Q'$  кучлар таъсир этади, бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси  $F$  марказга интилма куч бўлади.

Биз кўриб ўтган мисолларда айлана бўйлаб ҳаракат қилувчи жисмларга таъсир қилган кучлар бир тўғри чизиқ бўйлаб йўналган эди. Энди бу кучларнинг бир-бири билан бурчак ҳосил қилиб йўналган ҳолларига оид мисолларни кўрамиз.



3. 20-расмда айланадиган столга ўрнатилган шоқул (отвес) кўрсатилган. Стол тинч турганда шоқул шарчасига қўйилган кучлар — ипнинг тортилиш кучи  $Q$  ва оғирлик кучи  $P$  битта вертикал тўғри чизиқ бўйлаб йўналган бўлиб, бир-бирини мувозанатлайди.

Столни айлантирсак, шоқул вертикалдан оғишади. Бунда шарчага таъсир этувчи  $Q'$  ва  $P$  кучлар бир-бири билан бурчак ҳосил этиб таъсир қилгани учун бир-бирини мувозанатламай қўяди. Тенг таъсир этувчи  $F$  кучнинг катталиги шоқул оғишган  $\alpha$  бурчакка боғлиқ, шоқул маълум бир бурчакка оққанда шарча марказга интилма тезланиш ( $a = \frac{v^2}{R}$ ) билан айлана бўйлаб ҳаракат қилади, бунда  $R$  — шарча марказидан айланиш ўқи йўналишигача бўлган масофа.

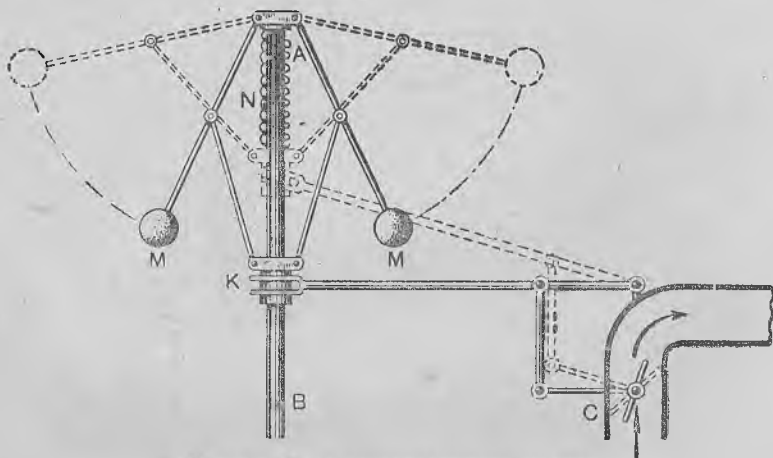
Шарчага таъсир этувчи марказга интилма куч

$$F = \frac{mv^2}{R} \text{ ёки } F = m\omega^2 R.$$

$F$   $P$  учбурчакдан шоқулнинг оғиш бурчаги, бурчак тезлик ва айлана радиуси орасидаги боғланишни топиш мумкин:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{P} = \frac{m\omega^2 R}{mg} = \frac{\omega^2 R}{g}.$$

Бундан, бурчак тезликнинг ортиши билан шоқулнинг оғиш бурчаги ҳам катталашини кўриниб турибди.



21-расм. Уатт регуляторининг модели.

4. Юқорида текширилган ҳодисадан машинанинг айланиш сонини бир хил сақлаш учун ишлатиладиган Уатт регуляторида фойдаланилади. Бу регуляторнинг тузилиши 21-расмда кўрсатилган.

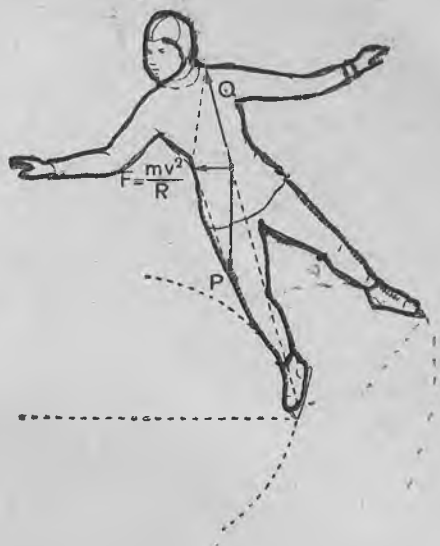
Регуляторнинг  $AB$  валини машина айлантиради. Шарнирларга бириктирилган катта массали  $M$  юклар айланганда огишади ва  $K$  муфтани кўтаради, шу билан бир вақтда  $N$  пружинани қисади.  $K$  муфта машинанинг цилиндрига буғнинг келишини озайтириб-кўпайтириб турадиган  $C$  қопқоққа ричаг ёрдами билан бириктирилган. Машинанинг айланиш сони нормадан ортиб кетса,  $K$  муфта кўтарилади ва  $C$  қопқоқ цилиндрига буғнинг келишини озайтиради. Машинанинг айланиш сони камайиб қолганда эса бунинг аксича, муфта пастга тушади ва қопқоқ кўпроқ очилиб, машинага буғ кўпроқ келади. Машина вали айланиш сонининг ўзгариши машина цилиндрига келадиган буғнинг миқдори ўзгаришига сабаб бўлади. Шу туфайли машина валининг айланиш сони доимий бўлади.

Шунга ўхшаш регуляторлар ҳозир буғ машиналарига, буғ турбиналарига ва сув двигателларига ўрнатилади.

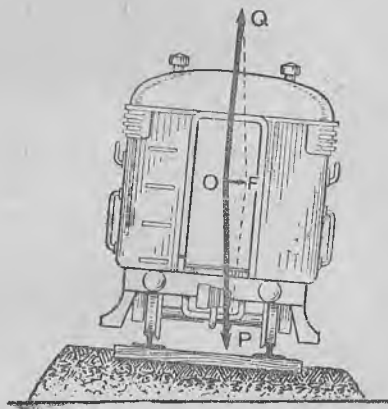
5. Конькида учувчининг йўл бурилган жойдаги ҳаракатини кўрайлик (22-расм).

Конькида учувчи йўлнинг тўғри қисмида кетаётганида бир вертикал бўйлаб таъсир қилган оғирлик кучи билан музнинг конькида учувчига таъсир этган босим кучи бир-бирини мувозанатлайди.

Йўлнинг бурилган жойда ҳаракат марказга интил-



22-расм. Конькида учган одам йўлнинг бурилган жойида айлана марказига қараб қийшайди. Оғирлик кучи  $P$  ва музнинг босим кучи  $Q$  марказга интилма тезланиш пайдо бўлишига сабаб бўлган тенг таъсир этувчи  $F$  кучни майдонга келтиради.



23-расм. Бурилган жойда темир йўлнинг оғмалиги. Вагоннинг оғирлиги  $P$  ва рельснинг унга босим кучи  $Q$  марказга интилма тезланиш майдонга келишига сабаб бўлган тенг таъсир этувчи  $F$  кучни ҳосил қилади.

ма-куч таъсири остида майдонга келади. Бу кучни ҳосил қилиш учун конькида учувчи бурилиш ичкараси томон оғинади. Бу ҳолда унинг оғирлик кучи  $P$  ва музнинг унга босим кучи  $Q$  бир-бирини мувозанатламай қолади. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси  $F$  айлана ичига томон йўналган бўлиб, у, биз излаётган

$$F = \frac{mv^2}{R}$$

марказга интилма куч бўлиб ҳисобланади.

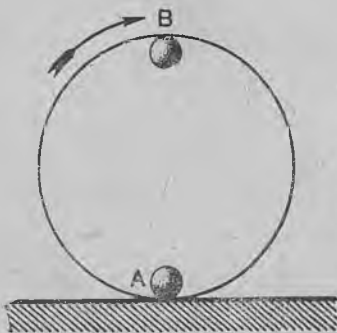
Конькида учувчи гавдасининг горионтал текислик билан ҳосил қилган оғиш бурчаги  $\nu$  тезликка ва йўлнинг бурилиш радиуси  $R$  га боғлиқ бўлади. Тезлик қанча катта бўлса ва бурилиш радиуси қанча кичик бўлса, гавдани айлананинг ичкарасига томон шунчалик кўпроқ оғиштириш кераклигини конькичилар яхши биладилар.

Велосипедчи ёки югурувчилар йўлнинг бурилган жойида ҳаракат қилганда ҳам юқорида айтилган каби ҳоллар рўй беради. Бу ҳолларнинг ҳаммасида ҳам ҳаракат қилаётган одам ўз гавдасини ўзи оғиштиради.

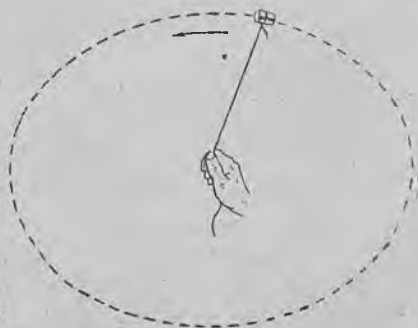
6. Поезд йўлнинг бурилган жойида ҳаракат қилганда қиялик йўлнинг махсус тузилиши орқали вужудга келтирилади: ташқи рельс ички рельсга қараганда баландроқ солинади, яъни йўлнинг бурилган жойида рельслар айлана марказига томон оғмароқ қилиб ўрнатилган бўлади (23-расм).

Бу ҳолда вагонга  $P$  ва  $Q$  кучлар таъсир этиб, уларнинг тенг таъсир этувчиси  $F$  марказга интилма тезланишни юзага келтиради.

Темир йўлнинг қиялиги, албатта, қандайдир бир ўртача тезликка мўлжалланган бўлиши керак. Тезлик жуда ҳам ортиб кетганда рельсларга ён томондан бўлган босим ортади, бу эса поезднинг ҳалокатга учрашига сабаб бўлиши мумкин.



24- расм. 8- параграфдаги  
1- машққа доир.



25- расм. 8- параграфдаги  
2- машққа доир.

### 3-машқ.

1. Ҳаракат қилаётган жисмнинг 24-расмда кўрсатилган  $A$  ва  $B$  вазиятларда тезланишининг йўналиши қандай бўлишини кўрсатинг.

2. 25-расмда ипга боғланган тошни айлантираётган қўл кўрсатилган. Тошга, ипга ва қўлга таъсир этувчи кучларни кўрсатинг ва уларни вектор равишда тасвирланг. Агар ип расмда кўрсатилган вазиятда узилиб кетса, тош қайси томонга қараб кетади?

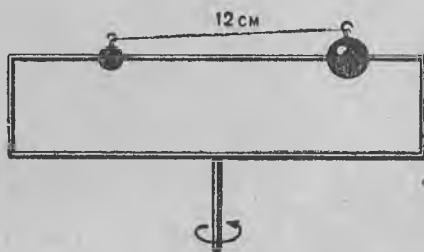
3. 26-расмда иккита шарчани тешиб стерженга кийгизилган асбоб тасвирланган. Бу шарчалар стержень бўйлаб эркин сирпана олади. Шарчалардан бирининг массаси иккинчисиникидан 2 марта катта. Иккала шарча оғирлик марказлари орасидаги масофа 12 см бўладиган қилиб, битта ипнинг икки учи-га боғланган. Шу асбоб вертикал ўқ атрофида айлантиралади. Асбоб айланганда шарчалар стержень бўйлаб сирпанмасдан ўз жойларида қолиши учун уларни айланиш ўқидан қандай узоқликда жойлаштириш кераклигини ҳисобланг.

4. Велосипедчи йиқилмаслиги учун „муаллақ сиртмоқ“нинг юқори нуқта-сида энг камда қандай тезлик билан ҳаракат қилиши кераклигини ҳисобланг (27-расм). Сиртмоқнинг радиуси 8 м. У, энг камда қандай баландликда педа-ли ишлатмасдан ҳаракат қила бошлаши керак?

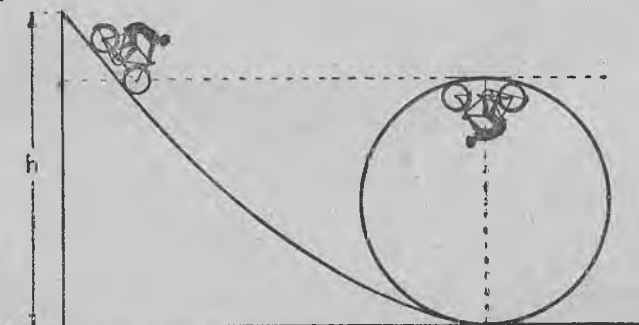
5. Ичида суви бор кичкина челақни ипга боғлаб, доира бўйлаб айлан-тирганимизда челақдаги сув тукилмайди. Тунука банкадан челақ ясанг ва шу тажрибани қилинг. Шу тажрибани тушунтиришга уриниб қуринг.

9. Ньютоннинг учинчи қонунини жисмларнинг айлана бўйлаб ҳаракатига татбиқ қилиш. Жисмнинг айлана бўйлаб ҳаракат қилишини текширганимизда биз фақат ҳаракат қила-ётган жисмга таъсир қил-ган кучга эътибор бердик. Масалан, биз юқорида (7-па-раграфда) текширган ми-соллардан бирида айлана бўйлаб ҳаракат қилаётган шарчага чўзилган (дефор-мацияланган) пружинанинг эластиклик кучи таъсир қилди (15-расм).

Аммо, Ньютоннинг учин-чи қонунига мувофиқ, пруж-



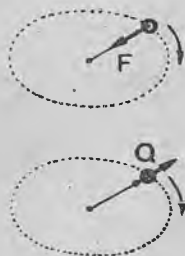
26-расм. 8-параграфдаги 3-машққа доир.



27-расм. 8-параграфдаги 4-машққа доир.

жина шарчага қандай куч билан таъсир қилса, шарча ҳам пружинага шу кучга тенг, лекин қарама-қарши томонга йўналган куч билан таъсир қилади. Шундай қилиб, шарча айлана бўйлаб ҳаракат қилганда бир куч (марказга интилма куч) шарчага, катталиги бу кучга тенг бўлган иккинчи куч эса пружинага таъсир қилади; бу куч марказдан қочма куч дейилади.)

*Марказга интилма ва марказдан қочма кучлар иккови икки жисмга таъсир қилганлигидан, улар бир-бирини мувозанатлай олмайди.* 28-расм бунини очиқ кўрсатади: бунда  $F$  — марказга интилма куч, бу куч шарчага таъсир қилади;



$Q$  — марказдан қочма куч, бу куч ипга таъсир қилиб, у орқали айланиш марказига таъсир қилади.

Агар бир жисм иккинчи жисмга маълум бир куч билан таъсир қилса, буларнинг иккаласи ҳам деформацияланишини билемиз. Демак, шарча айлана бўйлаб ҳаракат қилганда фақат пружина (ёки ипгина) эмас, шарча ҳам деформацияланади.

28-расм. Марказга интилма  $F$  куч шарчага, марказдан қочма  $Q$  куч эса ипга, у орқали айланиш марказига (масалан, кўлга) таъсир қилади.

Бу ҳодиса жисмлар айлана бўйлаб ҳаракат қилган ҳамма ҳолларга оиддир. Масалан, трамвай йўлнинг бурилиш жойидан ўтаётганда рельслар деформацияланади ва улар трамвайнинг гилдирагига босади; гилдираклар эса ўз навбатида деформацияланиб, рельсларга босади.

Йўлнинг бурилиш жойларида рельслар тўғри йўлдагига қараганда тезроқ ейилиб кетади. Бунинг сабаби шуки, йўлнинг бурилиш жойларида гилдираклар рельсларга ён томондан босади.

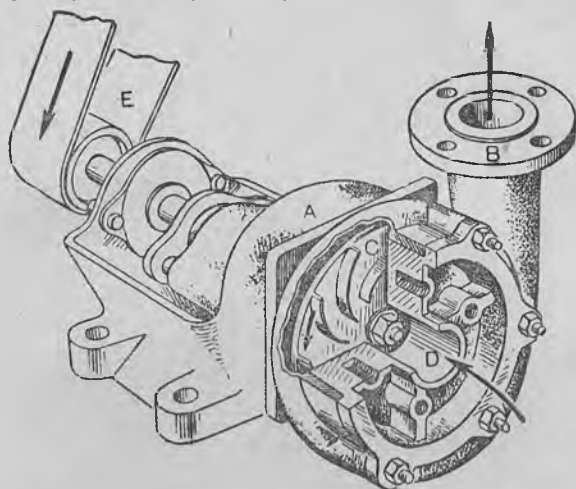
**10. Марказдан қочма механизмлар.** Марказдан қочма механизмлар — жисм айлана бўйлаб ҳаракат қилганда рўй берадиган ҳодисаларга асосланган хилма-хил асбоб ва аппаратларнинг умумий номидир.

Бундай механизмлар қаторига биз юқорида кўриб ўтган Уатт регулятори ҳам киради. Булардан яна бир нечтасини кўриб ўтайлик.

а) Марказдан қочма насос. Марказдан қочма насос схематик равишда 29-расмда тасвирланган. Ковак  $A$  корпус (металл идиш) ичига қанотчалари бўлган  $C$  диск жойлаштирилган бўлиб, двигател бу дискни  $E$  қайиш ёрдами билан тез айлантиради. Ишлатиш олдидан насосга сув тўлғазилади. Қанотчалар айланганда насос корпусидаги сув ҳам айланади. Сув зарралари орасидаги тутиниш кучи уларни доиравий траекторияда тутиб қолиш учун етарли бўлмаганидан, бу зарралар уринма бўйлаб отилиб,  $B$  вертикал трубага чиқиб кетади. Корпусдаги қанотчалар атрофида босим пасаяди.

Корпусдан чиқиб кетган сув ўрнига *D* тешикка туташган трубадан атмосфера босими остида сув келиб туради. 29-расмда филдиракнинг қайси томонга қараб айланиши ва сув зарраларининг ҳаракат йўналиши стрелкалар билан кўрсатилган.

Марказдан қочма насосларнинг поршенли насослардан фарқи шундаки, булар узлуксиз ишлайди. Бундай насосларнинг фойдали иш коэффициенти поршенли насосларнинг ф. и. к. дан анча юқори бўлади, чунки бу насослар ишлаган вақтда энер-

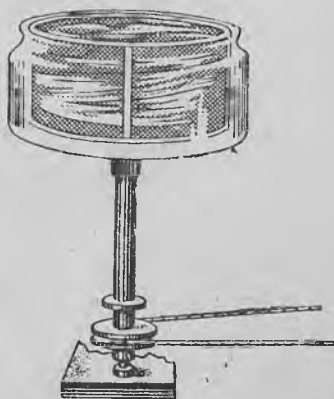


29-расм. Марказдан қочма насоснинг тузилиши.

гия поршенли насослардагидек цилиндрдаги поршень қайтма илгариланма ҳаракат қилганда юз берадиган иш-қалишларга сарф бўлмайди.

Марказдан қочма насослар ҳар хил катталиқда — автомобилнинг совитиш системасидаги кичкина насослардан бошлаб, то ер қазишда суюқ лойни тортиб зўриш бажарадиган земснарядларга ўрнатилган кучли насосларгача бўлади.

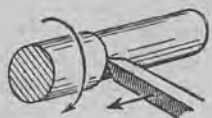
б) Марказдан қочма қури-тиш машинаси. Марказдан қочма қуришти машинаси кирхоналарда кўп қўлланади. Бу машинанинг ишлаш принципи 30-расмда тасвирланган ас-боб ёрдами билан кўрсатилади. Ҳўл кир айланаётган панжарасимон барабанга солинади. Барабан тез айланган-



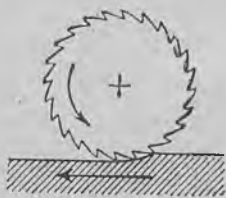
30-расм. Марказдан қочма қу-ритиш машинасининг модели.

да сув томчилари билан мато орасидаги тутиниш кучлари (бунда мазкур кучлар марказга интилма куч булади) томчиларни айланаларда сақлаш учун кифоя қилмайди. Сув томчилари матодан ажралиб, инерция туфайли панжара орқали барабанда ташқарига чиқиб кетади, шундай қилиб кир қуриб қолади.

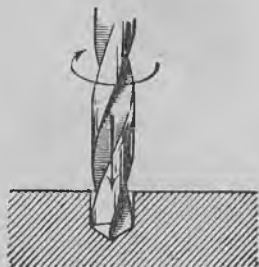
Жисмлар айланаётганда пайдо бўлган кучлар ҳамма вақт фойда келтиривермайди, улар зарар келтириши ҳам мумкин. Масалан, маховой филдираклар жуда тез айланганда парча-парча бўлиб кетиши мумкин. Филдирак айланаётганда унинг чўзилган



31-расм. Токарлик станогида деталнинг айланма ҳаракати ва кескичнинг илгариланма ҳаракати.

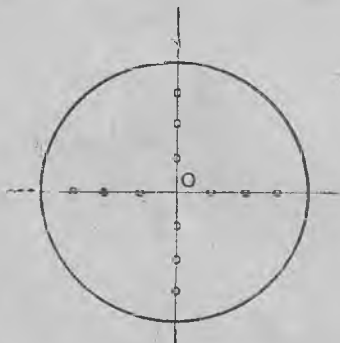


32-расм. Деталь ўнгдан чапга қараб илгариланма ҳаракат қилади, кескич (фреза) эса айланади.

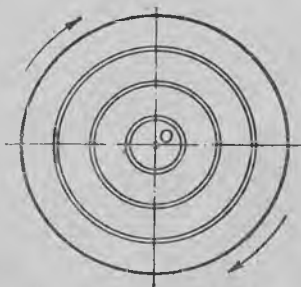


33-расм. Тешаётган вақтда парча айланади ва илгариланма ҳаракат қилади.

кегайлари тугинининг айрим бўлаklarини айланада ушлаб тура олмаслиги мумкин: бу чўзилиш чегарадан ортиб кетганда ҳалокат юз беради — филдирак парча-парча бўлиб кетади.



34-а расм. Дискнинг диаметри бўйлаб кичкина доиралар чизилган.



34-б расм. Дискни айлантирганимизда биз шу доирачалар ҳаракат қилаётган айланаларни кураимиз.

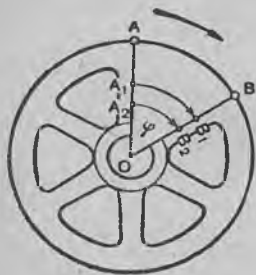
**11. Қаттиқ жисмларнинг айланма ҳаракати.** Қаттиқ жисмнинг энг оддий ҳаракатлари илгариланма ва айланма ҳаракатлардир. Илгариланма ҳаракат билан биз физика курсининг биринчи қисмида танишдик.

Қаттиқ жисмларнинг айланма ҳаракати табиатда ва техникада жуда кўп учрайди. Ернинг ўз ўқи атрофида айланиши, маховой ғилдирак ва шкивларнинг ҳаракати, токаръ станогида қирилаётган деталнинг ҳаракати, патефон пластинкасининг ҳаракати ва шунга ўхшаш ҳаракатлар айланма ҳаракатнинг мисолидир.

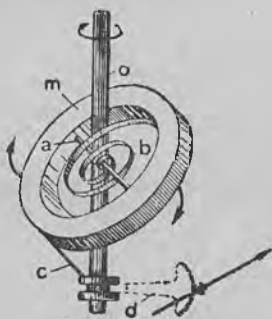
31-расмда деталнинг токарлик станогида айланиши ва кескичнинг илгариланма ҳаракати кўрсатилган; 32-расмда деталь илгариланма ҳаракат қилиб, кескич (фреза) айланади.

Қаттиқ жисмнинг ҳар қандай ҳаракатини илгариланма ва айланма ҳаракатларнинг натижаси деб тасаввур қилиш мумкин. Бу, айниқса, винт ҳаракатида равшан кўринади. Масалан, болт-ни гайкага бураб киргизганимизда у илгариланма ҳаракат қилади, шу билан бирга айланади. Ишлаётган парма (33-расм) бир вақтнинг ўзида ҳам айланади, ҳам илгариланма ҳаракат қилади. Араванинг ғилдираги ўз ўқи атрофида айланади ва арава билан birlikда илгари қараб юради. Бундай мисоллардан ҳар қанча келтириш мумкин.

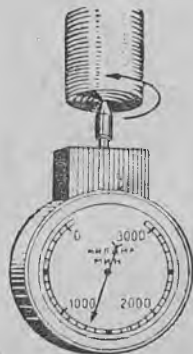
Марказдан ҳар хил узоқликларда доирачалар чизилган картон диск олайлик (34-а расм) ва уни тез айлантирайлик, бунда биз радиуслари ҳар хил бўлган айланаларни кўрамиз (34-б расм). Бу тажриба, жисм айланма ҳаракат қилганда унинг ҳар хил нуқталари айланалар бўйлаб ҳаракат қилишини кўрсатади; бу айланаларнинг марказлари айланиш ўқи деб аталадиган тўғри чизиқда ётади. Жисмнинг ҳамма нуқталари чизган айланаларнинг радиуслари маълум бир вақт ичида бирдай бурчакка бурилади. Шунинг учун жисмнинг бирорта нуқтаси чизган айлана радиусининг маълум бир вақт ичидаги бурилиш бурчагига қараб, жисмнинг ҳамма нуқталарининг ҳаракатини характерлаш, яъни жисмнинг бутун бир жисм холида айланишини характерлаш



35-расм. Ғилдирак  $\varphi$  бурчакка бурилганда унинг  $A, A_1, A_2$  нуқталари узунликлари ҳар хил бўлган  $AB, A_1B_1, A_2B_2$  ёйлар чизади.



36-расм. Тахометрнинг тузилиш схемаси.



37-расм. Тахометрнинг ташқи кўриниши.

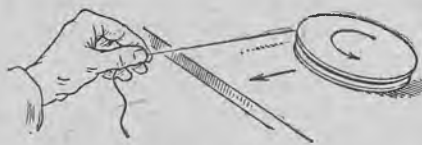


мумкин. Аммо жисмнинг бир секундда бурилиш бурчаги сон жиҳатдан бурчак тезликка тенг. Демак, айланаётган жисмнинг ҳамма нуқталарининг бурчак тезлиги бирдай бўлади.

35-расмдан кўришиб турибдики, филдирак  $\varphi$  бурчакка бурилганда унинг ҳар хил  $A, A_1, A_2$  нуқталари узунликлари ҳар хил бўлган  $AB, A_1B_1, A_2B_2$  ёйлар чизади: нуқта айлиниш уқидан қанча узоқда бўлса, унинг чизган ёйи ҳам, чизиқли тезлиги ҳам шунча катта бўлади. Демак, жисм айланаётганда унинг ҳар хил нуқталарининг бурчак тезлиги бирдай, аммо чизиқли тезликлари ҳар хил бўлади.

Жисмнинг бурчак тезлиги билан чизиқли тезлиги орасидаги боғланишни ифодалайдиган формула 5-параграфда берилган эди.

12. Тахометр. Айланаётган жисмнинг (машиналарнинг айланаётган қисмлари, филдираклар, валлар ва шу сингариларнинг) бурчак тезлиги махсус асбоб — тахометр<sup>1</sup> ёрдами билан ҳисобланади. Тахометрларнинг хиллари жуда кўп. 36-расмда марказдан қочма тахометр деб аталадиган тахометрнинг тузилиш схемаси тасвирланган.  $a$  ўқ атрофида айлана оладиган ҳалқасимон  $m$  юкни  $b$  спираль пружина қия ушлаб турибди.  $a$  ўқ бош  $O$  валга маҳкамланган. Бош вал айлиниш сонини ҳисоблаш керак бўлган валга бириктирилади.  $O$  вал айланганда  $m$  ҳалқа  $b$  пружинани қисиб, бош  $O$  валга перпендикуляр текисликда туриб олишга интилади. Валнинг айланиш тезлиги қанча катта бўлса,  $m$  ҳалқа бу вазиятга шунча яқин бўлади.  $m$  ҳалқанинг кўчиши  $c$  тортқи ёрдами билан махсус механизмга берилади, бу механизмга тезлик кўрсаткич стрелкасини айлантирадиган  $d$  секторга бирлаштирилган бўлади. Ҳар бир айланиш сонига  $m$  ҳалқанинг, демак, шкалада стрелканинг ҳам маълум бир вазияти тўғри келади. 37-расмда тахометрнинг ташқи кўриниши тасвирланган.



38-расм. Ипни торганимизда биз дискни айлантиришгина эмас, балки жилдирамиз ҳам.



39-расм. Иккита тенг, параллел ва қарама-қарши йўналган куч (жуфт куч) таъсир қилганда, диск силжимасдан жойида айланади.

13. Ўқ атрофида айланаётган қаттиқ жисмга таъсир қиладиган кучлар.

Қуйидаги тажрибани қилайлик. Дискка ип ўраб, ипнинг бир учидан торгайлик (38-расм). Бунда дискка катталиклари ҳар хил бўл-

<sup>1</sup> Тахометр грекча тахеос — тез, чаққон; метрео — ўлчайман деган сўзлардан олинган.

ган иккита куч: ипнинг таранг тортилиш кучи ва дискнинг столга ишқалиш кучи таъсир қилади. Бу кучларнинг таъсири остида диск айланади, шу билан бирга жилади.

Агар дискка иккита ипни 39-расмда кўрсатилгандек ўраб, уларнинг учларидан бирдай куч билан қарама-қарши томонларга қараб тортсак, унда диск фақат айланади.

*Бир-бирига тенг, параллел ва қарама-қарши йўналган иккита куч жуфт куч дейилади.*

Шундай қилиб, жуфт куч таъсирида жисм фақат айланади. Жисмнинг жуфт куч таъсирида айланишидан турмушда кўп фойдаланилади. Масалан, машина ҳайдовчининг иккала қўлининг руль ғилдирагига таъсири жуфт кучни майдонга келтиради (40- расм); худди шунинг сингари, гайкани бураганимизда ҳам бизнинг бармоқларимиз жуфт куч ҳосил қилади (41- расм).



40- расм. Машина ҳайдовчи қўларининг руль ғилдирагига таъсири жуфт куч ҳосил қилади.



41- расм. Гайкани бураганда бизнинг бармоқларимиз жуфт куч ҳосил қилади.

#### 4- машқ.

1. Соатнинг секунд стрелкасининг учи юрадиган айлананинг радиуси 0,8 см, минут стрелкасининг айланасиники 2 см, соатни кўрсатадиган стрелкасининг айланасиники 1,5 см. Шу стрелкаларнинг чизиқли ва бурчак тезликларини топинг.

2. Паровознинг юритувчи ғилдирагининг диаметри 1,6 м бўлиб, минутига 120 марта айланади. Шу паровоз қандай тезлик билан юради?

3. Ер ўз ўқи атрофида сутка давомида айланишида Москва кенглигида Ер сирти нуқтасининг чизиқли ва бурчак тезлигининг қанча бўлишини топинг. Ернинг радиусини 6400 км деб ҳисобланг.

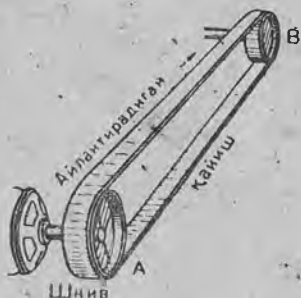
14. Айланишни двигателдан машина-қуролга узатиш. Машиналар двигатель ва машина-қуролларга бўлинади. Масалан, буғ машина, буғ турбина, гидротурбина, электр двигатель ва бошқалар двигателдир. Ҳар хил буюмлар тайёрлайдиган станок ва машиналар, масалан, токарлик станогини, тўқиш станогини, йигирув машинаси ва шу сингарилар машина-қурол бўлади.

Станокнинг ишлаши учун айланма ҳаракатни двигатель валидан станок валига узатиш керак. Ҳаракат турли усуллар билан узатилади. Бунинг учун кўпинча тубандаги уч усул

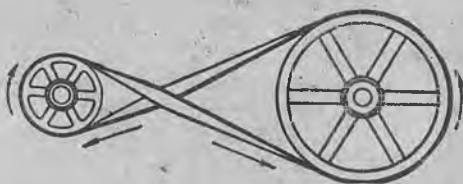
ҳулланади: қайиш ёрдами билан узатиш, фрикцион узатиш ва тишли ғилдирақлар ёрдами билан узатиш.

Биз ҳаракатни узатишнинг энг оддий ҳолини: двигатель вали билан станок вали бир-бирига параллел бўлган ҳолни текшираемиз.

15. Ҳаракатни қайиш ёрдами билан узатиш. Ҳаракатни қайиш ёрдами билан узатишда иккови икки валга ўрнатилган иккита ғилдирақ-шкив узатувчи „узлуксиз“ қайиш билан ўраб олинади. Двигатель валидаги *A* шкивни етакловчи шкив, станок валидаги *B* шкивни етакланувчи шкив дейилади (42-а расм). Агар шкивларнинг диаметрлари бирдай бўлмаса, уларнинг айланаларидаги чизиқли тезликлари бирдай бўлгани учун айла-ниш сонлари ҳар хил бўлади.



42-а расм. Ҳаракатни қайиш ёрдами билан узатиш. *A* – етакловчи шкив, *B* – етакланувчи шкив. Иккала шкив ҳам бир томонга қараб айланади.



42-б расм. Қайишни чалиштириб солганда шкивлар қарама-қарши томонга қараб айланади.

Етакловчи шкивнинг диаметри  $D_1$  бўлиб, секундига  $n_1$  марта айлансин, етакланувчи шкивнинг диаметри эса  $D_2$  бўлиб, секундига  $n_2$  марта айлансин ва иккала шкивнинг ҳам айланасидаги чизиқли тезлик  $v$  бўлсин дейлик.

Унда

$$v = \pi D_1 n_1 \text{ ва } v = \pi D_2 n_2.$$

Бундан:

$$n_1 = \frac{v}{\pi D_1} \quad (1)$$

ва

$$n_2 = \frac{v}{\pi D_2}. \quad (2)$$

(2) тенгликни (1) тенгликка бўлсак,

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2} \quad (3)$$

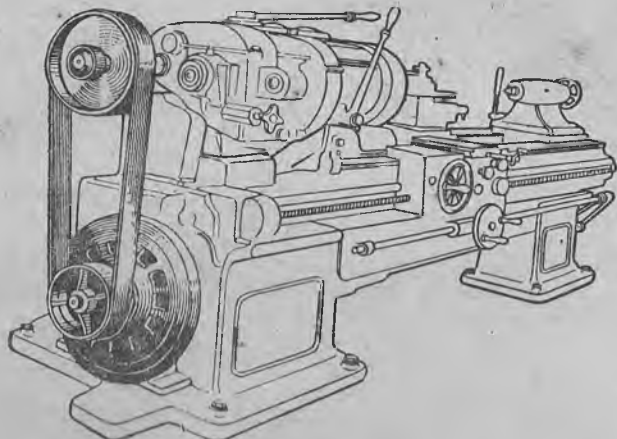
булишини топамиз.

Шкивларнинг вақт бирлиги ичида айланиш сонлари уларнинг диаметрларига тескари пропорционал.  $\frac{n_2}{n_1}$  нисбат узатиш сони дейилади.

(3) тенгликдан кўринадикки, станок шкивининг диаметри қанча кичик бўлса, унинг валининг айланиш сони шунча катта бўлади.

Етакланувчи шкив қайиш билан шкив орасида ишқалиш кучи борлиги туфайли ҳаракатга келади.

Агар шкивнинг тўғинида қайиш сирпанмаса қайишли узатиш яхши бўлади. Сирпаниш, асосан, қайишнинг таранглигига ва қамраш бурчагига боғлиқ бўлади. Шкив айланасининг қайиш ўраб олган ёйига тўғри келган марказий бурчак қамраш бурчаги дейилади. Узатиш сони қанча кичик бўлса, қамраш бурчаги шунча кичик бўлади ва, демак, қайиш шкивда кўп сирпанади. Амалда, узатиш сони 5 дан ортиқ ёки  $\frac{1}{5}$  дан кам узатишлар фойдасиз деб ҳисобланади. Қайишли узатишда ишқалишнинг қандай аҳамияти борлиги қуйидаги тажрибада кўрсатилади.



43-расм. Ҳаракатни электр двигателдан токарлик станогининг валига қайиш ёрдами билан узатиш (токарлик станогидagi электр двигатель ва шкив расмда яққол кўрсатилган).

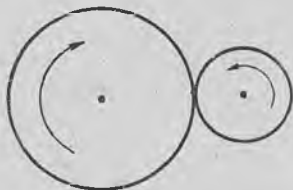
Силлиқ яккачўп (керги) устига арқон ташлаб, бу арқоннинг бир учига юк осайлик, иккинчи учига динамометр боғлайлик. Юкни тутиб туриш учун унинг оғирлигидан бир оз кам (арқон билан яккачўп орасидаги ишқалиш кучи қадар кам) куч керак бўлади. Арқонни яккачўпга бир марта ўраганимизда биз арқон ўраб олган ёйнинг узунлигини ошираемиз. Бу ҳолда юкни тутиб туриш учун унинг оғирлигидан анча кам куч керак бўлади.

42-а расмда кўрсатилган иккала шкив ҳам бир томонга, соат стрелкаси юрган томонга қараб айланади. Ҳаракатни қайиш ёрдами билан узатишда эргашувчи шкивни юритувчи шкив айланишига қарама-қарши томонга айлантириш ҳам мумкин. Бунинг учун қайишни 42-б расмда кўрсатилганча чалиштириш кифоя. 43-расмда ҳаракатни электр двигателдан токарлик станогининг валига қайиш ёрдами билан узатиш кўрсатилган.

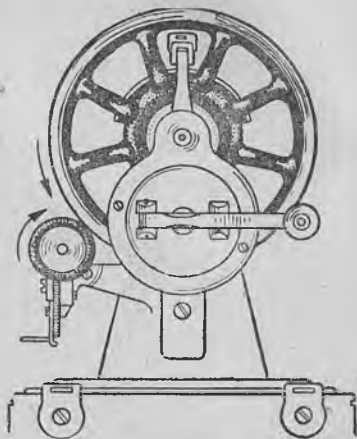
**16. Фрикцион узатиш.** Фрикцион узатишда икки филдирак

бир-бирига маълум бир куч билан қисиб қўйилади (44-а расм). Бир ғилдирак, масалан, соат стрелкаси юрган томонга қараб айланганда, ишқалиш туфайли иккинчи ғилдирак ҳам ҳаракатга келиб, соат стрелкасининг айланишига қарама-қарши йўналишда айланади. Бундай узатиш, масалан, тикув машиналарида ғилдирак билан шпулькомоталка (машинанинг катта ғилдираги билан ғалтакка ип ўрайдиган кичкина ғилдирак) орасида (44-б расм), мотор валининг айланиш сонини ҳисоблашда тахометр билан мотор вали орасида бўлади.

Умуман, фрикцион узатиш узатиладиган қувват унча катта



44-а расм. Фрикцион узатишнинг схемаси.



44-б расм. Тикув машина ғилдираги билан шпулькомоталка орасидаги фрикцион узатиш.

бўлмаганда қўлланилади. Маълумки, тезлик бир хил бўлганда қувват таъсир этувчи кучга пропорционал бўлади. Етакланувчи фрикцион ғилдиракка таъсир этувчи куч эса иккала ғилдирак орасидаги ишқалиш кучига боғлиқдир. Аммо ишқалиш кучи боғлиқдир.

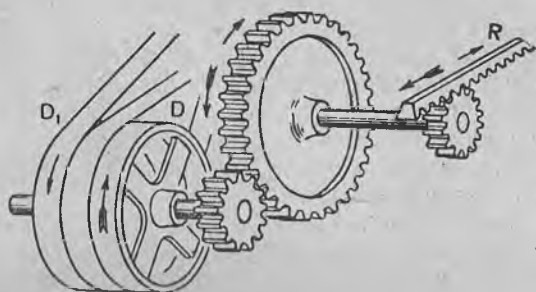
Демак, қувват катта бўлганда ҳар иккала ғилдирак бир-бирига жуда катта куч билан қаттиқ қисилиши керак, бунинг натижасида ғилдирак ўрнатилган вал букилиб қолиши мумкин.

**17. Ҳаракатни тишли ғилдираклар ёрдами билан узатиш.** Ҳаракатни тишли ғилдираклар ёки шестернялар ёрдами билан узатиш техникада жуда кенг миқёсда қўлланилади. Масалан,

автомобиль, трактор ва трамвайларда ҳаракат двигателдан юритувчи ғилдиракларга тишли ғилдираклар ёрдами билан узатилади. Пароходларда ҳаракат тишли ғилдираклар ёрдами билан

двигателдан эшкак винтига узатилади. Тишли ғилдираклар кўп станокларда ҳаракатни двигателдан станокка узатишда қўлланади ва ҳоказо. 45-расмда тишли ғилдиракларнинг қўл билан ишлатиладиган лебёдкада (чиғириқда) қўлланиши кўрсатилган.

Айланма ҳаракатни шестернялар ёрдами билан 46-расмда кўрсатилгандек илгариланма ҳаракатга айлантириш мумкин. Бу расмда рандалаш станогининг энг кўп қўлланиладиган механизмларидан бирининг оддий схемаси кўрсатилган. Қайиш

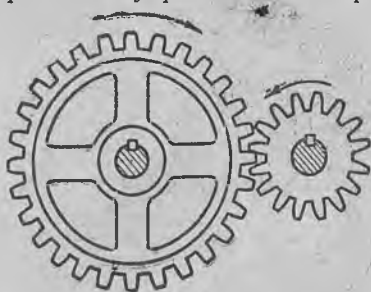


46-расм. Буйлама рандалаш станогининг столини ҳаракатга келтирадиган узатиш механизмнинг оддий схемаси.

Ёрдами билан айлантириладиган  $D$  шкивдан ҳаракат валларга ва бу валларга ўрнатилган шестернялар ёрдами билан тишли  $R$  рейкага ўтади. Тишли рейка расмда патли стрелка билан кўрсатилган йўналишда илгари сурилади. Бу рейка билан birlikда станокнинг шу рейкага маҳкамланган (расмда кўрсатилмаган) столи ҳам сурилади. Рейканинг учи тишли ғилдиракдан чиқиб кетишга етганда чалиштирилган қайиш махсус механизм ёрдами билан  $D_1$  шкивга ўтказилади. Бунда рейка оддий стрелка билан кўрсатилган тесқари йўналишда (салт) юради.

Етакланувчи ғилдиракнинг айланиш сони етакловчи ғилдиракнинг айланиш сонига ва ҳар иккала ғилдирак тишларининг сонига боғлиқ бўлади.

Бир шестерня тишларининг сони  $z_1$  бўлиб, секундига  $n_1$  марта айлансин, у билан тишлашган иккинчи ғилдиракнинг эса  $z_2$  тиши бўлиб,  $n_2$  марта айлансин дейлик (47-расм).



47-расм. Тишлаштирилган шестернялар тишлари сони билан уларнинг айланиш сонлари орасидаги боғланишни чиқаришга доир.

Тишлашиш нуқтасидан 1 секундда биринчи шестернянинг  $z_1 n_1$  тиши, иккинчисининг  $z_2 n_2$  тиши ўтади. Иккала шестернянинг ўтган тишларининг сони бир-бирига тенг бўлгани учун:

$$z_1 n_1 = z_2 n_2,$$

бундан:

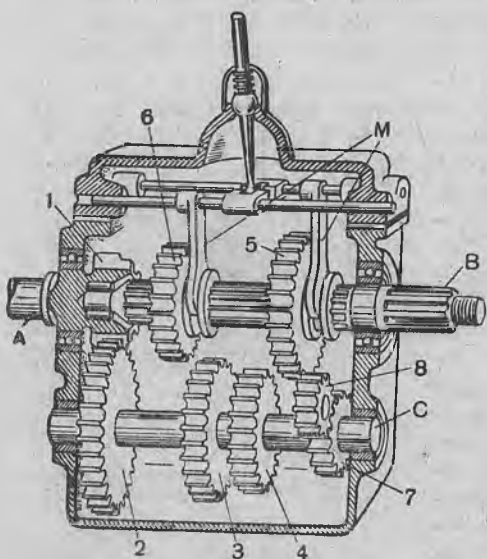
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1},$$

яъни бир-бири билан тишлашган шестернялардан ҳар бирининг вақт бирлигида айланишлари сони унинг тишлари сонига тесқари пропорционал бўлади.

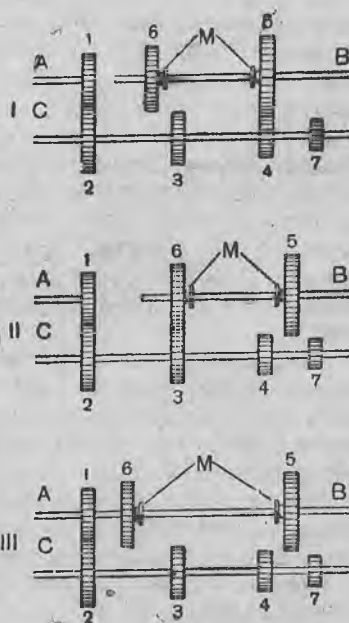
Станокда етакчи шестерня айланган йўналишда айланиш ҳосил қилиш учун оралик шестерня ишлатилади.

Турли станокларни керакли тезлик билан айлантириш учун тезликлар қутиси, автомобиль ва тракторларда эса узатмалар қутиси ишлатилади. Буларда ҳаракат тишли ғилдирақлар ёрдами билан узатилади.

48-расмда узатмалар қутиси тасвирланган, 49-расмда эса схематик равишда автомобилдаги учта узатма кўрсатилган. *C* оралик вал. Бунда *A* етакчи вал, *B* етакланувчи вал.



48-расм. Узатмалар қутисининг тузилиш схемаси.



49-расм. Автомобилнинг узатмалар қутисидида шестерняларнинг тишлашиш схемаси.

Махсус механизм ёрдами билан *A* ва *B* валларни бир-биридан ажратиш мумкин. Етакловчи валга *I* шестерня ўрнатилган (48-расмда бу шестернянинг фақат орқа томондаги ярми тасвирланган). Ораликдаги *C* валга 2, 3, 4 ва 7 шестернялар, етакланувчи *B* валга 5 ва 6 сирпанувчи шестернялар (кареткалар) ўрнатилган.

*B* вал билан бирликда айланадиган 5 ва 6 шестернялар шу вал бўйлаб *M* ҳалқа проточкалар ёрдами билан силжий олади (49-расм), бу проточкаларга шестерняларни кўчириш учун хизмат қиладиган махсус вилкалар тушади (улар 48-расмда *M* ҳарфи билан белгиланган). *I* шестерня ҳамма вақт 2 шестерня билан тишлаштирилган бўлади. 7 шестерня ва *у* билан тишланган 8 шестерня (48-расм) автомобилни орқага юргизиш учун хизмат қилади.

**I узатма.** 5 шестерня 4 шестерня билан тишлаштирилган. *B* ва *A* валлар бевосита бирлаштирилмаган. Етакланувчи *B* вал двигателнинг муайян айланиш тезлигида энг кам тезлик билан айланади. Биринчи узатма энг катта тортиш кучини беради; *у*, автомобилни ўрнадан қўзғатиб юборишда ишлатилади.

**II узатма.** 6 шестерня 3 шестерня билан тишлаштирилган; 5 шестерня илгариги жойига қайтарилади. *B* ва *A* валлар бевосита бирлаштирилмаган. *B* валнинг айланиш тезлиги ортади. Иккинчи узатмадан автомобилни ўрнадан қўзғалгандан кейин тез юргизиш ва ўртача қаршиликни энгиш учун фойдаланади.

**III узатма.** *A* ва *B* валлар бевосита бирлаштирилган; 5 ва 6 шестернялар орадаги *C* валнинг шестернялари билан тишлаштирилмаган. Етакловчи вал неча марта айланса, етакланувчи вал ҳам шунча марта айланади. Орадаги *C* вал бўш (салт) айланади. Бу узатмада автомобилнинг тезлиги энг катта бўлиши мумкин. Учинчи узатмадан автомобилнинг юришида катта қаршиликни энгиш талаб этилмаган ҳамма ҳолларда фойдаланилади.

Автомобиль орқага қисқа уққа ўрнатилган махсус 8 шестерня ёрдами билан юргизилади (бу шестерня 48-расмда кўрсатилган). Бу шестерня орадаги *C* валга ўрнатилган 7 шестерня билан ҳамма вақт тишлаштирилган бўлади. Йўл тор келиб қолган жойларда буришда, боши берк кўчаларга киришда ва бошқа ҳолларда автомобилни орқага юргизиш керак бўлади. Узатмалар 48-расмнинг юқорисида кўрсатилган махсус механизм ёрдами билан ўзгартирилади.

Тишлаштириш автомобилнинг куч узатмасини двигатель валидан вақтинча узиш учун хизмат қилади, бу эса узатмалар қутисидagi шестерняларни бир-бирига тишлатишда ва тормозлаш вақтида керак бўлади. Бундан ташқари, тишлатиш автомобилнинг ўрнадан силлиқ қўзғалишига имкон беради.



### 5-машқ.

1. Иккита вал бир-бирига „узлуксиз“ қайиш билан бирлаштирилган. Етакловчи вал минутига 150 марта айланади. Минутига 375 марта айланиши керак бўлган етакловчи валга диаметри 250 мм бўлган шкив ўрнатилган. Етакловчи валдаги шкивнинг диаметри қанча бўлиши керак?

2. Етакловчи гилдиракнинг 20 та тиши бўлиб, минутига 200 марта айланади. Агар узатиш сони  $\frac{1}{4}$  бўлса, етакловчи гилдиракнинг тиши неча бўлиши керак? Шу гилдирак минутига неча марта айланади?

3. Буг машинанинг диаметри 1200 мм бўлган маховиги минутига 225 марта айланади. Айлана кучланиш 300 кг. Шу машинанинг қувватини топинг.

4. Электр двигателининг диаметри 500 мм бўлган шкивидаги айланма кучланишни топинг. Двигателнинг қуввати 60 о. к, шкивнинг бурчак тезлиги  $975 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ .



## ТЕБРАНИШ ВА ТЎЛҚИНЛАР.

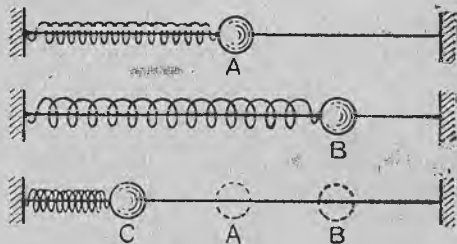
**18. Даврий ҳаракат.** Табиатда ва техникада бўладиган хил-ма-хил механик ҳаракатлар орасида тенг вақтлар ичида такрорланиб турадиган ҳаракатлар ҳам учрайди. Бундай ҳаракатлар даврий ҳаракат дейилади. Ҳаракатнинг қайтарилиши орасида ўтган вақт давр дейилади.

11-параграфда биз даврий ҳаракатлардан бир тури — жисмнинг текис айланишини кўриб ўтдик. Бу ҳаракатда жисмнинг ҳар бир янги айланишида унинг ҳар бир нуқтаси бир хил вазиятлардан ўтади, шу билан бирга аввалги тартибда ва ўшандай тезлик билан ўтади.

Энди жисмнинг энг тургун мувозанат вазиятидан гоҳ бир томонга, гоҳ иккинчи томонга чиқишидан иборат бўлган даврий ҳаракатни текширайлик. Бундай ҳаракат даврий тебраниш деб аталади. Соат маятникнинг ҳаракати, товуш чиқараётган торнинг титраши, аргимчоқнинг тебраниши ва шу сингарилар даврий тебранишга мисолдир.

Даврий ҳаракатнинг хиллари жуда ҳам кўп булишига қарамасдан, уни характерлаш учун баъзи умумий катталиқлар киргизилади. Бу катталиқларни биз пружина ва ип маятникларнинг тебранишларини текширганимизда киргизамиз. Шу билан бирга тебранишларнинг умумий қонунларини ҳам аниқлаймиз.

**19. Гармоник (оддий) тебраниш.** 50-расмда кўрсатилган пружина маятникнинг тебранишини текширайлик. Бу маятник диаметри бўйлаб тешилган ва горизонтал стерженга шу тешикдан ўтказилиб ўрнатилган массив (массаси катта) шардан иборатдир. Шар стержень бўйлаб жуда кам ишқалиш билан ҳаракатланади, бу ишқалишни ҳисобга олмаймиз. Стерженга пўлат пружина кийги-



50-расм. Пружинадаги юянинг тебраниши.

зилган бўлиб, бу пружинанинг бир учи стерженнинг учига, иккинчи учи эса шарга маҳкамланган.

Мувозанат ҳолатида (тинч турганда) шар  $A$  вазиятда турибди. Агар шарни ўнг томонга  $B$  вазиятга тортиб туриб, қўйиб юборсак, у мувозанат вазияти атрофида тебранади.

Бу тебранишларнинг сабаби нима? Шарни ўнг томонга тортиш билан пружинани чўзамиз; бунда пружинани мувозанат вазиятига қайтаришга интилган эластиклик кучи майдонга келади. Бу кучнинг таъсирида шар тезланувчан ҳаракат қилади. Шар мувозанат вазиятига қайтиб келганда бу вазиятда унга куч таъсир қилмаса ҳам (пружина чўзилмаган бўлса ҳам) ҳаракатдан тўхтаб қолмайди: инерцияси билан бу вазиятдан ўтиб кетади ва пружинани қиса бошлайди. Бунда майдонга келган эластиклик кучи пружинанинг қисилишига тўсқинлик қилади. Бунинг натижасида шар маълум бир  $C$  вазиятга келиб, тўхтаб қолади. Сўнгра қисилган пружинанинг эластиклик кучи таъсирида шар ўнг томонга қараб тезланма ҳаракат қилади; инерцияси билан у мувозанат вазиятидан яна ўтиб кетади ва тагин  $B$  вазиятга келиб қолади, шундай қилиб у битта тўла тебранади. Сўнгра бу ҳаракатлар қайтарилаверади.

Демак, *пружинага маҳкамланган оғир шарнинг тебранишларига сабаб пружинани қисган ва чўзган вақтда юз берадиган эластиклик кучи ва шарнинг инерциясидир.*

Ўлчашлар, тебранаётган жисмнинг силжиши ортганда пружинанинг эластиклик кучи силжишга пропорционал равишда ортишини кўрсатади.

Демак, агар шарни мувозанат вазиятдан  $x$  масофага силжитсак, уни бу вазиятга қайтарадиган  $F$  куч қуйидаги тенгликдан топилади:

$$F = kx, \quad (1)$$

бунда  $k$ —*пропорционаллик коэффициентини*—*муайян пружина учун сон жиҳатдан пружинани узунлик бирлигича чўзадиган кучга тенг бўлган ўзгармас катталикдир.*

Шуни айтиб утайликки,  $F$  куч ҳамма вақт мувозанат вазиятига томон йўналган бўлади, силжиш  $x$  эса мувозанат вазиятидан бошлаб ҳисобланади, яъни силжиш кучга қарама-қарши йўналган бўлади. Буни формулада кўрсатиш учун (1) тенгликнинг ўнг томонини минус ишораси билан олиш керак:

$$F = -kx. \quad (2)$$

*Силжишга пропорционал бўлиб, мувозанат вазиятига томон йўналган кучлар таъсири остида бўладиган даврий тебранишлар гармоник (ёки оддий) тебранишлар деб аталади.*

Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофиқ,  $F = ma$ , бунда  $a$ —жисмнинг  $F$  куч таъсирида қилган ҳаракат тезланишидир.

Агар гармоник тебранишни аниқлайдиган (2) формулада  $F$  ўрнига  $ma$  қўдайтмани қўйсак,  $ma = -kx$  ҳосил бўлади, бундан:

$$a = -\frac{k}{m}x.$$

Бу ифода гармоник тебранишни қуйидагича таърифлашга имкон беради:

*Гармоник тебранишда тезланиш ҳамма вақт силжиш катталигига пропорционал бўлиб, унга қарама-қарши йуналган бўлади.*

Биз пружина маятник мисолида кўриб ўтган эластик тебранишлар—тебранишларнинг жуда ҳам кўп тарқалган ва муҳим туридир. Бундай тебранишлар қаторига, масалан, нагрузка (қўйилган юк) таъсири остида машиналарнинг қисмлари, биналарнинг балкалари (тўсинлари), рессорларнинг тебранишлари киради; товуш тебранишлари ҳам шулар қаторига киради.

**20. Тебранишнинг амплитудаси, частотаси ва даври.** Энди гармоник тебранишни характерлайдиган баъзи катталикларни киргизайлик.

*Тебранаётган нуқтанинг мувозанат вазиятидан энг кўп силжиши тебраниш амплитудаси ( $A$ ) деб аталади.* 50-расмда  $AB = AC = A$ .

*Бир секундда бўлган тебранишларнинг сони гармоник тебранишнинг частотаси деб аталади.*

*Битта тўла тебраниш учун кетган вақт давр деб аталади.*

Физикада частота бирлиги қилиб герц<sup>1</sup> (электромагнит тўлқинларни кашф этган немис олими Герц шарафига) қабул қилинган. Герц шундай частотаки, бунда бир секундда битта тўла тебраниш бўлади.

1 килогерц ( $кгц$ ) = 1000  $гц$ .

1 мегагерц ( $Мгц$ ) = 1 000 000  $гц$  = 1000  $кгц$ <sup>2</sup>.

Тебраниш даври билан частота орасидаги боғланишни аниқлайлик. Мисол учун жисм 1 секундда 10 марта тебрансин (тебраниш частотаси 10  $гц$  га тенг). Бир марта тўла тебраниш учун кетган вақт  $1/10$  секунд бўлади. Бу эса шу тебранишнинг даври бўлади.

Ўмуман, агар даврни  $T$  билан, частотани  $f$  билан белгиласак:

$$f = \frac{1}{T} \text{ ёки } T = \frac{1}{f}$$

деб ёзиш мумкин.

Кўрамизки, айлана бўйлаб бўлган текис ҳаракатда айланиш сони билан айланиш даври орасида боғланиш қандай бўлса (4-параграфга қаранг), частота билан тебраниш даври орасидаги боғланиш ҳам шундай экан.

<sup>1</sup> Техникада баъзан бу бирликни цикл деб атайдилар.

<sup>2</sup> Мега — миллион, кило — минг деган сўз.

### 6-машқ.

1. Қуйидаги жадвални тўлғазиб, горизонтал жойлаштирилган пружинада тебранаётган шар ҳаракатининг характери ни тавсифлаб беринг (50-расм).

Тартиб номери	Жисмнинг ҳаракати	Шарни ҳаракатлантирувчи кучнинг катталиги қандай ўзгаради?	Шар ҳаракати тезлигининг катталиги қандай ўзгаради?	Шар ҳаракати тезлигининг катталиги қандай ўзгаради?
1	$A$ дан $B$ гача			
2	$B$ " $A$ "			
3	$A$ " $C$ "			
4	$C$ " $A$ "			

2.  $B$  ва  $C$  вазиятларда шарнинг тезланиши қайси томонга йўналган?

3. Пружинада тебранаётган шарнинг тезлиги қандай вазиятларда энг катта? Қандай вазиятларда энг кичик? Шу саволни тезланишга нисбатан ҳал қилинг.

### 21. Оғирлик кучи таъсири остида бўлган тебранишлар.

19-параграфда пружинали маятникнинг тебраниши қаралган эди, аммо оғирлик маркази осилиш нуқтасидан паст ҳолда осилган ихтиёрий бир жисм маятник бўлолади. Тажрибаларимизда ишлатишга жуда қулай бўладиган маятник сифатида илга осилган металл шарчани олиш мумкин.

Маятникни  $A$  мувозанат вазиятидан (51-расм) чиқариб туриб, қўйиб юборсак, у тебранади. Бу тебранишларнинг сабабини текширайлик.

Маятник мувозанат вазиятида тинч турганда жисмга таъсир қилаётган оғирлик кучи ипнинг таранглик кучи билан мувозанатлашади. Мувозанат вазиятидан четга чиқарилганда, яъни  $B$  вазиятда оғирлик кучи  $P$  ва ипнинг таранглик кучи  $Q$  жисмга бир-бири билан бурчак ҳосил этиб таъсир қилади.

Бу икки кучнинг тенг таъсир этувчиси  $P_1$  бўлади. 51-расмда  $P_1$  кучнинг ҳамма вақт мувозанат вазиятига томон йўналган бўлиши кўриниб турибди; маятник мувозанат вазиятидан қанча кўп оғишган бўлса, бу куч ҳам шунча катта бўлади. Маятникнинг бир неча вазияти учун кучлар параллелограммини тузиб, буни текшириб кўриш осон.  $P_1$  куч маятникни мувозанат вазиятига қайтариб, унинг тебранишига сабаб бўлади.

Маятник мувозанат вазиятидан ўнг томонга қараб ҳаракат қилганда  $P_1$  куч унинг ҳаракатини сусайтиради ва маятник қанча кўп оғишса, бу куч маятникнинг ҳаракатини шунча кўп

сусайтиради. Маятник мувозанат вазиятига қайта бошласа,  $P_1$  куч унинг ҳаракатини тезлаштирадиган куч бўлиб қолади.

Маятник мувозанат вазиятида тўхтаб қолмайди, инерцияси билан чап томонга огишади. Бунда маятникка у мувозанат вазиятидан четга кўпроқ чиққан сари орта борадиган ва мувозанат вазиятига томон йўналган  $P_1$  куч таъсир қила бошлайди. Маятникнинг ҳаракати секинлашади.  $C$  нуқтада у тўхтайди, сўнгра яна ўнг томонга қараб тезланувчан ҳаракат қила бошлайди; инерцияси билан  $A$  мувозанат вазиятидан яна ўтиб кетади ва  $B$  нуқтага қайтади, шундай қилиб битта тўла тебраниш ҳосил бўлади. Бундан кейин ҳамма ҳаракатлар яна қайтарилади.

Биз юқорида маятникни мувозанат вазиятига қайтарадиган кучнинг катталиги маятникнинг мувозанат вазиятидан оғиш бурчагига боғлиқ бўлишини кўрдик. Энди бу боғлинишни математик йўл билан аниқлайлик.

Фараз этайлик, маятникнинг мувозанат вазиятидан силжиши  $x$  маятник ҳаракат қилганда унинг чизган ёйини тўғри чизиқ деб қабул қилиш мумкин бўлган даражада кичик бўлсин (52-расм). Юкнинг  $B$  нуқтадаги вазияти учун кучлар параллелограмми чизайлик.

52-расмдан кўринадики,  $P_1 = P \sin \alpha$  (1), бунда  $\alpha$  — маятникнинг мувозанат вазиятидан оғиш бурчагидир.

Маятникнинг узунлигини  $l$  билан белгилайлик, у ҳолда  $OB = OA = l$  бўлади. Агар  $\alpha$  бурчак кичик бўлса,  $AOB$  учбурчак учун

$$\frac{x}{l} = \sin \alpha$$

деб ёзиш мумкин.

$\sin \alpha$  нинг бу қийматини (1) тенгликка қўйганимизда қуйидагини ҳосил қиламиз:

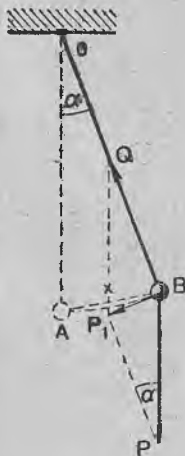
$$P_1 = \frac{P}{l} x.$$

$P$  ва  $l$  ўзгармаганлиги,  $P_1$  куч эса йўналиши жиҳатдан маятникнинг оғишига қарама-қарши бўлганлигидан:

$$P_1 = -kx$$

деб ёзиш мумкин, бунда  $k = \frac{P}{l}$ .

Бундан кўринадики, маятникнинг тебранишлари унинг мувозанат вазиятидан силжиганига пропорционал бўлган ва шу вазиятга томон йўналган куч таъсирида юз берар экан.



52-расм. Математик маятник формуласини чиқаришга доир.

Аммо гармоник тебранишлар юзага келишининг шarti худди шунинг ўзгинасидир. Шундай қилиб, *амплитудалар кичик бўлганда маятникнинг оғирлик кучи таъсири остидаги тебранишлари гармоник ёки оддий тебраниш бўлади.*

### 7- машқ.

1. Қуйидаги жадвални тўлгазиб, маятник ҳаракатининг характерини тавсифлаб беринг (51- расм).

Тартиб номери	Маятникнинг ҳаракати	Маятникни ҳаракатлантирувчи кучнинг катталиги қандай ўзгаради?	Маятник ҳаракатининг тезлиги қандай ўзгаради?	Маятник ҳаракатининг тезланиши қандай ўзгаради?
1	$B$ дан $A$ гача			
2	$A$ " $C$ "			
3	$C$ " $A$ "			
4	$A$ " $B$ "			

$B$  ва  $C$  нуқталарда маятникнинг ҳаракат тезланиши қайси томонга йўналган бўлади?

Қандай вазиятларда маятникнинг тезлиги энг катта бўлади? Қандай вазиятларда энг кичик бўлади?

Қандай вазиятларда маятник ҳаракатининг тезланиши энг катта бўлади?

2. 100 Г оғирликдаги маятникни мувозанат вазиятидан  $45^\circ$  оғштирганда, у қанча куч таъсири остида мувозанат вазиятига қайта бошлайди?

3. Пневматик молоток (қисилган ҳаво билан ишлайдиган болға) зубилосининг тебраниш даври 0,02 сек. Унинг тебраниш частотаси қанчага тенг? Зубилонинг тебранишларини гармоник тебраниш деб ҳисобланг.

4. Поезд юриб кетаётганда паровоз шатун-кривошип механизмининг гилдираги 5 минутда 1200 марта айланади. Паровоз цилиндрида поршеннинг тебраниш частотасини аниқланг. Бу тебранишларни гармоник тебраниш деб ҳисобланг.

**22. Математик маятникнинг тебраниш қонунлари.** Тебранма ҳаракатларни характерловчи миқдорий боғланишларни математик маятник деб аталадиган маятник учун аниқлаш жуда осон.

*Ингичка, чузилмас ва вазнсиз ипга осилган моддий нуқта математик маятник деб аталади.* Амалда биз бу идеал ҳолга, табиий, фақат бирор даражада аниқлик билан яқинлаша оламиз. Бизнинг тажрибаларимизда математик маятникнинг реал модели қилиб ингичка эластик ипга осилган кичик металл шарча олинади. Шарчанинг ўлчамлари ипнинг узунлигига қараганда анча кичик бўлиши керак. Бу эса шарчанинг ҳамма массаси бир нуқтага — оғирлик марказига тўпланган деб ҳисоблашга имкон беради.

Узунлиги тахминан 1 м бўлган шундай маятникни штативга осиб қўяйлик ва уни мувозанат вазиятидан бир өзгина (кичикроқ бурчакка) оғдириб, мисол учун, унинг қанча вақт ичида 50 марта тебранишини аниқлайлик.

Оғиш бурчагини (бошланғич амплитудани) камайтирайлик ва шарчанинг қанча вақт ичида 50 марта тебранишини яна аниқлайлик.

Биз амплитудани камайтирганимизда ҳам, шарчанинг 50 марта тебраниши учун кетган вақт амплитуда катта бўлгандаги тебранишларга кетган вақтга барабар бўлишини кўрамиз. Амплитудани унча катта бўлмаган чегараларда ўзгартириб кўриб, *амплитуда катта бўлмаганда маятникнинг тебраниш даври тебраниш амплитудасига боғлиқ эмаслигини* аниқлаш мумкин.

Маятникнинг биринчи марта Галилей топан бу хоссаси тебранишларнинг изохронлиги<sup>1</sup> деб аталади. Биз кейинроқ (27-параграфда) маятникнинг бу хоссаси маятникдан соатда фойдаланишга имкон беришини кўрамиз.

Катталиклари бирдай<sup>2</sup> бўлиб, бири, масалан, қўрғошиндан, иккинчиси темирдан қилинган иккита шарчани узунликлари бирдай бўлган маятниклар ҳосил бўладиган қилиб ипга боғлаб, штативга осиб қўяйлик.

Иккала маятникни ҳам мувоzanат вазиятидан бирдай бурчакка оғиштирайлик. Бу маятниклар синхрон тебранади, яъни уларнинг массалари ҳар хил бўлишига қарамасдан тебраниш давлари бирдай бўлади. Маятникларнинг массаларини ўзимиз истаганимизча ўзгартириб, *тебраниш даври маятникнинг массасига боғлиқ бўлмаслигига* ишонч ҳосил қилишимиз мумкин.

Штативга узунликлари ҳар хил ипларга боғланган бир нечта шарча осиб, яна бир тажриба қилайлик. Маятникларни тебран-



Гюйгенс Христиан (1629 – 1695) — буюк голланд физиги ва математиги. У, механиканинг бир қатор энг муҳим масалаларини биринчи бўлиб ҳал қилди. Маятникнинг тебраниш қонунини кашф қилди, марказга интилма куч формуласини аниқлади. Гюйгенс маятникли соатни кашф қилди (1657). У ёруғлик ҳодисаларининг назариясини яратди. Бу назария ҳозир ҳам ўз аҳамиятини йўқотган эмас.

<sup>1</sup> Изохронлик грекча изос — бирдай, хронос — вақт деган сўزلардан олинган.

<sup>2</sup> Катталиклари бирдай бўлган шарчалар ҳаракатланаётганларида ҳар бирининг уларга кўрсатган қаршилиги бирдай бўлади.



тирганимизда уларнинг тебраниш даврлари ҳар хил бўлишини кўрамиз; маятник қанча қисқа бўлса, унинг тебраниш даври шунча кам бўлади.

Голланд олими Гюйгенс маятникнинг тебраниш қонунларини текшириб, қуйидагини аниқлади: *математик маятникнинг тебраниш даври маятникнинг узунлигидан чиқарилган квадрат илдизга тўғри пропорционал, оғирлик кучи берадиган тезланишдан чиқарилган квадрат илдизга тескари пропорционал бўлади:*

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

бунда  $l$  — маятникнинг узунлиги,  $g$  — оғирлик кучининг берган тезланиши.

Маятник — оғирлик кучи берадиган тезланишни топишда қўлланадиган энг оддий, қулай ва аниқ асбобдир.

Ернинг бирор жойида зичлиги атрофдаги тоғ жинслари зичлигидан фарқ қиладиган қазилма бойликлар бўлса, булар ер юзининг шу жойидаги  $g$  тезланишнинг катталиги ўзгаришига таъсир қилади. Ҳақиқатан ҳам,  $g$  тезланишнинг катталиги Ернинг тортиш кучига боғлиқ; Ернинг тортувчи массаси қанча кўп бўлса, бу куч ҳам шунча катта бўлади. Геологик қидиришларда қўлланадиган асбобларда маятникдан кўп фойдаланиш шунга асосланган. Бирор жойда маятникнинг тебраниш даври  $T$  ни ўлчаб, унга асосан  $g$  ни ҳисоблаб чиқадилар. Агар  $g$  одатдагидан катта чиқиб қолса, бу — мазкур жойда зичлиги катта бўлган жинслар борлигини кўрсатади ва, бунинг аксича, тоғ жинсларининг зичлиги камроқ бўлган жойларда  $g$  одатдагидан кам бўлади.

#### 8- машқ.

1. Москва кенглигида тебраниш даври бир секунд бўлган математик маятникнинг узунлигини топинг ( $g = 981,56 \frac{см}{сек^2}$ ).

2. Узунлиги 1 м бўлган маятникнинг тебраниш даври 2 секунд бўлиши учун оғирлик кучининг берадиган тезланиши қанча бўлиши керак?

3. Ойда тебраниш даври бир секунд бўлган маятникнинг узунлиги қанча бўлиши керак ( $g_{Ой} = 160 \frac{см}{сек^2}$ )? Марсда-чи ( $g_M = 360 \frac{см}{сек^2}$ )?

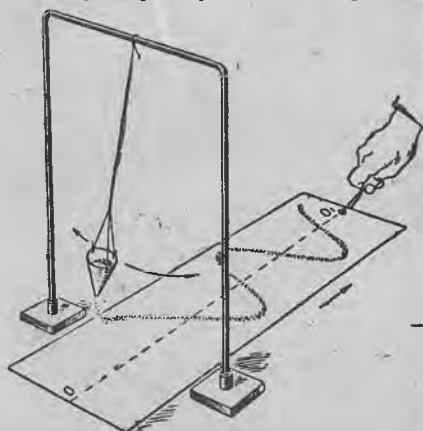
**23. Тебранма ҳаракатни график усулда ёзиш.** Тез бўлаётган тебранма процессларни ўрганишда ҳаракатни график усулда ёзиб олиш кўп қўлланилади, чунки бу усул бундай процессларнинг ҳар бир босқичини (стадиясини) ўрганишга имкон беради.

Маятникнинг тебранишларини ёзиб олишнинг энг оддий ва яққол усули унинг тебранишларини қум билан қоғозда ёки фанерга 53-а расмда кўрсатилган асбоб ёрдами билан ёзиб олишдир.

Қум тўлғазилган шиша воронка бир текисликда тебранади. Воронка тагида ўртасига  $OO_1$  „ноль“ чизиғи чизилган фанер бўлади.

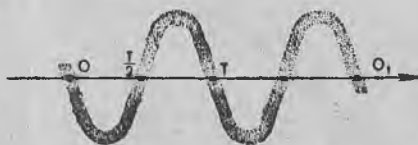
Агар фанер қимирламасдан ётса, воронка мувозанат вазиятидан ўнг томонига қараб оғишганда ундаги қум „ноль“ чизиғининг бир томонига, чап томонига оғишганда — иккинчи томонига тўкилади. Фанерни бир текис силжитганимизда воронкадан тўкилган қум из  $OO_1$  „ноль“ чизиғини бирдай вақт ораларида — даврнинг ярмига тенг бўлган  $\left(\frac{T}{2}\right)$  вақт ораларида кесиб ўтади.

Агар ҳар бир пайтда воронкадан маълум бир порция қум тўкилади деб фараз қилсак,



53-а расм. Маятникнинг тебранишларини ёзиб олиш учун ишлатиладиган асбоб.

бу қум порциялари фанерда маятникнинг ҳар бир пайтдаги вазиятини белгилайди. Ихтиёрий танлаб олинган бир қум порциясидан тортиб „ноль“ чизиғигача



53-б расм. Маятникнинг тебраниш графиги.

бўлган энг яқин масофа маятникнинг шу ондаги силжиши  $x$  га тенг бўлади. Силжишнинг максимал катталиги бизга тебраниш амплитудаси ( $A$ ) ни белгилаб беради. Қум порцияларининг бири кетидан бири узлуксиз равишда келиши маятник силжишининг вақтга боғлиқ равишда ўзгаришини график тасвир қиладиган қум изи ҳосил қилади (53-б расм).

Биз текширган ҳолда маятник ҳаракатининг қум графиги синусоида кўринишида бўлади.

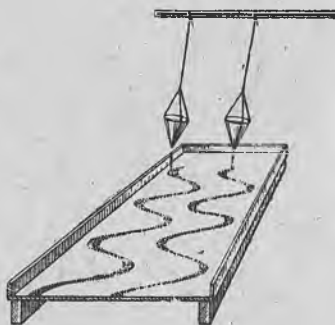
Гармоник тебраниш график равишда синусоида билан тасвирланганлигидан уни кўпинча синусоидал тебраниш деб ҳам атайдилар.

**24. Тебранишлар фазаси. Фазалар силжиши.** Агар иккита маятник иккаласи бир томонга қараб ҳаракат қилиб, маълум бир пайтда мувозанат вазиятидан иккаласи ҳам айна бир вақтда ўтса, бу пайтда улар бирдай фазада<sup>1</sup> бўлади дейиш қабул

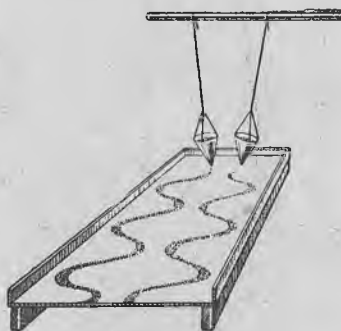
<sup>1</sup> Фаза грекча фазис — бирорта ҳодисанинг боришида маълум бир пайт, давр.

қилинган. Агар маятникларнинг тебраниш частотаси бирдай бўлса, фазалар бундан кейин ҳам ҳамма вақт бирдай бўлаверади. Шундай ҳол 54-а расмда кўрсатилган. Ҳар иккала маятник тебранма ҳаракатининг график ёзилишидан иборат бўлган синусоидал эгри чизиқлар бир ерга келтирилганда устма-уст тушади.

Маятниклар мувозанат вазиятига ёки бу маятникларнинг иккаласи учун ҳам бирдай қилиб танлаб олинган нуқтага етгандан кейин қарама-қарши томонларга қараб ҳаракат қиладиган ҳол ҳам бўлиши мумкин. Бу ҳолда маятниклар қарама-қарши фазаларда бўлади. Бундай тебранишни тасвирлаган синусоидал эгри чизиқлар (54-б расм) вақт ҳисобида бир-бирига нисбатан ярим давр силжиган бўлади.



54-а расм. Маятниклар бирдай фазаларда тебранаётир.



54-б расм. Маятниклар қарама-қарши фазаларда тебранаётир.

*Фаза тебранма ҳаракатни характерлайдиган катталиклардан биридир.* Бу катталикнинг ўлчовини аниқлайлик. Бунинг учун тебранма ҳаракатни нуқтанинг айлана бўйлаб текис ҳаракати билан боғлайлик. 55-расмда айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган кичкина шарчанинг ҳар хил вазиятлари  $O, O_1, O_2$  ва ҳоказо ҳарфлар билан, унинг  $MN$  текисликдаги проекцияси вазиятлари эса  $P_0, P_1, P_2$  ва ҳоказо ҳарфлар билан белгиланган. Шарчанинг проекцияси ўрта вазият  $P_0$  дан юқорига ва пастга оғишиб, шу вазият атрофида тебранади. Шу ҳаракатнинг гармоник тебраниш эканини исбот қилайлик.

$P_1$  проекциянинг бирорта вазияти учун силжиш катталиги

$$x = P_0P_1 = BO_1.$$

Тебраниш амплитудаси ( $A$ ) силжишнинг энг катта қийматига тенгдир:

$$A = P_0P_2 = OO_2 = OO_1.$$

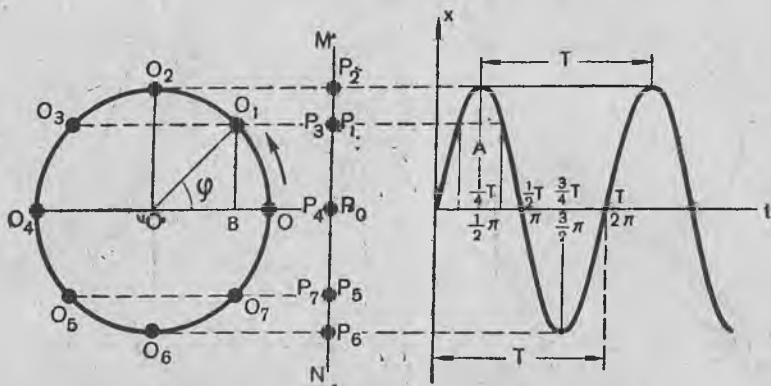
$OBO_1$  учбурчакдан  $BO_1 = OO_1 \sin \varphi$  эканлиги чиқади, ёки

$$x = A \sin \varphi. \quad (1)$$

Ҳосил қилинган бу ифодада  $\varphi$  катталик киради. Айланма ҳаракатда  $\varphi$  бурчак шарчанинг бошланғич (ноль) вазиятдан чиқиш пайтидан ҳисобланган  $t$  вақт ичида бурчак силжишдир:  $\varphi = \omega t$ , бунда  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  — бурчак тезлик. Демак:

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} t.$$

Тебранма ҳаракатда  $\varphi$  катталик тебраниш фазаси деб аталади. Чиқарилган формуладан фаза тебраниш бошланганидан кейин даврнинг қанчаси ўтганлигини кўрсатиши кўриниб турибди.



55-расм. Айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган  $O$  шарчанинг  $MN$  текисликка туширилган  $P$  проекцияси график равишда синусоида билан тасвирланадиган гармоник тебранишлар қилади.

Тебраниш фазасини билганимизда (1) формуладан фойдаланиб, тебранаётган нуқтанинг силжиш катталигини ва ҳаракат йўналишини, яъни тебранаётган нуқтанинг истаган бир пайтдаги вазиятини белгилаш мумкин:

$$x = A \sin \frac{2\pi}{T} t. \quad (1a)$$

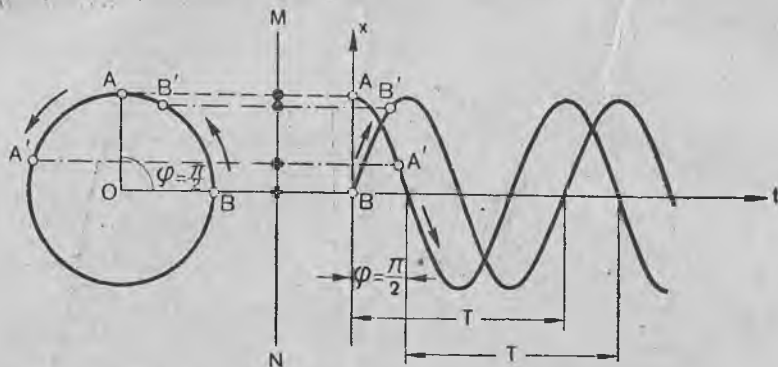
График равишда (1a) тенглама синусоида билан тасвирланади. (1a) тенглама айлана бўйлаб текис ҳаракатланаётган шар проекциясининг тебраниши гармоник тебраниш эканлигини кўрсатади.

Тебранаётган проекциянинг 55-расмда  $P_0, P_1, P_2$  ва ҳоказо ҳарфлар билан кўрсатилган вазиятлари фаза жиҳатидан олганда бир-биридан  $\frac{1}{8} T$  ёки  $\frac{\pi}{4}$  ча фарқ қилади.

Горизонтал ўқда тебраниш бошлангандан буён ўтган вақтни (даврнинг ҳиссаларида ҳисобланган вақтни) ёки тебрана-

ётган нуқтанинг фазаларини кўрсатиб, вертикал ўқда эса  $x$  силжишларни кўрсатганимизда синусоидал тебранма ҳаракатнинг графигини ҳосил қиламиз (55-расмнинг ўнг томони).

56-расмда айлана бўйлаб бирдай тезлик билан ҳаракатланаётган иккита  $A$  ва  $B$  шарча кўрсатилган. Буларнинг  $MN$  текисликка туширилган проекциялари гармоник тебранади. График равишда бу тебранишлар фаза жиҳатдан бир-бирига нисбатан чорак давр ( $\frac{1}{4} T$ ) ёки  $\frac{\pi}{2}$  ( $90^\circ$ ) силжиган синусоидалар билан тасвирланади.



56-расм.  $A$  ва  $B$  шарчаларнинг  $MN$  текисликдаги проекцияси гармоник тебранади; бу тебранишларни тасвирлайдиган синусоидалар фаза жиҳатдан бир-бирига нисбатан  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  бурчакка силжиган.

**25. Маятник тебранганида энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланиши.** Маятникни мувозанат вазиятидан оғштирганимизда биз уни кўтариш ишини бажарамиз (51-расм). Маятник энг четки вазиятга ( $B$  нуқтага) келганда унинг потенциал энергия запаси ортади. Агар маятникнинг мувозанат вазиятидаги потенциал энергиясини нолга тенг деб қабул қилсак, энг четки вазиятга оғштирилганда унинг потенциал энергияси (ҳеч қандай исрофлар бўлмаганда) бажарилган ишга тенг бўлади.

Маятник  $B$  вазиятдан  $A$  га қараб кетаётганда борган сари пасая боради, демак, унинг потенциал энергияси камая боради ва энг паст нуқтада, яъни мувозанат вазиятида унинг потенциал энергияси нолга тенг бўлиб қолади. Потенциал энергияси камайиши билан бирга маятникнинг ҳаракат тезлиги ортади, демак, унинг кинетик энергияси ҳам ортади. Маятник энг катта тезликка эга бўлган нуқтада, яъни  $A$  нуқтада унинг кинетик энергияси максимум (энг кўп) бўлади. Биз энергия ҳеч исроф бўлмади деб ҳисобланган ҳолни текширганимиз учун, энергиянинг сақланиш қонунига мувофиқ, маятник мувозанат

вазиятидан ўтган пайтда унинг кинетик энергияси энг четки вазиятдаги потенциал энергиясига тенг бўлади.  $VA$  йўлнинг ислаган бир оралигидаги вазият учун потенциал энергия билан кинетик энергиянинг йиғиндиси ҳамма вақт маятникнинг  $B$  вазиятидаги потенциал энергиясига тенг бўлган доимий катталикка эга бўлади.

$A$  нуқтадан  $C$  нуқтага қараб ҳаракат қилганда маятник борган сари юқори кўтарилади, бунда унинг потенциал энергияси ортади. Шу билан бирга унинг тезлиги ва кинетик энергияси камаяди. Маятник  $C$  нуқтага етганда, яъни  $B$  нуқтада бўлган вақтдаги баландликка эришганда унинг кинетик энергияси нолга тенг бўлиб қолади.  $B$  ва  $C$  нуқталарда маятникнинг потенциал энергияси бирдай бўлади.

Пружина маятник тебранганда ҳам энергиянинг шу хилда ўзгаришлари юз беради (50-расм). Бироқ бунда маятникни мувозанат вазиятидан четга чиқарганда унинг потенциал энергиясининг ортиши маятникни мувозанат вазиятига қайтаришга интилган эластиклик кучига қарши иш бажарилиши процес-сида юз беради.

#### 9- машқ.

1. Маятникнинг бир тебраниш даври давомида потенциал энергия кинетик энергияга ва бунинг аксича, кинетик энергия потенциал энергияга неча марта айланади?

2. Тебранаётган маятникнинг кинетик энергияси унинг потенциал энергиясига қайси пайтларда тенг бўлади?

3. Агар илга осилган металл шарча мувозанат вазиятидан ўтганда унинг ҳаракат тезлиги  $140 \text{ см/сек}$  бўлса, шу шарча қандай баландликка кўтарила олади?

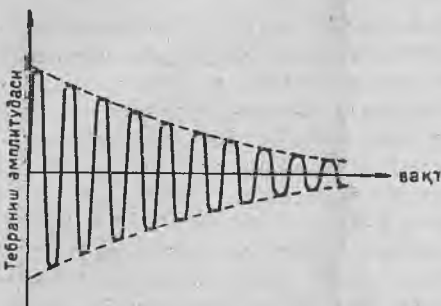
4. Узунлиги  $1 \text{ м}$  бўлган маятник шундай тебранадики, унинг энг кўп оғиши  $30^\circ$ . Мувозанат вазиятидан ўтаётган пайтда унинг ипи тенг ярмидан миҳга илиниб қолди. Қисқариб қолган маятникнинг энг катта оғиш бурчагини аниқланг.

**26. Сўнар тебранишлар.** Маятникнинг тебраниши учун унга маълум бир энергия запаси бериш, масалан, уни туртиб қўйиш ёки бир томонга туртиб туриб қўйиб юбориш керак. Бунда маятник фақат унга бошда берилган энергия запаси туфайли тебранади. Бундай тебранишлар эркин тебранишлар дейилади. Маятникнинг эркин тебранишлари узоқ давом қилолмайди. Тажриба кўрсатадики, вақт ўтиши билан маятникнинг тебраниш амплитудаси секин-аста камаяди, яъни ҳар бир тебранишдан кейин маятник камроқ кўтарилади, бирмунча вақтдан кейин у тебранишдан тўхтади. Бу ҳодиса маятникнинг энергияси ҳавонинг қаршилигини, осилиш нуқтасидаги ишқалиш кучларини энгишга ва шу сингариларга сарф қилинишини кўрсатади.

Шундай қилиб, энергиянинг атрофдаги муҳитга берилиши туфайли, тебранаётган жисм энергия запасининг камайиши тебранишларнинг амплитудаси камайишига сабаб бўлади. Бу ҳо-

диса тебранишларнинг сўниши дейлади. Амплитудаси кичрая борадиган тебранишлар сўнар тебранишлар дейлади. 57- расмда бундай тебранишларнинг графиги кўрсатилган.

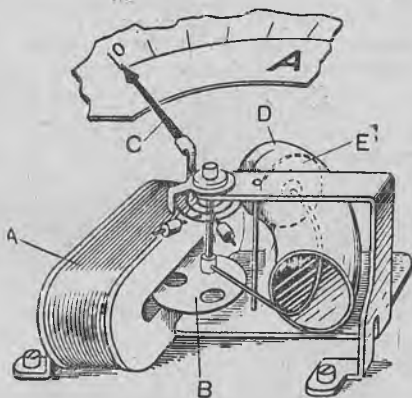
Муҳитнинг қаршилиги қанча катта бўлса, амплитуда шунча тез камаяди ва тебранишлар тез тўхтайтиди. Ҳавода маятник анча



57- расм. Сўнар тебранишлар графиги.

тебранишлар бўлади. Эркин тебранишларда энергия запаси жисмга фақат ҳаракат бошланган вақтда берилади ва тебранишлар фақат шу запас тугагунча давом қилади, холос. Масалан, маятникнинг сўнмайдиган тебранишларини вужудга келтириш учун унинг энергиясини сарф бўлган сари тўхтовсиз равишда тўлгазиб туриш керак.

Махсус асбоблар—демпферларнинг<sup>1</sup> тузилиши тебранишларнинг тез сўнишига асосланган. Асбобнинг стрелкаси тебранмасдан, шкаланинг тегишли бўлимида тўхташи керак бўлган хилма-хил ўлчов асбобларида демпферлар қўлланилади. 58- расмда электромагнит амперметрнинг схемаси тасвирланган. Кичикроқ *B* темир диск ўққа *A* ғалтак яқинига маҳкамланган. Ғалтакдан ток ўтказганда диск ғалтакнинг ичига тортилиб, *C* стрелкани буради ва шу билан бирга *D* цилиндр ичидаги *E* поршенни суради. Бунда поршеннинг иккала томонидаги



58- расм. Ҳаво демпферли электромагнит системасидаги амперметрнинг тузилиш схемаси.

<sup>1</sup> Демпфер сузи немисча бўлиб, механик тебранишларни тинчитадиган мослама.

ҳавонинг босими ҳар хил бўлиб қолади, бу эса стрелканинг тебранишига тўсқинлик қилади.

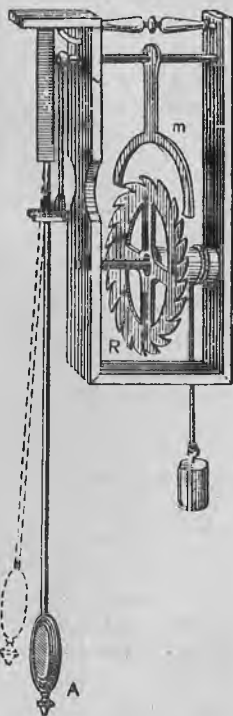
**27. Маятникнинг соатда ишлатилиши.** Соат маятникнинг тебранишлари сўнмас тебранишларнинг мисолидир, бунда маятникнинг энергияси бир давр давомида кўтариб қўйилган тош ёки бураб қўйилган пружина энергияси ҳисобига икки марта тўлғазилади.

Соат—стрелкаларга маҳкамланган ва кўтариб қўйилган тош ёки буралган пружина ёрдами билан ҳаракатга келтириладиган тишли филдираклар системасидан иборатдир. Соатнинг тўғри юриши учун тошнинг ёки буралган пружинанинг энергияси даврий равишда оз-оздан сарф қилиниши лозим. Бунинг қандай қилиб амалга оширилиши 59-расмда кўрсатилган.

Маятник иккала учидан иккита тиши бўлган *m* ёйга маҳкамланган. Бу тишлар *R* храповикнинг<sup>1</sup> тишларига яқин туради.

Маятникни туртиб юборганимизда тошнинг оғирлиги ёки пружинанинг эластиклик кучи таъсири остида храповик сакраб-сакраб айланма ҳаракатга келади. Маятникнинг ҳар тебранишида храповик бир тишга сакраб ўтади, бунда у, маятникни ҳам туртиб юборади, бунинг натижасида соат текис юради: маятник пружинанинг буралиши тугагунча (кучдан қолгунча) ёки соатнинг тоши тамом тушгунча сўнмас тебранишлар қилади. А юкни маятник стержени бўйлаб суриш билан маятник тебранишларининг частотасини, демак, соатнинг юришини тўғрилаб турамыз.

Маятникни соатга биринчи бўлиб 1657 йилда Гюйгенс татбиқ қилди.



59-расм. Девор соат механизмининг модели.

#### 10- машқ.

1. Температура кўтарилганда маятникнинг тебраниш даври қандай ўзгаради? Бунда соатнинг юриши қандай ўзгаради?
2. Соат механизмида энергиянинг узатилиши ва бир турдан иккинчи турга айланишини текшириб чиқинг.

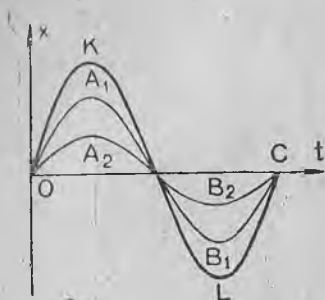
<sup>1</sup> Храповик — бир томонга қараб эркин ҳаракат қила оладиган тишли филдирак; маятникка боғланган ёйнинг тишлари филдиракнинг иккинчи томонга қараб ҳаракат қилишига тўсқинлик қилади.



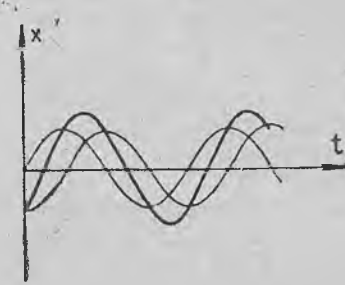
27а. Гармоник тебранма ҳаракатларнинг қўшилиши. Юқориди биз гармоник тебранма ҳаракат жисмнинг мувозанат вазияти томон йўналган ва силжишга пропорционал бўлган куч таъсирида бўлишини аниқладик.

Мисалин, эластиклик кучи шундай кучдир.

Энди, жисмга битта эмас, балки шунга ўхшаш бир нечта куч таъсир этганда унинг қандай тебранишини кўрайлик. Жисмга таъсир этувчи ҳар бир куч жисмни гармоник тебранма ҳаракатга келтиради, шу билан бирга бу ҳаракатлар, ҳаракатларнинг мустақиллик принципига (2-§) мувофиқ, бир-бирига боғлиқ бўлмаган равишда юз беради.



59-а расм. Фазалари ва даврлари бир хил бўлган иккита гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилиши.



59-б расм. Фазалари бир-биридан фарқ қилган иккита гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилиши.

Бизнинг вазифамиз натижавий гармоник тебранма ҳаракатни, яъни гармоник тебранишларнинг йиғиндисини топишдан иборат бўлиб қолади.

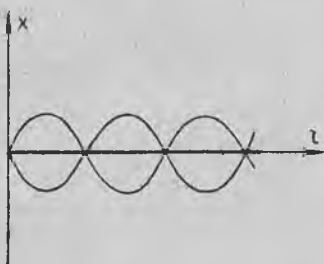
Тебранма ҳаракатлар қўшилишининг энг оддий ҳоли айтиб бир тўғри чизиқ бўйлаб бўлаётган, даврлари бирдай (демак, частоталари ҳам бирдай) ва бирдай фазада бўлган иккита гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилишидир. Тебранишларнинг амплитудалари ҳар хил бўлиши мумкин. Ҳозир биз текшираётган ҳолда ва бундан бошқа баъзи бир ҳолларда тебранишларни қўшиш масаласи график усул билан осонгина ечилади.

Фараз этайлик,  $OA_1B_1C$  бир гармоник тебранишнинг синусоидаси бўлиб,  $OA_2B_2C$  эса иккинчи тебранишнинг синусоидаси бўлсин (59-а расм). Истаган бир пайт учун бу иккала ҳаракатда жисмнинг тебраниш силжишини кўрсатган ординаталарни алгебраик усулда қўшайлик. Йиғинди ординаталарнинг учларини туташтирганимизда  $OKLC$  эгри чизиқ ҳосил бўлади, бу чизиқ ҳам синусоидадан иборат бўлиб, даври қўшилаётган тебранишлар даврига тенг. Демак, частоталари бир хил, бир тўғри чизиқ бўйлаб бўлган иккита гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилиши натижада частотаси қўшилаётган

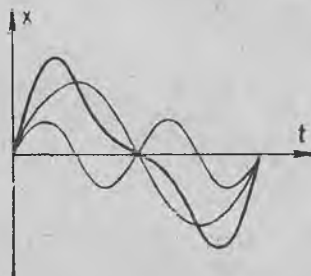
ҳаракатларнинг частотасига тенг гармоник тебранма ҳаракат ҳосил бўлади.

59-б расмда йўғон қора чизиқ билан даврлари бирдай, амплитудалари бир хил, лекин фазалари бир-биридан  $\frac{\pi}{2}$  га, яъни вақт жиҳатидан  $\frac{1}{2} T$  га фарқ қилган иккита гармоник ҳаракатнинг графигини қўшиш натижасида ҳосил бўлган график кўрсатилган.

Яна, даврлари бирдай, лекин фазалари бир-биридан  $\pi$  га, яъни вақт жиҳатидан  $\frac{1}{2} T$  га фарқ қилган (қарама-қарши фазали) иккита гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилишини кўрайлик. Бундай ҳаракатлар қисман бир-бирини сўндиргандек бўлади.



59-в расм. Фазалари қарама-қарши бўлган иккита гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилиши.



59-г расм. Даврлари ҳар хил бўлган иккита гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилиши.

Агар қўшиладиган тебранма ҳаракатларнинг амплитудалари бир-бирига тенг бўлса, бу икки ҳаракатда иштирок этувчи жисм саноқ бошланадиган жисмга нисбатан тинч қола беради. 59-в расмда худди шу ҳол кўрсатилган.

Баён этилган график усулдан фойдаланиб, кўрсатиш мумкинки, фазалар айирмаси ҳар қандай бўлганда ҳам, даврлари бир хил ва бир тўғри чизиқ бўйлаб бўлган икки гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилишидан иборат натижавий ҳаракат ўшандай даврли гармоник тебранма ҳаракат бўлади.

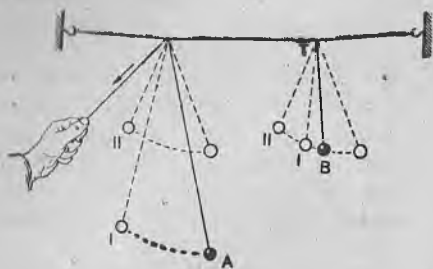
График усулдан фойдаланиб, частоталари турли, лекин бир-бирига каррали бўлган икки гармоник тебранма ҳаракатни қўшиш мумкин.

59-г расмда даврлари турли, частоталарининг нисбати 1:2 каби бўлган, бир вақтда бошланган иккита гармоник тебранма ҳаракатнинг қўшилиш графиги кўрсатилган.

Қўшилиш натижасида синусоида ҳосил бўлмай, анча мураккаб, даврий такрорланадиган эгри чизиқ ҳосил бўлади (бу эгри чизиқ 59-г расмда йўғон чизиқ билан кўрсатилган).

Келтирилган мисоллардан, мураккаб даврий ҳаракатнинг графиги қўшилган гармоник тебранма ҳаракатларнинг частоталарига, уларнинг амплитуда ва фазаларига боғлиқ бир шаклга эга бўлиши кўриниб турибди.

**28. Мажбурий тебранишлар.** Биз текширган пружина маятник билан ип маятникларнинг тебраниши ташқаридан бўлган турткидан бошланди. Жисмни туртиб юборгандан кейин у эркин тебрана бошлади, яъни унга ташқи куч яна таъсир қилмади. Кўрдикки, бундай тебранишлар сўнадиган тебранишлар бўлади.



68-расм. Маятниклар резонансини ўрганиш учун ишлатиладиган қурилма.

Эркин тебранишлар жисмнинг хусусий тебранишлари деб аталади, бу тебранишларнинг частотаси эса тебранишнинг хусусий частотаси дейилади.

Табиатда ва техникада шундай тебранишлар кенг тарқалганки, бунда тебранаётган жисмга даврий равишда ўзгарувчан ташқи кучлар таъсир қилади. Шундай тебраниш мисолларидан бирини кўрайлик.

Бирорта жисмни осиб қўйлик-да, унга катталиги ва йўналиши даврий равишда ўзгариб турадиган куч билан таъсир қилиб, уни тебранирайлик. Бунда жисм мустақил (эркин) тебранамайди, балки шу куч таъсирида тебранади.

*Жисмнинг даврий равишда ўзгариб турадиган ташқи куч таъсирида тебраниши мажбурий тебраниш деб аталади.*

Мажбурий тебранишларнинг эркин тебранишлардан фарқи шундаки, жисмнинг мажбурий тебранишлари фақат ташқи кучнинг частотасига қараб белгиланадиган истаган бир частотали бўлиши мумкин.

*Жисм мажбурий тебранишларининг частотаси жисмга таъсир қилган кучнинг ўзгариш частотасига тенг бўлади.*

Мажбурий тебранишларда ҳар хил қаршиликларни енгилшга сарф бўладиган энергия жисмга таъсир қиладиган даврий кучнинг бажарган иши ҳисобига тўлғазилади. Шунинг учун мажбурий тебранишларнинг эркин тебранишлардан фарқи шундаки, *мажбурий тебранишлар сўнмас тебранишлар бўлади.*

**29. Резонанс.** Маятникнинг тебранишларини текширганимизда биз икки хил тебраниш: 1) частоталари тебранаётган жисмнинг ўзининг хоссаларига қараб бўладиган хусусий тебранишлар ва 2) частоталари жисмга таъсир қилаётган ташқи кучнинг ўзгариш частотасига тенг бўлган мажбурий тебранишлар бўлиши мумкинлигини аниқладик.

Жисмнинг хусусий тебранишлари частотаси мажбурий тебранишлар частотасига мос келган ҳол айниқса муҳим ҳолдир. Буни тажрибада кўрайлик.

60-расмда мажбурий тебранишларни кузатишга имкон берадиган қурилма тасвирланган. Икки учи боғланган таранг арқонга  $A$  ва  $B$  маятниклар осиб қўйилган.  $A$  маятник осилган илнинг бўш учини тортиб, маятникнинг узунлигини ўзгартириш мумкин.

$A$  маятник расмда  $I$  рақами билан кўрсатилган вазиятда турганда уни тебрантирайлик. Бунда биз  $B$  маятникнинг ҳам тебрана бошлаганини кўрамиз. Энди  $A$  маятникнинг узунлигини ўзгартириб,  $B$  маятникнинг тебранишини кузатайлик.  $A$  маятникнинг узунлигини ҳар хил қилиб олиб,  $B$  маятникнинг ўша узунликларга мос амплитудаларини қайд қилиб борар эканмиз,  $A$  маятникнинг узунлиги ўзгарганда  $B$  маятникнинг тебраниш амплитудаси ўзгаришини кўрамиз. Ҳар иккала маятникнинг узунлиги бирдай бўлганда  $B$  маятникнинг тебраниш амплитудаси энг катта бўлади.

Бу ҳодисани тушунтириш жуда осон. Арқонга осиб қўйилган ҳар қандай жисми (масалан, аргимчоқни) тебрантирганда озгина куч билан бўлса ҳам, унинг хусусий тебранишларига мос равишда таъсир қиладиган куч билан туртиб туриш кераклигини биламиз. Унинг хусусий тебранишларига мос келмаган ҳар қандай турткилар (унинг юришига қарама-қарши бўлган турткилар) эса амплитуданинг камайишига сабаб бўлади.

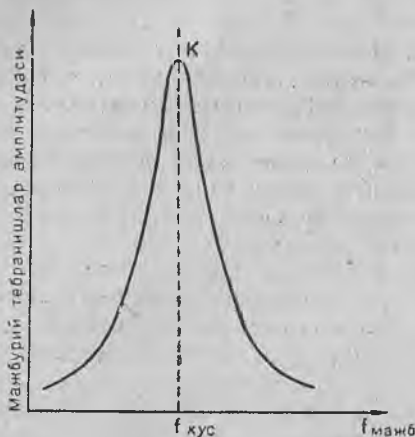
Маятник устида қилган тажрибамиздаги ҳодиса ҳам худди шундай бўлади.  $A$  маятникнинг узунлигини ўзгартирганимизда  $B$  маятникка таъсир этадиган мажбур қилувчи кучнинг частотасини ўзгартирган бўламиз.  $B$  маятникни тебранишга мажбур қилган сабаб арқоннинг  $A$  маятник тебраниш частотасига мувофиқ равишда даврий тебранишидир. Мажбур қилувчи куч ўзгаришининг частотаси  $B$  маятникнинг хусусий тебраниш частотасига қанча яқин бўлса,  $B$  маятник амплитудасининг ошувига шунча кўпроқ куч импульси ёрдам беради.  $B$  маятник мажбурий тебранишларининг амплитудаси маятникнинг хусусий тебраниш частотаси уни тебранишга мажбур қилган кучнинг ўзгариш частотасига тенг бўлган вақтда, бизнинг мисолимизда  $A$  маятникнинг тебраниш частотасига тенг бўлган вақтда энг катта бўлади (расмда  $II$  вазият). Бунда резонанс юз беради.

*Жисми тебранишга мажбур этувчи кучнинг ўзгариш частотаси жисмнинг хусусий тебраниш частотасига яқин келишида, жисмнинг мажбурий тебранишлари амплитудаси кескин ортиб кетиши резонанс ҳодисаси деб аталади.*

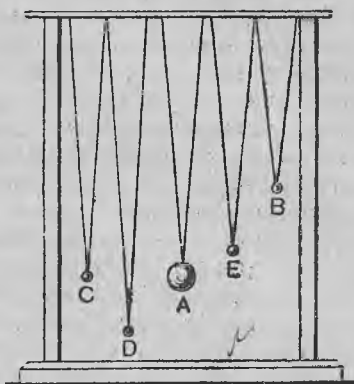
Агар  $B$  маятникни тебранишга мажбур қиладиган тебранишларнинг частотаси, яъни  $A$  маятникнинг тебраниш частотаси

борган сари ортиб бореа, унда  $B$  маятникнинг мажбурий тебранишлари амплитудаси яна камаё бошлайди ва бу мажбур қилувчи тебранишларнинг частотаси жуда ҳам ошиб кетганда нолга яқин бўлиб қолади.

61-расмда мажбурий тебранишлар амплитудаси мажбур этувчи даврий кучнинг ўзгариш частотасига боғлиқ бўлишини ифода қиладиган график кўрсатилган. Бу расмда горизонтал



61-расм. Резонанс эгри чизиғи.



62-расм. Маятниклар резонансини кузатиш учун ишлагилладиган қурилма.

ўқда (абсциссалар ўқида) мажбурий тебранишларнинг частоталари, вертикал ўқда (ординаталар ўқида) жисмнинг ўшаларга мос тебранишлари амплитудалари кўрсатилган. Мажбурий тебранишлар частотаси ( $f_{\text{мрж.}}$ ) жисмнинг хусусий тебранишлари частотасига ( $f_{\text{хус.}}$ ) тенг бўлиб қолганда тебранишларнинг амплитудаси энг катта қийматга эришади, 61-расмда шундай амплитуда  $K$  нуқтанинг ординатаси билан кўрсатилган.  $f_{\text{маж.}} = f_{\text{хус.}}$  частота резонанс частота деб аталади. Даврий равишда ўзгарадиган мажбур этувчи кучнинг частотаси резонанс частотадан ўнг томонга ёки чап томонга қараб оғинганда (ўзгарганда) тебранишларнинг амплитудаси камаёди.

Резонанс ҳодисасини қуйидаги оддий тажрибада яққол кўрсатиш мумкин. Турғичга (стойкага) массив  $A$  маятникни ва у билан бир қаторга узунликлари ҳар хил бўлган бир неча маятникни осиб қўяйлик (62-расм).

$A$  маятникни мувозанат вазиятидан чиқарайлик. Бу маятникнинг тебранишлари турғичга берилади, турғич эса  $A$  маятникнинг тебраниш частотасига тенг бўлган частота билан бошқа маятникларга таъсир қилади. Бунда биз узунлиги  $A$  маят-

никнинг узунлигига тенг бўлган фақат *C* маятникнинг кучли тебранишини кўрамиз. Бу маятник *A* маятник билан резонансда бўлади. *D* ва *E* маятниклар жуда кичкина амплитуда билан тебранади, энг қисқа *B* маятник эса бутунлай деярли тебранимайди, чунки унинг частотаси *A* маятникнинг тебраниш частотасидан катта фарқ қилади.

**30. Техникада резонанснинг аҳамияти.** Техникада резонанс ҳодисасини ҳисобга олишга тўғри келади. Бир неча мисол кўриб утайлик.

Юриши текис бўлмаслиги сабабли ҳар қандай машина частотаси машина валининг бир секундда айланиш сонига тенг бўлган кичкина тебранишлар қилади. Агар бу частота машина қисмлари ёки машина ўрнатилган таянчнинг қила оладиган хусусий эластик тебранишлари частотасига мос келса, резонанс юз беради. Бу мажбурий тебранишларнинг амплитудаси ҳалокат юз берадиган — машина ёки таянч емириладиган даражада катта бўлиши мумкин.

Резонанс ҳодисаси юз бериши сабабли ҳавода учиб кетаётган самолёт парча-парча бўлиб кетган, рельсларнинг бир-бирига тақалган жойларига поезд гилдиракларининг даврий равишда урилишлари натижасида темир йўл кўприги емирилган ҳоллар бўлган.

1907 йилда ажойиб бир резонанс ҳодисаси бўлган. Таврида саройида (Петербургда) Давлат думасининг мажлислар залида шипдаги бутун шувоқ тушиб кетган. Бу ҳалокатга вентиляция учун шипга ўрнатилган кичкина мотор сабаб булган.

Резонанс ҳодисаси рўй бериши сабабли машиналарнинг тирсақли валлари, кемаларнинг парраклари, самолётларнинг парраклари емирилиб кетишига кўп мисоллар келтириш мумкин. Бу ҳолларнинг ҳаммасида резонанс ҳодисаси билан курашиш керак бўлади.

Бироқ резонанс техникада нуқул зараргина келтирмайди. Қуйида биз резонанс ҳодисасидан кўп асбобларда фойдаланилганини кўрамиз.

**31. Тўлқин ҳаракат. Кўндаланг тўлқинларнинг ҳосил бўлиши.** Маятниклар резонанси устида қилинган тажрибада (29-параграф) тебранишлар маятниклар орасида боғланиш бўлганидан бир маятникдан иккинчисига ўтади. Тебранишлар маятниклар осилган яқка чўлга берилади, ундан эса бошқа маятникларга ўтади.

Ҳар қандай жисми ташкил этган зарралар бир-бирига боғланган бўлгани учун бирорта зарранинг тебраниши аста-секин бошқа зарраларга ўтади. *Тебранишларнинг муҳитда тарқалиши тўлқин ҳаракат булади.*

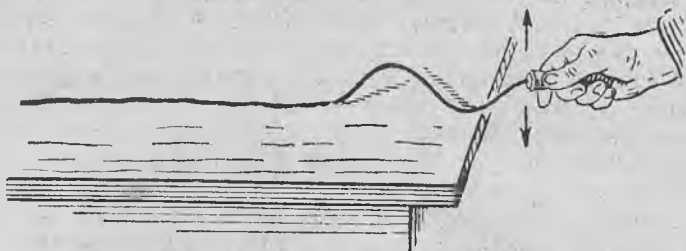
Тебранишлар тарқалишининг энг оддий бир мисолини кўрайлик. Стол устига узун ип ёки резинка найни ташлаб қўйлик. Агар ипнинг бир учини тепага кўтариб, кейин тезгина

яна пастга туширсак, ҳосил бўлган букилиш ип буйлаб маълум бир тезлик билан „чопади“. Агар ипнинг учини узлуксиз тебрантириб турсак, ип буйлаб тўлқин „чопади“ (63-расм).

Энг аввал ипнинг бир бўлагидан иккинчисига тебранма ҳаракатнинг узатилиш сабабини текширайлик, бошқача айтганда, тўлқин ҳаракатнинг динамикасини кўриб чиқайлик.

Ипнинг учини юқори кўтарганимизда унинг шу ери таранглашади.

Ипнинг таранг тортилиши натижасида вужудга келган эластиклик кучлари ипнинг силжиган учи орқасидан унга яқин



63-расм. Тўлқиннинг ҳосил бўлиши.

бўлагини тортади. Бу иккинчи булакнинг силжиши ипнинг ундан кейинги бўлагидан тарангланишни вужудга келтиради ва ҳоказо.

Аммо ипнинг биз фаразан бўлган бўлакларининг инерцияси бўлгани учун эластиклик кучларининг таъсири натижасида улар тебранма ҳаракатга бир лаҳзадагина келмай, ўзидан аввалги бўлакдан бир оз кечикиброқ тебранади.

Ипнинг учи энг юқорига кўтарилиб, кейин туша бошлаганда ипнинг учига яқин бўлаги эса инерцияси билан юқорига кўтарилишда давом этади ва бир оз вақт ўтгандан кейингина энг юқорига чиқиб, кейин пастга туша бошлайди. Ипнинг бўлаги унинг учидан қанча узоқда бўлса, шунча кейинроқ тебрана бошлайди.

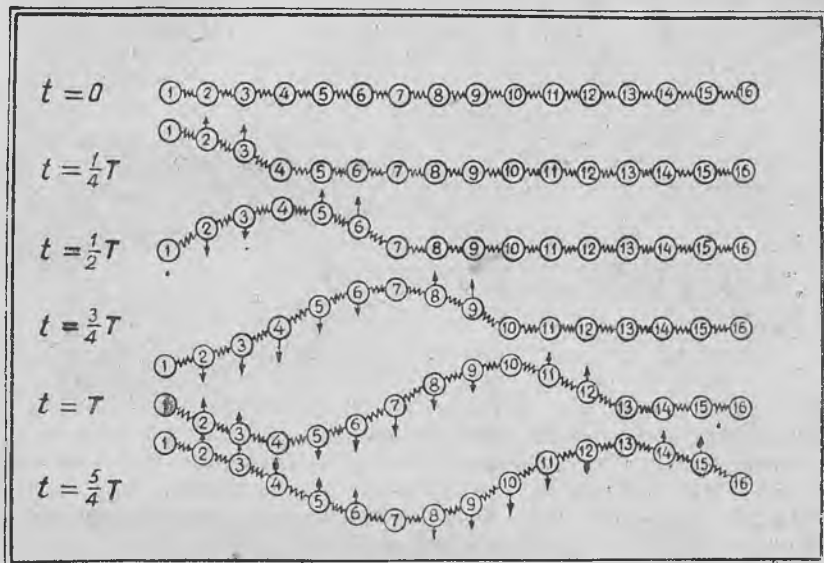
Шуни тушуниб олиш керакки, *тўлқин ҳаракатда биз ипнинг учини қўл билан қандай тебрантирсак, унинг ҳар бир зарраси ҳам шундай тебранади*. Лекин зарра ип учидан қанча узоқда турса, унинг тебраниши шунча кўпроқ кечикади (фаза жиҳатдан орқада қолади).

Бу анча мураккаб ҳодисани тушунишга 63-а расм ёрдам қилади. Бу расмда бир-бирига эластиклик кучлари билан боғланган, ўзларининг мувозанат вазияти атрофида гармоник тебранма ҳаракат этувчи номерланган зарралар кўрсатилган. Ҳамма зарраларнинг тебраниш амплитудаси ва частотаси бирдай.

Ҳар бир зарранинг тебраниши ўзидан олдинги зарранинг тебранишига қараганда фаза жиҳатдан кечикади. 4-зарра биринчи заррадан  $\frac{1}{4} T$  (фаза жиҳатдан  $\frac{\pi}{4} = 90^\circ$ ) кечикади, 7-зар-

ра  $\frac{1}{2} T$  (фаза жиҳатдан  $\pi = 180^\circ$ ), 10- зарра  $\frac{3}{4} T$  (ёки  $\frac{2}{3} \pi = 270^\circ$ ) кечикади, 13- зарра эса 1- заррадан бир тўлиқ давр (фаза жиҳатдан  $2\pi = 360^\circ$ ) кечикади, яъни 1- заррадек тебранади, 14- зарра 2- заррадек, 15- зарра 3- заррадек тебранади ва ҳоказо.

63-а расмдаги стрелкалар тебранувчи зарранинг тезлиги мувозанат вазиятига нисбатан қандай йўналганлигини кўрсатади.



63-а расм. Кўндаланг тўлқин ҳосил бўлиши.

Тўлқин бир тебраниш даврига тенг вақт ичида фазалар айирмаси  $360^\circ$ , яъни бирдай тебранган (фазалар айирмаси  $360^\circ$  бўлиши фазалар айирмаси  $0^\circ$  деган гап) 1 ва 13- нукталар орасидаги масофага тенг масофани ўтади.

**Синусоидал тўлқиннинг бирдай фазада тебранаётган бир-бирига энг яқин нукталари орасидаги масофа тўлқин узунлиги дейилади.**

Тўлқин узунлиги  $\lambda$  (грекча „ламбда“) ҳарфи билан белгиланади.

63-а расмда 1—13 ёки 2—14, ёки 4—16 нукталар орасидаги масофа тўлқин узунлиги бўлади.

Бир тўлқин узунлигидек ораликда биз турли фазаларда тебранувчи зарраларни учратамиз. Ҳар тўлқин узунлигининг бошида тебраниш фазалари такрорланади. Бир-биридан 1, 2, 3, умуман бутун сон тўлқин узунлигига тенг узоқликдаги зарралар бирдай фазада бўлади. Агар зарралар бир-биридан  $\frac{\lambda}{2}$ ,  $3\frac{\lambda}{2}$ ,  $5\frac{\lambda}{2}$ ,



яъни тоқ сон ярим тўлқин узунлигига тенг узоқликда бўлсалар (масалан, 63-а расмдаги 1 ва 7-зарраларга қаранг), бундай зарраларнинг фазалари бир-бирига қарама-қарши бўлади, яъни бир-биридан  $\pi = 180^\circ$  фарқ қилади.

*Тўлқин ҳаракат вақт жиҳатдан ҳам, фазо жиҳатдан ҳам даврийдир.* Ҳақиқатан ҳам, муҳитнинг ҳар бир зарраси вақт ичида даврий тебраниш билан бирга ҳамма зарралар ҳар бир пайтда шакли фазода даврий равишда такрорланиб турадиган чизиқ бўйлаб жойлашади.



64-расм. Сув юзидаги тўлқинлар.

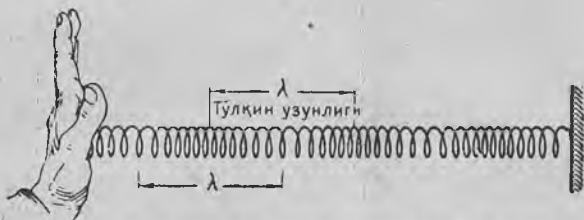
Биз арқонда кўрган тўлқинлар кўндаланг тўлқинлардир; бу тўлқинларда зарралар тўлқин тарқалишига перпендикуляр йўналишда тебранади.

Агар сувга тош ташланса, тош тушган ердан сув юзида доиравий тўлқинлар тарқалади (64-расм). Тош сувга тушганида сувни қисиб чиқаради ва сувда ботиқлик ҳосил бўлади. Бу ботиқликда қисиб чиқарилган сув шу ботиқлик атрофида ҳалқага ўхшаш қавариқлик ҳосил қилади. Бу қавариқлик дарҳол ҳамма томонга тарқала бошлайди ва тош тушган ердан узоқлашади. Биринчи қавариқликдан кейин иккинчиси, ундан кейин учинчиси ҳосил бўлади ва ҳоказо. Қавариқликлар бир-бирдан ботиқликлар билан ажралади.

Шуни яхши тушуниб олиш керакки, бу ерда тўлқин билан сув биргаликда оқмайди. Буни тажрибада кўриб ишонч ҳосил қилиш мумкин. Сув юзида сузадиган қалқовичлар (пўкак, ёғоч пўстлоғи ва шу сингариларни) сочиб ташлайлик. Тўлқинлар сув юзи бўйлаб кетади, қалқовичлар эса ўз жойларида қола беради, фақат қавариқликка илинганда юқори кўтарилиб, ботиқликда пастга тушади. Айрим сув зарралари ҳам худди шундай ҳаракат қилади: улар ҳам тўлқин билан биргаликда силжимайди, балки тўлқин кетаётган сув юзига тик йўналишда юқорига ва пастга қараб тебранади.

**32. Бўйлама тўлқинлар.** Кўндаланг тўлқинлардан ташқари, тебранишлари тўлқинлар тарқалаётган томонга қараб бўлади-ган тўлқин ҳаракат ҳам бўлиши мумкин. Бундай тўлқинлар бўйлама тўлқинлар дейилади.

Бўйлама тўлқинлар ҳам қаттиқ жисмларда, ҳам суюқ жисмларда, ҳам газ ҳолатидаги жисмларда тарқалиши мумкин, чунки бу жисмларнинг ҳажмлари ўзгарганда эластиклик кучлари майдонга келади. Бу тўлқинларни узун спираль пружинада кузатиш қулай (65-расм). Пружинанинг бир учига уриб, унинг ўрамлари зичлаштирилади, бу зичланиш пружина бўлаб „чопади“. Бўйлама тўлқинларнинг тарқалиш процессини 66-расм ёрдами билан тушунтириш мумкин.



65-расм. Бўйлама тўлқинлар ҳосил бўлишга мисол.

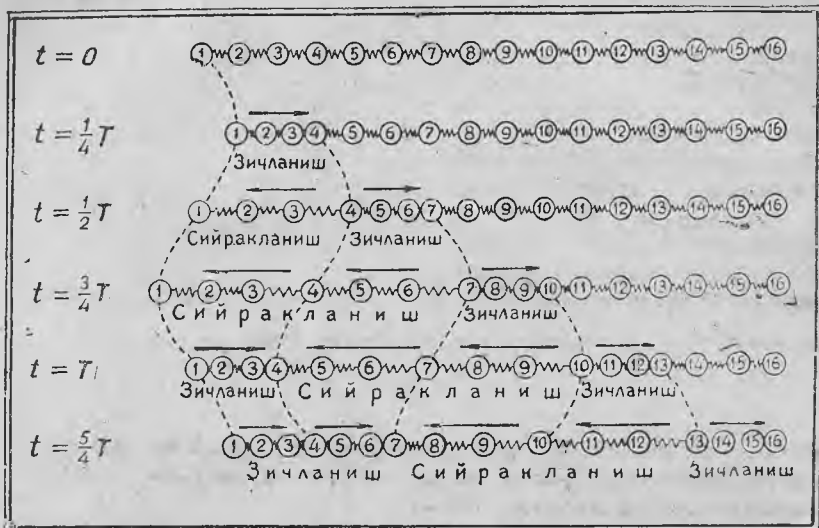
Мисол учун, бир-бирига эластик боғланган ва бир-бирдан бирдай узоқликда жойлашган 1, 2, 3, ... 15 зарра бўлсин (66-расм). Биз 1-заррани 1—16 чизиқ бўйлаб ўнг томонга қараб туртайлик. Бу турткидан зарра тебранма ҳаракатга келади, шу билан бирга, бу зарра қўшни заррага яқин келиб уни ҳам тебрантиради, бу иккинчи зарра эса учинчи заррани тебрантиради ва ҳоказо. Натижада ҳамма зарралар секин-аста тебрана бошлайди, аммо буларнинг ҳаммаси бирданига тебранмайди, ҳар бир кейинги зарра ўзидан олдинги заррадан бир оз кечикиброқ тебранади. Шунинг учун тебранишларнинг даври бирдай бўлиб, лекин фазалари ҳар хил бўлади. 66-расмда ҳар бир кейинги сатр зарраларнинг тебраниш даврининг  $\frac{1}{4}$  ҳиссасича вақт ўтгандан кейинги вазиятини кўрсатади. Кўрамизки, тебранаётган зарралар ўрта вазиятларидан силжишлари натижасида аввал зичлашади, ундан кейин сийраклашади. 66-расмда пунктир чизиқлар билан 1, 4, 7, 10 ва 13-зарраларнинг тебраниш графиклари тасвирланган.

Бўйлама тўлқинлар ҳам графикда кўндаланг тўлқинлардек синусоидалар шаклида тасвирланади, шу билан бирга бўйлама тўлқинда синусоиданинг чўққиси зичланишга, ботиқлиги сийракланишга мос келади.

Қаттиқ жисмларда эластиклик кучлари жисмнинг шакли ўзгарганда ҳам, ҳажми ўзгарганда ҳам вужудга келади. Шунинг учун қаттиқ жисмларда ҳам бўйлама тўлқинлар, ҳам

кўндаланг тўлқинлар тарқалиши мумкин. Газлар ва суюқликларда эса шакл ўзгаришида эластиклик кучлари майдонга келмайди, шунинг учун уларда эластик кўндаланг тўлқинлар тарқала олмайди.

Қаттиқ жисмда катта масштабда бўладиган тўлқин ҳаракати ер қимирида вақтида тебранишларнинг Ер шарининг ичида ёки Ер пўстлогининг бетида тарқалиши мисол бўлади. Ернинг қимирида марказидан узоқ жойлашган кузатиш станцияси



66-расм. Бўйлама тўлқинларнинг ҳосил булиши.

аввал бўйлама тўлқинларни қабул қилади. Текширишлар натижасида, биринчи бўйлама тўлқин келгандан кейин, тарқалиш тезлиги бўйлама тўлқинларнинг тарқалиш тезлигидан кам бўлган кўндаланг тўлқинлар келиши аниқланган.

Агар шу икки хил тўлқиннинг тарқалиш тезлигини ва уларнинг келиб етиш вақти орасидаги айирмани билганимизда, назария асосида (бу назария махсус олий мактабда ўрганилади) кузатиш станциясидан ер қимирида марказигача бўлган масофани билиш мумкин. Ер қимиридан жойдан келган тебранишларни сезадиган асбоблар сейсмографлар деб аталади.

Сейсмографлар ёрдами билан Ернинг устки қатламларининг қимирида ва бу қимиридашларнинг жадаллигини ёзиб олиш мумкин.

**33. Тўлқин узунлиги ва тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги.** Ҳам бўйлама, ҳам кўндаланг тўлқинлар учун тўлқин узунлиги бир тебраниш даврига тенг вақт ичида тебранишнинг муҳитда тарқалган масофасидир.

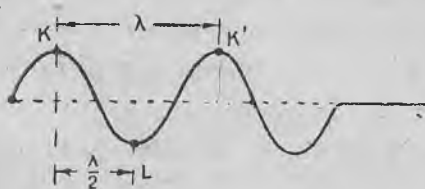
66-а расмда  $KK'$  оралик кўндаланг тўлқин узунлигидир.

Бўйлама тўлқин узунлиги иккита қўшни зичланиш ёки сийракланиш орасидаги масофага тенг бўлади (65-расм).

Тўлқин узунлиги ва тебраниш даври маълум бўлса, тебранишнинг муҳитда тарқалиш тезлигини ёки, бошқача айтганда, тўлқин ҳаракатнинг тезлигини топиш мумкин.

Кўндаланг тўлқинда қавариқлик ёки ботиқликнинг кўчиш тезлиги, бўйлама тўлқинда эса зичланиш ёки сийракланишнинг кўчиш тезлиги тўлқиннинг ҳаракат тезлиги деб ҳисобланади.

Тебраниш даври  $T$  га тенг вақт ичида зичланиш ва сийракланиш ёки қавариқлик ва ботиқлик  $\lambda$  масофага кўчади, бу масофа эса тўлқин узунлигидир. Демак, тўлқиннинг ҳаракат тезлиги  $v$  тўлқин



66-а расм. Тўлқин узунлиги тушунчасига доир.

узунлиги  $\lambda$  нинг тебраниш даври  $T$  га нисбати билан ўлчанади, яъни  $v = \frac{\lambda}{T}$  бўлади,  $f = \frac{1}{T}$  бўлгани учун,

$$v = \lambda f$$

деб ёзиш мумкин, яъни *тебранишнинг муҳитда тарқалиш тезлиги тўлқин узунлиги билан тебраниш частотасининг кўпайтмасига тенг*.

Тўлқин энергияни муҳитнинг тебранаётган бир заррасидан иккинчи заррасига узатади. Тебранма ҳаракатга келтирилган бошланғич зарранинг (бундай зарра вибратор<sup>1</sup> дейилади) энергияси фазога тарқалиб, тухтовсиз камаё боради ва тўлқин процесс борган сари сўниб, ахир тўхтаб қолади.

Ўзлуксиз тўлқин процессини сақлаб туриш учун вибраторга тўхтовсиз энергия бериб туриш керак.

### 11-машқ.

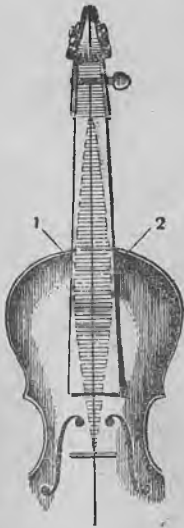
1. Даврлари ва амплитудалари бирдай, аммо фазалари  $30^\circ$  га фарқ қиладиган иккита гармоник тебранма ҳаракатни қўшинг.

2. Даврлари  $1 : 3$  нисбатда бўлган иккита гармоник тебранма ҳаракатдан ташкил топган тебранма ҳаракатнинг графигини чизинг. Ташкил этувчи тебранишларнинг амплитудаларини тенг деб ҳисобланг.

<sup>1</sup> Вибратор сўзи латинча бўлиб, тебрантирмоқ, тебратмоқ, титратмоқ демакдир.

Ш Б О Б  
Т О В У Ш

**34. Товушнинг чиқиши.** Табиатда ва техникада учрайдиган хилма-хил тебранма ва тўлқин ҳаракатлар орасида одамнинг турмушида товуш тебранишлари ва тўлқинлари, яъни товушлар айниқса катта аҳамиятга эгадир. Бунинг аҳамиятини кўрсатиш учун бизнинг бир-биримиз билан алоқа қилишимизга имкон берадиган гапимиз бирин-кетин келган бир қатор товушлардан иборат эканлигини айтиш кифоя. Биз бир одамнинг овозини иккинчи одамнинг овозидан, бир сўзни иккинчи сўздан осонгина ажрата оламиз.



67-расм. Товуш чиқараётган торнинг тебраниши.



68-расм. Товуш чиқараётган камертоннинг тебранишларини кузатиш.

Бизнинг қулоғимиз одам овозида акс этган жуда нозик туйғуларни: хурсандлик, ғам, ғазаб ва бошқаларни ажратади. Физиканинг товуш ҳодисаларини ўрганадиган бўлими акустика деб аталади<sup>1</sup>.

Оддий кузатишлар товуш чиқараётган жисмнинг қисмлари тебранма ҳаракатда бўлишини кўрсатади.

Товуш чиқараётган торга диққат билан қарайлик: унинг ўртаси йўгонлашгандек бўлиб, ўзи аниқ кўринмай, хиралашгандек бўлади. Торнинг кўриниши ўзгаришига сабаб шуки, у 1 ва 2 четки вазиятлар орасида тебранади (67-расм). Тор шунча тез тебранадики, биз унинг ҳаракатини кузатиб улгуролмаймиз. Агар товуш чиқараётган торга энсиз қоғоз парчасини

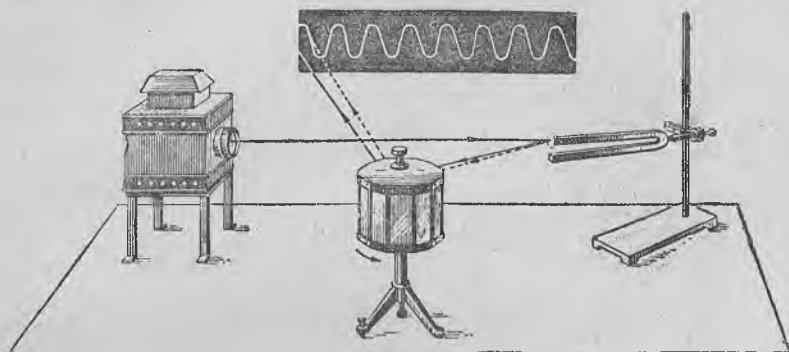
қулоғимизга қўйиб, унинг тебранишларини кузатиш.

<sup>1</sup> Акустикос — грекча сўз бўлиб, қулоқ эшитадиган демак.

яқин келтирсак, у, торнинг уришидан сапчийди. Тор тебраниб турганда биз товуш эшитамиз; уни тебранишдан тўхтатсак, товуш чиқмай қолади.

Товуш ҳодисаларини ўрганишда товуш манбаи сифатида кўпинча камертондан фойдаланадилар (68-расм). Агар камертонни резинка болғача билан урсак, ёки унга камончани теги-зиб юргизсак камертон товуш чиқаради.

Ипга осилган кичкина енгил шарчани (шиша мунчоқни) то-вуш чиқараётган камертонга яқин келтирайлик, бу шарча ка-мертондан сапчийди.



69-расм. Камертоннинг тебранишларини ёзиб олиш.

Товуш чиқараётган камертоннинг учига бармоғимизни се-кингина тегизганимизда унинг титрашини бевосита сезишимиз мумкин. Агар камертоннинг шохини қаттиқ ушласак, у энди тебрана олмайди ва товуш чиқмайди.

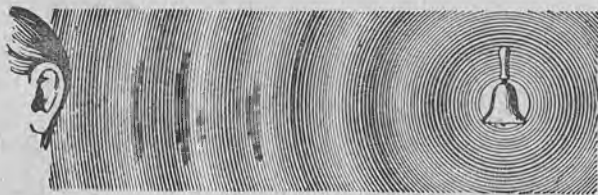
Айниқса катта эластикликка эга бўлган жисмларнинг: маса-лан, таранг тортилган пўлат тор, камертон, бир учи тискига маҳкам қисилган пўлат пластинка, қўнғироқ, юпқа тахтача ва шу сингариларнинг товуш манбаи бўлиши осон. Қаттиқ жисм-ларгина эмас, балки суюқлик ва газлар ҳам товуш манбаи бў-лиши мумкин. Масалан, кўпинча водопровод трубаларида сув-дан товуш чиқади ёки мўриларда ҳаво гувиллайди; орган трубаларида ва пуфлаб чалинадиган бошқа музика асбоблари-да тебранаётган ҳаво устунни товуш манбаи бўлади.

**35. Товуш тебранишларининг оддий тури.** Камертоннинг тебранма ҳаракатини мукамалроқ текширайлик. Бунинг учун камертоннинг шохларидан бирига кичкина кўзгу маҳкамлаб, бу кўзгуга ингичкагина ёруғлик дастаси юборайлик. Ёруғлик бу кичкина кўзгудан қайтади, ундан кейин вертикал ўқ ат-рофида айланоладиган иккинчи кўп ёқли кўзгуга тушади, бундан қайтиб экранга тушади (69-расм). Экранда кичкина ёруғ доғ ҳосил бўлади. Агар камертонни резинка болғача би-

лан секингина уриб, товуш чиқартирсак, экранда ёруғ доғ ўрнида вертикал чизиқча ҳосил бўлади.

Камертонни тебранишдан тўхтатайлик ва кўп ёқли кўзгуни тез айлантирайлик, бунда биз экранда туташ горизонтал чизиқ кўрамиз. Агар энди камертонни яна тебранириб, товуш чиқартирсак, унда экранда синусоида ҳосил бўлади (69-расм). Демак, *камертоннинг тебранишлари синусоидал тебранишлар ёки гармоник тебранишлар экан*. Бу тебранишлар товуш тебранишларининг энг оддий туридир.

**36. Товушларнинг классификацияси.** Тўлқинининг шакли ва хусусиятига қараб товушлар уч хил бўлади: 1) товуш зарбалари, 2) шовқинлар, 3) музика товушлари ёки музика тонлари.



70-расм. Жаранглаётган қўнғироқдан ҳавога тўлқинлар тарқалиб, қулоққа келади.

Товуш зарбалари отишда, портлашда, электр учқунда оғир жисмларнинг бир-бирига урилишида ва шу сингариларда чиқади.

Бу товушларга мос келган зарба тўлқини якка тўлқин бўлади.

Шовқинлар ҳеч қандай даврийлиги бўлмаган биринкетин келган кучсиз ва тез-тез булиб турган зарбалардир. Масалан, шамолнинг дарахт баргларида ғувиллаши, ёғочни синдиришда чиққан шақир-шуқурлар, темир буюмларнинг бир-бирига урилганида шалдираши, ғичиллаш ва ҳоказо.

*Музика товушлари товуш манбаларининг даврий равишда тебранишидан чиқади*; бу товушлар эластик жисмларда узунликлари ва шакллари бирдай бўлиб, биринкетин узлуксиз келган тўлқинлардан иборат бўлади. Масалан, камертон ва музика асбобларидан чиққан товушлар, ашулачиларнинг овозлари ва бошқалар.

**37. Товушнинг тарқалиши.** Биз товушни эшитиш органи — қулоғимиз билан эшитамиз. Қулоғимиз товуш қабул қиладиган приёмникдир. Қулоқ билан товуш чиқарадиган (тебранаётган) жисм — вибратор орасида товуш тўлқинларини узатадиган муҳит бўлади; кўпинча бу муҳит — ҳаводир.

Бирорта жисм товуш чиқарар экан, у тебранади, унинг тебранишлари унга тегиб турган ҳаво зарраларига ўтади, ҳаво зарралари ҳам тебрана бошлаб, бу тебранишларни қўшни

зарраларга, булар эса яна бошқа зарраларга узатади ва ҳоказо. Бунинг натижасида ҳавода товуш тўлқинлари ҳосил бўлади ва тарқалади (70-расм). Бу тўлқинлар муҳитнинг (ҳавонинг) зарралари тебраниши туфайли майдонга келади, бунда зарралар тўлқин тарқалаётган йўналишда тебранади, яъни бу тебранишлар бўйлама тебраниш бўлади.

Товушнинг вибратордан приёмникка (масалан, бизнинг қулоғимизга) келиши учун вибратор билан приёмник орасида эластик муҳит бўлиши зарур шартдир. Товушнинг тарқалишини схема равишида қуйидагича кўрсатиш мумкин:

в и б р а т о р → у з а т у в ч и м у ҳ и т → п р и ё м н и к .

Агар вибратор билан приёмник орасида товушни ўтказадиган эластик муҳит бўлмаса, товуш тўлқинлари приёмникка бориб етолмайди.

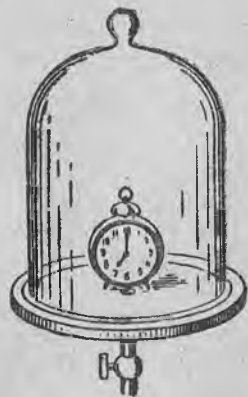
Будильникни (қўнғироқли соатни) ҳаво насоси қалпоғининг тагига қўййлик (71-расм). Қалпоқ тагида ҳаво бор вақтда биз қўнғироқнинг жаранглашини аниқ эшитамиз. Қалпоқ тагидаги ҳавони сўриб ола бошлаганимизда товуш борган сари сусаяди ва бориб-бориб бутунлай эшитилмай қолади. Болғача қўнғироққа ура беради, демак, қўнғироқ тебранмоқда, аммо товушни ўтказувчи муҳит бўлмагани учун, бу тебранишлар тарқалмайди ва бизнинг қулоғимизга келмайди. Қалпоқ тагига ҳаво киргазсак, қўнғироқнинг жаранглашини яна эшитамиз.

Уzun тахтанинг бир бошига чўнтак соатни қўйиб, ўзимиз тахтанинг иккинчи бошида турайлик. Қулоғимизни тахтага қўйганимизда соатнинг тиқиллашини аниқ эшитамиз.

Металл қошиқни каноп ипнинг ўртасига боғлаб, ипнинг учларини иккала қулоғимизга тутайлик. Қошиққа урганимизда биз кучли товуш эшитамиз. Агар каноп ип ўрнига сим олсак, яна ҳам кучлироқ товуш эшитамиз, аммо каноп ип ўрнига резинка ип олсак, ҳеч қандай товуш эшитмаймиз.

*Турли жисмларнинг товуш тебранишларини узатиш қобилияти товуш ўтказувчанлик деб аталади.*

Юмшоқ ва серковак жисмлар товушни кам ўтказади. Бегона товушлар эшитилмаслиги учун бинонинг деворлари, поли ва шипига товушни ютиб қоладиган материаллар қатлам-қатлам қилиб ётқизилади. Бундай материаллар: наmat, гилам, прессланган пўкак, серковик тошлар, қўрғошиндир. Буларда товуш тўлқинлари тез сўниб қолади.



71-расм. Ҳавосиз жойда товуш тебранишларининг тарқалмаслигини исбот қиладиган тажриба.



Суюқликлар товушни яхши ўтказди. Дарё қиргоғида одамлар юрганда ва гапирганда чиққан овозларни сувдаги балиқлар эшитади, тажрибакор балиқчиларга бу жуда аён.

Демак, *товуш тўлқинлари қаттиқ, суюқ ва газсимон жисмларда тарқалади, аммо ҳавосиз жойда тарқала олмайди.*

**38. Товушнинг тарқалиш тезлиги.** Оддий кузатишлар товушнинг ҳар бир муҳитда маълум бир тезлик билан тарқалишини кўрсатади.

Милтиқ отилишини узоқдан қараб турганимизда биз аввал милтиқдан чиққан олов ва тутунни кўрамиз, бир қанча вақтдан кейин отиш товушини эшитамиз. Тутун биринчи товуш тебраниши майдонга келган вақтда чиқади. Товуш чиққан манбанинг биздан қандай узоқликда ( $s$  м) бўлишини билганимизда товушнинг чиқиш пайти (тутун чиқиш пайти) билан бизнинг қулоғимизга келган пайт орасидаги вақтни ( $t$  сек) аниқлаб олиб, товуш тўлқинларининг қандай тезлик билан тарқалишини, яъни товушнинг тезлигини билиш мумкин:

$$v = \frac{s}{t}.$$

Ўлчашлар  $0^{\circ}\text{C}$  температура ва нормал атмосфера босимида ҳавода товушнинг тезлиги  $332 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$  бўлишини кўрсатади.

Температура кўтарилганда ҳавода товушнинг тезлиги ортади, чунки бунда ҳавонинг эластиклиги ортади. Масалан,  $15^{\circ}\text{C}$  температурада ҳавода товушнинг тезлиги  $342 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$  температурада  $349 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ,  $100^{\circ}\text{C}$  температурада  $386 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$  бўлади.

Бошқа газларда товушнинг тезлиги ҳаводагига қараганда бошқача бўлади. Газ қанча енгил бўлса, унинг молекулалари шунча серҳаракат бўлади ва унда товушнинг тезлиги шунча катта бўлади. Водородда товушнинг тезлиги  $0^{\circ}\text{C}$  температурада  $1280 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ . Карбонат ангидридда товуш тезлиги камроқ:

$0^{\circ}\text{C}$  температурада  $260 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$  бўлади. Сувда товушнинг тезлиги ҳаводагига қараганда  $4 \frac{1}{2}$  марта ортиқ бўлади. Металларда товушнинг тезлиги яна ҳам каттароқ бўлади.

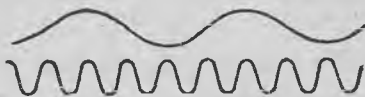
Ҳар хил муҳитда товушнинг тезлиги ( $0^{\circ}\text{C}$  да)

Ҳаво . . . . .	332 $\frac{\text{м}}{\text{сек}}$
Сув . . . . .	1450 "
Мис . . . . .	3800 "
Темир . . . . .	4900 "
Шиша . . . . .	5600 "
Арча . . . . .	4800 "
Пўкак . . . . .	430—530 "
Каучук . . . . .	50 "

**39. Музыка товушлари. Тоннинг юксаклиги.** Музыка товушлари ёки, бошқача айтганда, музыка тонлари юксаклик, қаттиқлик ва тембр билан характерланади.

Чиқарган товушларининг юксаклиги икковиники икки хил бўлган иккита камертон олайлик-да, уларнинг тебраниш графикаларини дудланган пластинкага ёзиб олайлик. Бунда биз 72-расмда тасвирланган эгри чизиқларни ҳосил қиламиз. Юқориги эгри чизиқ паст тон чиқарадиган камертондан, пастки эгри чизиқ юксак тон чиқарадиган камертондан ҳосил қилинган. Биринчи ҳолда узунроқ тўлқинли эгри чизиқ, иккинчи ҳолда қисқароқ тўлқинли эгри чизиқ ҳосил бўлади. Бундан кўринадики, иккинчи камертонга қараганда биринчи камертоннинг (паст тон чиқарадиган камертоннинг) тебраниш даври катта ва частотаси кичикдир.

Гармоник товуш тебранишларига келганда, масалан, камертоннинг тебранишларини шундай деб ҳисоблаш мумкин. Товуш юксаклигини сезишимиз объектив равишда тебраниш частотасига мос келади. Давр қанча кам бўлиб, шунга яраша тебраниш частотаси қанча катта бўлса, товуш ҳам шунча юксак бўлади, бунинг аксича, тебранишларнинг частотаси қанча кам бўлса, товуш шунча паст бўлади.



72-расм. Юқоридаги эгри чизиқ паст тонники; пасткиси — юксак тонникидир.

Шундай қилиб, *частоталари ҳар хил бўлган тебранишлардан иборат физик ҳодисага юксаклиги ҳар хил бўлган товуш мос келгандек туюлади.*

Бизнинг қулоғимиз частотаси 20 герцдан тортиб 20 000 герцгача бўлган тебранишларни товуш сифатида эшита олади.

Одам чиқарган овозларнинг чегараси 64 *гц* (паст бас нотаси) билан 1300 *гц* (юқори сопрано нотаси) орасида бўлади. Роялнинг пастки „ля“ нотасининг тебраниш частотаси 27,5 *гц*, юқори „до“ нотасиники 4 096 *гц* бўлади.

Табиатда бизнинг қулоғимиз эшитмайдиган частотали тебранишлар ҳам бўлади. Албатта, бундай эшитилмайдиган товуш тўлқинлари ҳам қулоғимизга етиб келади ва қулоқ парда-мизга таъсир қилади, аммо эшитиш аппаратимиз бундай таъсирларни сезмайди. Частоталари қулоққа эшитиладиган чегарадан ташқари, яъни 20 килogerцдан ортиқ бўлган товуш тебранишлари ультратовушлар дейилади.

Ҳозирги замон техникаси 20 килogerцдан тортиб 500 мегагерцгача бўлган кенг чегарада ультратовушлар ҳосил қилишга имкон берадиган воситаларга эгадир.

Ҳозир ультратовушлар техникада кўп қўлланиладиган бўлиб қолди. Масалан, улардан денгизларнинг чуқурлигини ўлчашда (эхологларда) фойдаланади. Ультратовушлар металл буюм-

лар ва қуймалардаги ҳар хил нуқсонларни топишда қўлланади (ультратовуш дефектоскопияси). Ультратовуш тебранишлари ёрдами билан ҳар хил эмульсиялар ҳосил қилинади.

Ультратовушлар биологик ва физиологик таъсирлар ҳам кўрсатади. Масалан, ўруғларга ультратовушлар билан таъсир қилиш уларнинг униб чиқишини оширади, сутга ультратовуш билан таъсир қилинса, сут узоқ вақт ачимайди. Ультратовушлар таъсирида қизил қон шарчалари емирилади ва бунинг натижасида ҳайвонлар ўлади. Ультратовуш ҳақида тўлиқроқ маълумот шу китобнинг илова қисмида берилган.

**40. Товушнинг кучи ва қаттиқлиги.** *Товушнинг кучи<sup>1</sup> деб товуш тўлқини йўналишига перпендикуляр бўлган 1 см<sup>2</sup> юздан ҳар секундда ўтган энергия миқдори билан улчанадиган катталikka айтилади.*

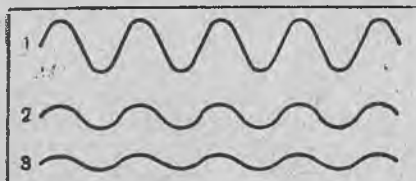
Товушнинг кучи  $\frac{\text{эрг}}{\text{см}^2\text{сек}}$  ёки  $\frac{\text{дж}}{\text{м}^2\text{сек}}$  билан ўлчанади.

*Тебраниш частотасига товушнинг юксаклиги мос келганидек, товушнинг кучига товуш қаттиқлиги мос келади.*

Товушнинг кучи ва қаттиқлиги бир тушунча эмас. Товушнинг кучи товушни бирорта одам эшитадими-йўқми бундан қатъи назар физик процессни характерлайди; товушнинг қаттиқлиги эса унинг субъектив сифатидир.

Энди товушнинг кучи, демак, унинг қаттиқлиги ҳам нимага боғлиқ бўлишини кўрайлик. Бунинг учун камертоннинг тебранишларини бир неча марта бир қанча вақт ораларида кетма-кет ёзиб олайлик (73-расм). Камертоннинг товуши секин-аста ўчади ва бу, унинг тебраниш графигида дарҳол кўринади.

73-расм. Частоталари бирдай, аммо қаттиқликлари ҳар хил бўлган учта тоннинг графиги; амплитудаси катта бўлган тебраниш қаттиқроқ тонникидир.



1, 2, 3-графиклардан кўринадики, камертоннинг тебраниш даври ўзгармаган экан: учала графикда ҳам қавариқликлар ва ботиқликларнинг дам-бадамлиги бирдай. Аммо товуш кучсизланган сари тебранишларнинг амплитудаси камаё боради. Энг кучли товушнинг амплитудаси энг катта бўлади (1-график); товуш деярли эшитилмайдиган бўлиб қолганда тебранишларнинг амплитудаси кичкина бўлиб қолади (3-график). Камертон тебранишдан тўхтаганда график тўғри чизиққа айланади.

<sup>1</sup> Товушнинг кучи деганиборадаги куч сўзи бу тушунчанинг маъносига тўғри келмайди, чунки бунда куч билан эмас, балки энергия билан иш кўрамай.

Шундай қилиб, кўрамизки, товушнинг кучи тебраниш амплитудасига боғлиқ экан. *Тебранишларнинг амплитудаси қанча катта булса, товуш шунча кучли бўлади; амплитуда қанча кичик булса, товуш шунча кучсиз бўлади.*

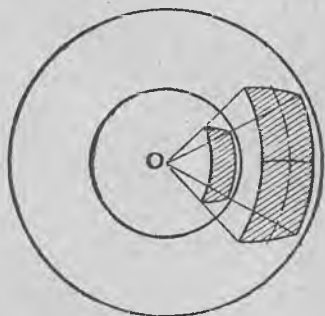
Бирорта жисм товуш чиқарар экан, у атрофидаги муҳит зарраларини (масалан, ҳаво зарраларини) тебрантиради ва бунда ўз энергиясининг бир қисмини уларга беради. Тебранаётган жисмнинг энергия запаси камаяди, унинг тебраниш амплитудаси камаяди, товуш сусаяди.

Товуш муҳитда тарқалаётганда манбадан узоқлашган сари кучсизланади. Товушнинг аввал бир марказ атрофида — товуш манбаи атрофида тўпланган бутун энергияси манбадан узоқлашган сари муҳитнинг кўпроқ зарраларига тарқалади; ҳар бир заррага борган сари камроқ энергия тўғри келади.

Товуш тўлқинлари изотроп муҳитда<sup>1</sup> тарқалганда тўлқиннинг сирти амалда товуш манбаига тўғри келадиган *O* марказли сфера бўлади. Сферанинг сирти товуш манбаидан ҳисобланган масофанинг квадратига пропорционал равишда ошиб боради; 74-расм буни тушунтириб беради. Сфера сиртининг ҳар бирлигига тўғри келган энергия товуш манбаидан ҳисобланган масофанинг квадратига тескари пропорционал равишда ўзгаради. Бундан чиқадики, *товушнинг кучи товуш манбаидан ҳисобланган масофанинг квадратига тескари пропорционал равишда ўзгаради экан.* Шу билан бирга бу катталиқка боғлиқ бўлган қаттиқлиги ҳам ўзгаради, буни ҳар ким ўз тажрибасидан билади.

Агар товушни кўндаланг кесими ҳамма жойида бирдай бўлган труба бўйлаб йўналтирсак, бу ҳолда анча узоқ жойда ҳам товушнинг кучи деярли камаймайди. Масофа ошганда товушнинг кучи оз камайишини тор узун коридорларда ҳам кузатиш мумкин.

Узоқ жойлардан туриб гаплашиш учун кўпинча конуссимон труба-рупорлар қўлланади. Рупор товуш тўлқинларининг ҳар томонга тарқалиб кетишига йўл қўймайди ва уларни бир томонга йўналтиради. Рупордан тарқоқ товуш тўлқинла-



74-расм. Товуш тўлқинида ҳар бир юз бирлигига тўғри келган энергия, нуқтавий товуш манбаидан ҳисобланган масофанинг квадратига тескари пропорционал ҳолда ўзгаради.

<sup>1</sup> Изотропия грекча: изос — бирдай, тропос — хусусият деган сўзлардан олинган — бир қанча жисмларнинг физик хоссалари (иссиқлик ўтказувчанлиги, электр ўтказувчанлиги, эластиклиги ва бошқа хоссалари) ҳамма йўналишларда бирдай бўлишидан иборат бўлган физик хусусиятдир.

рини йиғиш учун ҳам фойдаланиш мумкин. Рупорнинг ингичка томонини қулоғимизга тутсак, товуш кучаяди. Қулоғимизга рупорнинг ташқи, кенг томонига келган ҳамма энергия таъсир қилади. Рупор ташқи тешигининг юзи қулоғимизнинг тешиги юзидан неча марта катта бўлса, товуш ҳам шунча марта кучаяди.

Бизнинг қулоғимизнинг ўз рупори — қулоқ супраси бор. Кучсиз товушларни эшитиш учун, баъзан, биз қулоқ супрамизга қўлимизни тутиб, бу рупорни катталаштираемиз.

Одамнинг қулоғи жуда ҳам сезгир бўлади: у, одам овозидан миллион марта кучсизроқ бўлган товушларни эшитади. Иккинчи томондан, одам замбаракларнинг гумбурлашидек кучли товушларга ҳам кўникиб кетади.

Бироқ частоталари ҳар хил бўлган товушларга нисбатан бизнинг қулоғимизнинг сезгирлиги бирдай бўлмайди: у 1 000 *гц* билан 3000 *гц* орасидаги тонларни яхшироқ эшитади. Товуш қулоқнинг сезгирлигига мос энг қулай шароитда (тахминан 2000 *гц*) эшитилиши учун, ҳозирги замон ўлчашларининг кўрсатишича, товуш тўлқинлари қулоққа ҳар секундда *эрг* нинг триллиондан 5 ҳиссасидан кам бўлмаган энергия олиб келиши керак. Бунда ҳаво зарраларининг тебраниш амплитудаси миллиметрнинг ўн миллиарддан бир ҳиссасидан камроқ бўлади. Шуниси қизиқки, кўзнинг ёруғлик энергиясига нисбатан бўлган сезгирлиги билан қулоқнинг товуш энергиясига нисбатан бўлган сезгирлиги тахминан бирдайдир.

**41. Товушнинг тембри.** Ҳаммага маълумки, ғижжак, сурнай, рояль, ашулачи эркак ёки аёлларнинг бирдай юксакликдаги овозлари бир-биридан алоҳида бир сифат — мулойимлик ёки кескинлик, таъсири кўп ёки кам бўлиши билан фарқ қилади. Биз танишларимизни овозидан таниймиз. Ҳаттоки бир одамнинг ўзи чиқарган унли овозлар ҳам бир-биридан фарқ қилади.

Товушнинг бу сифати, унинг узига хос „ранги“ — тембр деб аталади.

Берилган маълум юксакликдаги тоннинг тембри товуш манбаининг тебранишларини тасвирлайдиган даврий эгри чизиқнинг шаклига қараб аниқланади.

Жисмларнинг гармоник тебранишлари 75-а расмда тасвирланган бўлиб, синусоидал тўлқин деб аталадиган тўлқинлар ҳосил қилади. Бундай тўлқин оддий ёки соф тон туйғуси туғдиради.

Камонча юргизганда тори титраб товуш чиқарадиган скрипкада ёки, масалан тиллик трубада шакли яна ҳам мураккаброқ тўлқинлар ҳосил бўлади (75-б расм), бу тўлқинларга яна ҳам мураккаброқ товушлар мос келади.

Товушни анализ қиладиган махсус анализаторлар ёрдами билан ҳар қандай мураккаб музика товуши тебранишлари

1:2:3:4... сингари нисбатда булган бир қатор оддий тонлардан иборат эканлигини аниқлаш мумкин. Мураккаб музыка товушидаги энг паст тон асосий тон деб аталади. Унинг даври ҳам мураккаб товуш давридек бўлади. Икки марта, уч марта, тўрт марта ва ҳоказо марта ортиқ частотали оддий тонлар юқори гармоник тонлар ёки обертонлар деб аталади. 27-параграфда частоталари ҳар хил бўлган гармоник тебранишлар қўшилганида мураккаб даврий эгри чизиқ (59-расмга қаранг) билан тасвирланадиган натижаловчи тебраниш ҳосил бўлиши аниқланган эди. Анализатор эса мураккаб товушни ташкил қилган оддий тебранишларни ажратиб олишга имкён беради.



75-а расм. Оддий ёки соф тоннинг графиги.



75-б расм. Тилли трубада ҳосил қилинган товушнинг графиги.

76-расмда юқорида скрипка товуши тўлқинининг графиги, пастда эса учта синусоидал тўлқин кўрсатилган, булардан бири асосий тонга, қолган иккитаси шу тўлқиннинг энг интенсив обертонларига тегишли.

Камертонлар ёрдами билан боп соф тонлар комбинациясини танлаб олиб, тембри скрипка, тиллик труба ёки бошқа музыка асбоблари овозининг тембрига ўхшаган мураккаб товуш чиқартириш мумкин.

Музыкада обертонлари кўп бўлган мураккаб товушлардан фойдаланади. Асосий тонга обертонлар қанча кўп аралашган бўлса, шу обертонлардан ҳар бирининг кучига боғлиқ равишда товушнинг тембри тўлароқ ва хилма-хил, яъни қулоққа ёқимли бўлади. Айниқса скрипка товушларида ва ашула айтувчиларнинг овозларида обертонлар кўп бўлади.

А. Г. Столетов: „Бизнинг камертонларимиздан чиққан оддий тонлар музыкада ишлатилмайди: улар химиявий тоза сувдек тамсиз, чучук ва бемаза, — хусусиятсиз бўлади“ деб ёзди.

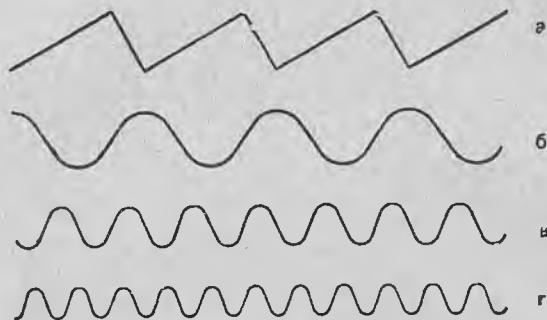
**42 Товуш тўлқинларининг қайгиши.** Агар товуш тўлқинларининг йўлида бирорта тўсиқ (тоғ, ўрмон, девор ва шунга ўхшашлар) бўлса, товуш тўлқинлари бу тўсиқдан қайтади. Қайтган товуш тўлқини бизнинг қулоғимизга етиб келса, эхо ёки а кси садо деб аталадиган товуш эшитамиз.

Қайтган товушни биз товуш тўлқини товуш чиқарадиган манбадан тўсиққа етиб бориб, қайтиб келиши учун кетган вақтдан кейин эшитамиз.

Момақалдиरोқнинг гумбурлашига сабаб унинг булутлардан ва ердан кўп марта қайгишидир. Товуш яқиндаги тўсиқлардан қайтганда эхо дастлабки товушга қўшилиб кетади ва уни

кучайтиради. Шунинг учун ёпиқ бинолардаги товушлар бизга очиқ ҳаводаги товушларга қараганда кучлироққа ўхшаб эшитилади.

Девор, пол ва шиплари силлиқ биноларда товуш тўлқинлари жуда яхши қайтади. Бунинг натижасида бундай биноларда овоз қаттиққа ўхшаб эшитилади; олдин чиққан товуш тўлқинлари кейин чиққан товуш тўлқинларига қўшилиши нати-



76 а расм — скрипка мураккаб товушининг графиги;  
 б — скрипка товуши асосий тонининг графиги;  
 в, г — скрипка товушининг иккита энг интенсив  
 обертонининг графиги.

жасида гувиллаш ҳосил бўлади: товуш манбаи товуш чиқаришдан тўхташи билан бинода товуш бирданига ўча қолмайди.

Бинонинг акустикаси реверберация вақти — товушнинг эшитилмайдиган даражагача ўчиб қолиши учун кетган вақт билан характерланади. Реверберация, бир томондан, бинонинг ҳажмига, иккинчи томондан, унинг шаклига, деворлари, шипи ва полининг қандай материалдан қилинишига боғлиқ бўлади.

Деворларига юмшоқ нарса қоқилган, пардалар тутилган, гилам қоқилган юмшоқ жиҳозли ва одам кўп уйларда товуш тўлқинлари камроқ қайтади; бунда товуш тўлқинларининг кўпини юмшоқ нарсалар ютади, шунинг учун бу уйларнинг реверберацияси ҳам кам бўлади.

Аммо реверберацияни жуда камайтириб юбориш ҳам ярамайди, чунки унда товушлар жуда тез ўчиб қолиб, яхши ва аниқ эшитилмайди. Ашула айтувчи ва музика чалувчилар юмшоқ жиҳоз билан тўла, пардалар тутилган, гилам қоқилган кичкина хоналарда ашула айтиш ва музика чалиш қандай қийин эканлигини яхши биладилар.

Москвадаги акустик жиҳатдан энг яхши бинолардан бири бўлган Союзлар Уйининг Колонна залида халқ тўла бўлганда реверберация вақти 1,75 секунд бўлиб, ҳеч ким бўлмаганда 4 секунддир.

43. **Тургун тўлқинлар.** Осилиб турган арқоннинг бўш учини қўлимиз билан силкитаёлик. Арқон бўйлаб тўлқин чопади. Бу тўлқин арқоннинг маҳкамланган учига етиб бориб, ундан қайтади (77-расм). Агар қўлимиз билан арқоннинг бўш учини узлуксиз тебратиб тура берсак, бири кетидан бири кетган бир қатор тўлқинлар ҳосил бўлади, бу тўлқинларнинг қарши-сига арқоннинг маҳкамланган учидан шунга ухшаган бир қатор қайтган тўлқинлар келади. Бу иккала тўлқин системаси бирининг устига бири тушиб, тургун тўлқин деб аталган тўлқин ҳосил қилади. Тургун тўлқиннинг ҳосил бўлиш процессини текширайлик.

Мисол учун, кетаётган ва қайтаётган тўлқинларнинг даврлари ва амплитудалари бирдай бўлсин, Маълум бир пайтда бу иккала тўлқин бири устига иккинчиси 78-а расмда кўрсатилгандек тушади. Сўнгра бу тўлқинлар ажралишиб кетади: бири ўнг томонга бир оз масофага, иккинчиси ҳам шунча масофага чап томонга силжийди (78-б расм).



77-расм. Арқонда тургун тўлқинлар ҳосил қилиш.

Тўлқинлар бир-бирига мос келганда  $a_1, a_2, a_3$  ва ҳоказо нуқталар мувозанат вазиятида бўлади. Тўлқинлар бир-бирдан ажралишганда ҳам бу вазият сақланади. Ҳақиқатан ҳам, тўлқинлар ажралишганда бир тўлқин нуқталарни юқорига жилдиради, иккинчиси ўшанча пастга жилдиради. Бундай қўзғалмас нуқталар тургунлар дейилади.

Тургунлар бутун арқонни тебранаётган бир нечта тенг қисмларга бўлади (77-расм). Қисмлардан бири юқорига томон силжиганда (тўлқиннинг чўққиси), қўшни қисм пастга силжийди (тўлқиннинг ботиқлиги).

Тўлқинлар бир-бирига мос келганда (78-а расм)  $b_1, b_2, b_3$  ва ҳоказо нуқталар энг кўп силжийди, бу силжиш иккиланган амплитудага тенг бўлади (78-в расми). Тўлқинлар бир-бирига мос келмаганда бу нуқталарнинг силжиши нолгача камайиб қолади (78-расм,  $г, д$ ), сўнгра йўналишини ўзгартириб (78-расм,  $е, ж$ ), энг катта қийматга эришади (78-з расм) ва яна нолгача камайдиган ва ҳоказо.  $c_1, c_2, c_3$  ва ҳоказо нуқталар ҳам худди шундай ҳаракат қилади. Бундай нуқта  $b_1, b_2$  ёки  $b_3$  ва ҳоказоларга қанча яқин жойлашган бўлса, шунча катта амплитуда билан тебранади.

Тебраниш амплитудалари энг катта бўлган  $b_1, b_2, b_3$  нуқталар тургун тўлқиннинг қавариқлигини ҳосил қилади.

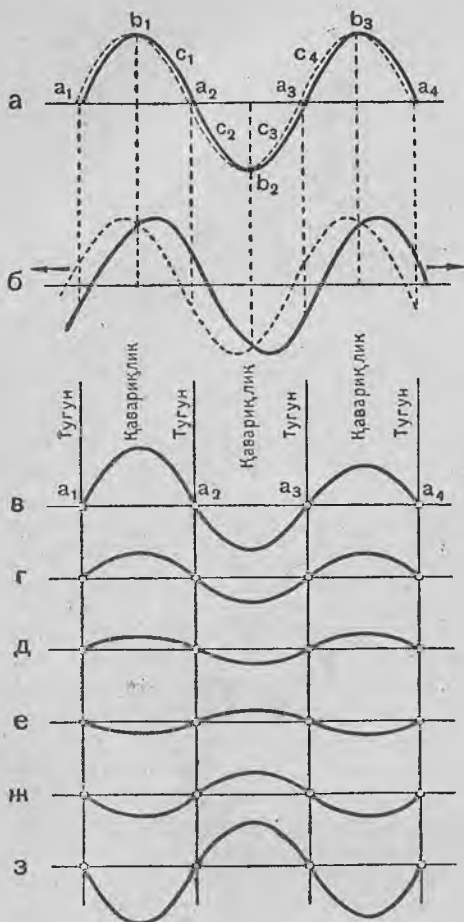
Иккита қўшни қавариқлик ёки иккита қўшни тургун орасидаги масофа тўлқин узунлигининг ярмига тенг бўлади, бир-бирига энг яқин тургун билан қавариқлик орасидаги масофа эса тўлқин узунлигининг чоракига тенг бўлади.

78-расмдан кўринадики, иккита қўшни тургун орасида жойлашган ҳамма нуқталар, яъни шу битта ярим тўлқинга ҳос бўлган нуқталарнинг ҳаракат йўналиши бирдай бўлади (масалан, ҳамма нуқталар юқорига қараб ёки бунинг аксича, ҳаммаси пастга қараб ҳаракат қилади) ва бир хил фазода тебранади. Иккита қўшни ярим тўлқиннинг нуқталари эса қарама-қарши томонга қараб (баъзилари — юқорига қараб, баъзилари пастга қараб) ҳаракат қилади, буларнинг тебраниш фазалари қарама-қарши бўлади, яъни  $\pi$  қадар ёки  $180^\circ$  фарқ қилади.

Тургун тўлқинда энергия шундай тақсим қилинадики, тўлқиннинг тургунларга яқин соҳаларда асосан потенциал энергия, қавариқларига яқин соҳаларда эса кинетик энергия тўпланади. Тўлқиннинг кинетик энергияси максимумга эришган пайтда потенциал энергияси минимал бўлади. Чорак давр

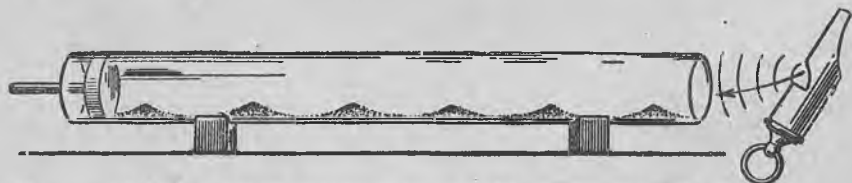


Ўтгандан кейин потенциал энергия максимумга эришиб, кинетик энергия эса нолгача камаяди. Шундай қилиб, турғун тўлқинда энергия тўхтамасдан бир турдан иккинчи турга айланиб туради ва қайтадан тақсим қилинади, аммо бир нуқтадан иккинчи нуқтага ўтмайди. „Турғун тўлқин“ деган термин ҳам ўшандан олинган.



78-расм. Турғун тўлқинлар ҳосил бўлишини тушунтиришга доир.

рида ва ёритгич газда тарқалиш тезлиги ҳавода тарқалиш тезлигига қараганда бошқача бўлиши кераклиги  $\lambda = v T$  формуладан кўриниб турибди.



79-расм. Турғун тўлқинларнинг найдаги кукунга таъсири.

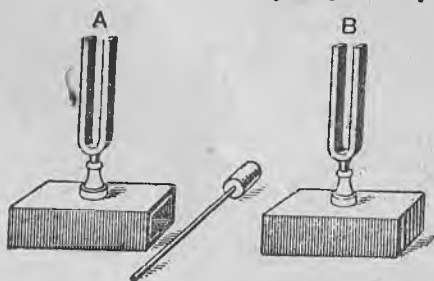
Табийи газда тўлқинлар ҳаводагига қараганда тезроқ, карбонат ангидридда эса секинроқ тарқалади.

Қулоғимиз эшитадиган ҳаводаги товуш тўлқинларининг узунлиги 20 м (энг паст товушларнинг тўлқинлари) билан 1 см (энг юксак товушларнинг тўлқинлари) орасида бўлади.

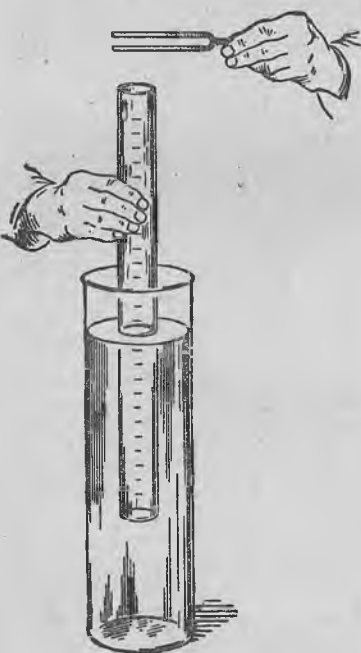
Частоталари бир хил бўлган товуш тўлқинларининг узунлиги ҳаводагига қараганда сувда  $4\frac{1}{2}$

марта, темирда  $10\frac{1}{2}$  марта узунроқ бўлади.

**45. Товуш резонанси ва резонаторлар.** Резонанс ҳодисасини частотаси ҳар қандай бўлган механик тебранишларда, жумладан, товуш тебранишларида ҳам кузатиш мумкин. Қуйидаги тажрибани қилайлик. Иккита бир хил *A* ва *B* камертонни қутичаларининг оғизлари бир-бирига қараб турадиган қилиб қатор қўйайлик (80-расм).



80-расм. Товуш резонансини кузатиш учун қутичалар устига ўтказилган камертонлар.



81-расм. Найдаги ҳаво устунининг резонанси.

*A* камертонни резинка болғача билан уриб тебранирайлик, сўнгра уни бармоғимиз билан ушлаб, тўхтатайлик. Бунда маятниклар устида қилган тажрибада (62-расм) *A* маятникнинг тебраниш таъсиридан *C* маятник тебранишидек, *A* камертон тебранишлари таъсиридан *B* камертоннинг тебраниши туфайли чиққан товушни эшитамиз.

*B* камертоннинг бир шохига кичкина ҳалқа кийгизсак, унинг тебраниш даври ўзгаради. Тажрибамизни қайтарганимизда, энди *A* камертоннинг тебраниш таъсирида *B* камертоннинг тебраниш маслигини кўра-миз.

*A* камертондан ҳосил бўлган товуш тўлқинлари *B* камертонга етиб бориб, унда частотаси *A* камертоннинг тебраниш частотасига тенг бўлган мажбурий тебранишлар майдонга келтиради. Агар *B* камертоннинг тебраниш частотаси ҳам *A* камертоннинг тебраниш частотасидек бўлса, резонанс ҳодисаси рўй беради: *B* камертон борган сари

кучлироқ тебранади. Агар *V* камертоннинг тебраниш частотаси бошқача бўлса, унинг мажбурий тебранишлари шунчалик кучсиз бўладики, биз бу товушни эшитмаймиз.

Шу ҳодисаларнинг ҳаммасини биз тажрибаларимизда кўрдик.

Энди, камертонлар ўрнатилган қутичаларнинг қандай роль ўйнаганини кўрайлик. Яна бир тажриба қилайлик. Сувли идишга кенг шиша найни туширайлик (81-расм) ва найнинг оғзи олдида камертондан товуш чиқартирайлик. Найни сувдан чиқара борганимизда, биз ундаги ҳаво устунини ошира борган бўламиз. Найдаги ҳаво устуни маълум бир узунликда бўлганда анча кучли товуш эшитамиз. Агар найни сувдан чиқара борсак, товуш сусая боради ва, ниҳоят, эшитилмайдиган бўлиб қолади.

Ўлчашлар кўрсатадики, резонансловчи ҳаво устунининг узунлиги шу товуш тўлқини узунлигининг энг камида  $\frac{1}{4}$  қисмига тенг бўлади. Шунинг учун камертон узунлиги шу камертон чиқарган товуш тўлқини узунлигининг  $\frac{1}{4}$  қисмига тенг қилиб ясалган резонанс қутича устига ўрнатилади. Шундай қилганда қутичадаги ҳаво устуни камертоннинг тебранишларига резонанслашиб тебранади, бу эса атрофидаги ҳавода фақат камертон шохларининг ўзигина тебрангандагига қараганда кучлироқ товуш тўлқини ҳосил қилади.

Резонанс ҳодисасидан музика асбобларининг товушларини кучайтириш учун кенг миқёсда фойдаланади.

Немис олими Гельмгольц (1821—1894) махсус резонаторлар кўрди, бу резонаторларнинг ҳар қайсиси фақат битта тонга жавоб беради (82-расм). Резонаторнинг тор тешиги қулоққа тутилади. Кенг тешигидан унга товуш тўлқинлари келади. Резонаторнинг ичи ковак бўлади. Резонаторнинг кенг тешиги олдида ҳавони пуфлаб ўтказганда унинг ўз тонини эшитиш мумкин. Товуш мураккаб бўлганда бундай резонатор фақат унинг ўз тонига мос келган тон таъсиридан товуш чиқаради. Шундай резонаторлар коллекцияси бўлганда ҳар хил музика асбобларидан: торли музика асбоблари, духовой асбоблар (пуфлаб чадинадиган музика асбоблари), уриб чалинадиган асбоблардан ва шу сингарилардан чиққан мураккаб товушларни ҳамда одамнинг овозини анализ қилиш мумкин. Шу усул билан ҳар хил шовқинлардан айрим тонларни ажратиш олиш мумкин.

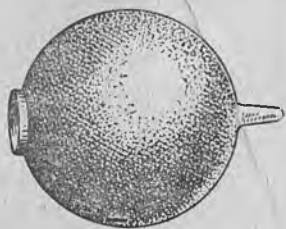
Бизнинг товуш аппаратимизда ҳам резонаторлар бор. Бизнинг овоз аппаратимизда товуш манбаи—овоз пайларидир.

Ўпкадан ҳаво чиқарган вақтда бу пайлар тебраниб товуш чиқаради, бу товушнинг асосий тони пайларнинг таранг тортилишига боғлиқ бўлади. Бу товушда обертонлар кўп бўлади. Бизнинг бўғзимиз тебраниш частотаси унинг ўз тебраниш частотасига яқин бўлган обертонларни кучайтиради.

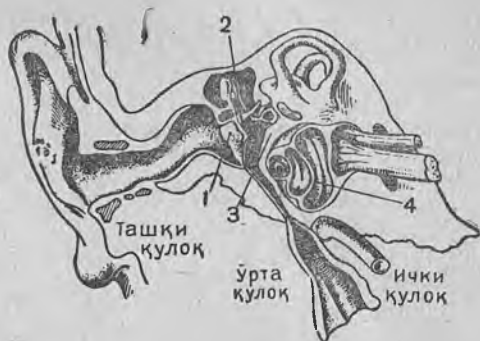
Бундан кейин товуш тўлқинлари оғиз бўшлиғига ўтади. Ҳар бир унли овоз чиқаришда бизнинг оғзимиз маълум бир вазият-

ни олади, бунинг натижасида оғзимиз бўшлиғи маълум бир резонатор бўшлиғи шаклини олади.

**46. Қулоқ физикаси.** Қулоғимиз жуда ҳам кенг частота ва амплитудалар диапазолида ишлайдиган товуш қабул қилувчи мураккаб аппаратдир. Товуш тўлқинлари ташқи қулоғимиз-



82-расм. Гельмгольц резонатори.



83-расм. Одам қулоғининг тузилиши.

га — қулоқ супраимизга келади, бу эса товуш тўлқинларини тўплайдиган рупордир. Қулоқнинг ташқи эшитиш йўлидан ўтган товуш тўлқинлари ташқи қулоқни ўрта қулоқдан ажратадиган қулоқ ноғора пардаси 1 га келади (83-расм). Келган товуш тўлқинларининг таъсирида бу парда шу тўлқинларнинг частотасига мос мажбурий тебранишлар қилади. Қулоқ ноғора пардасининг тебранишлари ричаглар системасидек ишлайдиган ва бир-бирига туташган 2 суякчалар: болғача, сандон ва узанги орқали қулоқ лабиринтининг ички бўшлиғини беркитадиган, овал ойна деб аталадиган 3 ойнага берилади.

Қулоқ лабиринтининг бир қисми суюқликка — эндолимфага тўлган бўлиб, эшитиш нервининг механик таъсирларни тез сезадиган учи лабиринтнинг шу қисмида ётади.

Қулоқнинг ичкарида узунликлари ҳар хил бўлиб, ҳар қайсиси маълум бир тонга созланган бир неча минг (тахминан 4500) толадан иборат 4 асосий мембрана бўлади.

Ички қулоққа келган товуш тўлқинлари асосий мембрананинг шу тўлқинларда бўлган маълум бир тебранишларга мос келган толаларининг тебранишига сабаб бўлади.

Қулоғимизнинг эшитишини юқоридагича баён қилишдан қулоғимиз мураккаб товушдаги, масалан, музыка аккордидаги айрим тонларни ажрата олишининг сабаби тушунилади.

Қулоғимиз битта эмас; бир-бирига ўхшаган иккита қулоғимиз бўлишининг аҳамияти ҳам жуда каттадир. Қулоғимиз иккита бўлганидан биз товуш тўлқинларининг қайси томондан

келганлигини аниқлай оламиз. Бир қулогимизга пахта тиқиб қўйсақ, товушнинг қайси томондан келишини аниқ билолмаймиз. Иккала қулогимиз билан тинглаганимизда бошимизни товуш келаётган томонга қаратиб бура оламиз (84-расм).



84-расм. Иккала қулогимиз билан тинглаганимизда ҳар вақт бошимизни товуш манбаига қарайдиган қилиб буришимиз мумкин.

**47. Товушни ёзиб олиш ва қайта айттириш.** Товушларни ёзиб олиш, сўнгра уларни қайта айттириш мумкинлигини америкалик ихтирочи Эдисон 1877 йилдаёқ топган эди. Товушни ёзиб олиш турмушда жуда кўп қўлланадиган бўлиб қолди.

Ҳозир товушни қайта айттирадиган аппаратлар — граммофон<sup>1</sup> ёки уларнинг ихчам хили — патефонни билмаган одам кам топилди. Товушларни ёзиб олиш ва қайтиб айттириш мумкин бўлиши туфайли овозли кино майдонга келди.

Музика асарлари, докладлар ва ҳикояларни, ҳаттоки бутун бир пьесаларни патефон пластинкаларига ёзиб олиш товуш ёзишнинг оммавий формасига айланиб кетди, бу эса кенг истеъмолчилар учун мўлжалланган.

Товушни ёзиб олишнинг бир неча системаси бор. Бу системалардан бири бўлган механик системанинг принципини Эдисон кашф қилган. Механик система ҳозиргача товушни ёзиб олишнинг асосий системаларидан биридир. Бу система кенг тараққиёт йўлини ўтиб, ҳозир жуда мукаммаллаштирилди.

85-расмда товушни механик усул билан ёзиб оладиган асбобнинг соддалаштирилган схемаси кўрсатилган.

Товуш манбаидан чиққан товуш тўлқинлари (ашулачининг овози, оркестр товушлари ва ҳоказо) *P* рупорга келиб киради, бунга мембрана деб аталган эластик юпқа *M* пластинка маҳкамланган бўлади. Шу тўлқинлар таъсирида мембрана тебранади. Мембрананинг тебранишлари унга боғланган *A* кескичга ўтади, бу кескичнинг учи айланаётган *L* дискда ўйдим-чуқур излар (товуш бороздкаси) чизади. Товуш излари дискнинг четидан марказига қараб спираль бўйлаб юради.

86-расмда пластинкадаги товуш излари тасвирланган (лупадан қараганда бу бороздкалар жуда аниқ кўринади).

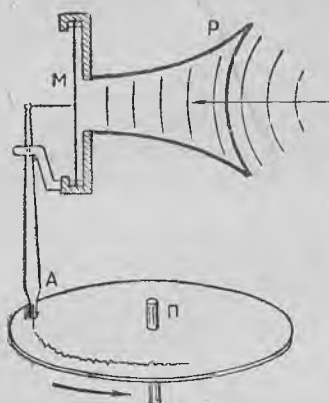
Товуш ёзиб олинадиган диск махсус юмшоқ материалдан қилинади; одатда бу бир қанча минерал мумлар, ўсимлик ва ҳайвон қолдиқларидан қилинган мумлар ҳамда органик моддалардан иборат мум қотишма бўлади. Бу мум дискдан гальванопластик усул билан мис нусха (клише) олинади. сўнгра бу

<sup>1</sup> Граммoфон грекча граммa — ёзиш, фонe — товуш деган сўзлардан олинган.

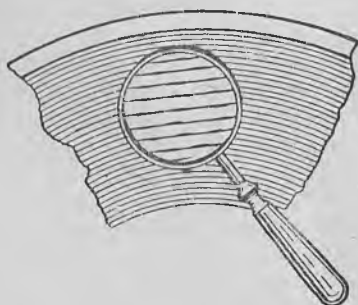
нухани махсус материаллардан қилинган дискларга босадилар. Граммофон пластинкалари ана шундай қилинади.

Товушни қайтиб айттиришда граммофон пластинкаси граммофон мембранасига маҳкамланган нинанинг тагига қўйилади ва айлантирилади.

Нинанинг учи пластинканинг тўлқинсимон изи бўйлаб юриб тебранади; у билан бирликда мембрана ҳам тебранади, бу тебранишлар пластинкага ёзиб олинган товушни анча аниқлик билан қайтиб айтади.



85-расм. Товушни механик усул билан ёзиб олиш схемаси.



86-расм. Пластинкадаги товуш изларининг кўриниши (лупадан қараганда бу бороздкалар аниқ кўринади).

Ҳозирги вақтда махсус аппарат (масалан, магнитофон) ёрдами билан товушни магнит усулида ёзиб олиш<sup>1</sup> кенг авж олган. Товушни магнит усулида ёзиб олиш товушни қайта эшиттиришнинг сифатини шундай юксак даражага кўтардики, у энди товушни ёзиб олишнинг бошқа ҳамма усулларидан устун чиқди.

## 12- машқ.

1. Кузатувчи тикка кўтарилган тоғдан 200 м нарида туриб ўқтин-ўқтин овоз чиқаради. Қанча вақт ўтгандан кейин, у, акси садо эшитади? Товушнинг тарқалиш тезлигини 340 м/сек деб олинг.

2. Бирин-кетин келган иккита товушнинг ораси камида  $\frac{1}{10}$  сек бўлгандагина биз бу товушларни айрим-айрим эшитамиз. Кузатувчи акси садо эшита олиши учун ундан тўсиққача бўлган масофа энг камида қанча бўлиши кераклигини топинг. Товушнинг хаволага тезлигини 340 м/сек деб ҳисобланг.

Товушни магнит усулида ёзиб олиш принципини X синфда электр магнетизмни ўтгандан кейингина тушунтириш мумкин.

3. Овчи ўзи милтиқ отганда чиққан товушнинг акси садосини  $4 \frac{1}{2}$  сек ўтгандан кейин эшитди. Товушни қайтарадиган тўсиқ қандай масофада экан?

4. Роялнинг энг паст ва энг юксак тонлари товуш тўлқинларининг  $0^{\circ}\text{C}$  температурали ҳаводаги узунлигини аниқланг.

5. Товушнинг чўяндаги тезлиги биринчи марга Парижда қуйидагича топилган. Чўян водопровод трубасининг суви чиқарилиб юборилган. Трубанинг бир бошида қўнғироққа урилган; иккинчи бошидаги кузатувчи икки товуш эшитган: аввал чўян бўйлаб келган товушни, сўнгра ҳаводан келган товушни эшитган. Трубанинг узунлиги 931 м, иккала товушнинг эшитилиши орасида ўтган вақт  $2 \frac{1}{2}$  сек бўлган. Ўша сонларга қараб товушнинг чўяндаги тезлигини топинг. Ҳавода товушнинг тезлигини 340 м/сек деб олинг.

---

## СУЮҚЛИК ВА ГАЗНИНГ ҲАРАКАТИ.

48. **Босим.** Босим кучи. Суюқлик ва газларнинг жисм сиртига, масалан, идишнинг деворларига қилган механик таъсири босим деган катталиқ билан ифодаланади. Суюқлик ва газлар механикасида босим асосий тушунчалардан биридир.

*Босим деб юзга таъсир қилган кучнинг шу юзга бўлган нисбати билан ўлчанадиган катталиқка айтилади.*

Босим кучи ҳам ҳар қандай бошқа кучга ўхшаш, жисмларнинг ўзаро таъсир натижасидир; истаган бир ҳолда, масалан, жисмнинг ўз таянч юзига, суюқликнинг идиш деворларига, атмосфера ҳавосининг ерга босимида биз жисмларнинг ўзаро таъсирини кўраемиз.

Босим кучлари юзда ҳам бир текис, ҳам нотекис тақсимланиши мумкин. Улар текис тақсимланганида сиртнинг ҳамма қисмларида босим баравар бўлади. Бу ҳолда босимни қуйдаги формула билан ҳисоблаш мумкин:

$$p = \frac{F}{S},$$

бунда  $p$  — босим,  $F$  — босим кучи ва  $S$  — юз.

Масалан, агар юзи  $50 \text{ см}^2$  бўлган гидравлик пресс поршенига  $200 \text{ кГ}$  куч таъсир қилса, ҳар квадрат сантиметрга  $4 \text{ кГ}$  куч таъсир қилиб, босим  $p = 4 \frac{\text{кГ}}{\text{см}^2}$  бўлади.

*Босим бирлиги қилиб шундай босим қабул қилинадики, бунда юз бирлигига куч бирлиги таъсир қилади.*

Куч бирлиги қилиб  $1 \text{ дина}$ , юз бирлиги қилиб  $1 \text{ см}^2$  олсак, СГС системасидаги босим бирлигини ҳосил қиламиз:  $1 \frac{\text{дин}}{\text{см}^2}$ .

СИ системасида босим бирлиги квадрат метрга ньютон ( $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$ ) бўлади. Кўпинча босим бирлиги қилиб  $0^\circ\text{С}$  температурада баландлиги  $760 \text{ мм}$  симоб устунининг босимига тенг бўлган нормал атмосфера қабул қилинади. Бу босим  $0^\circ\text{С}$  температурада  $760 \text{ мм}$  симоб устунининг  $1 \text{ см}^2$  юзга таъсир қилган босимидир. Бу босим сон жиҳатдан кесим юзи  $1 \text{ см}^2$  бўлган уша симоб устунининг оғирлигига тенг бўлади.



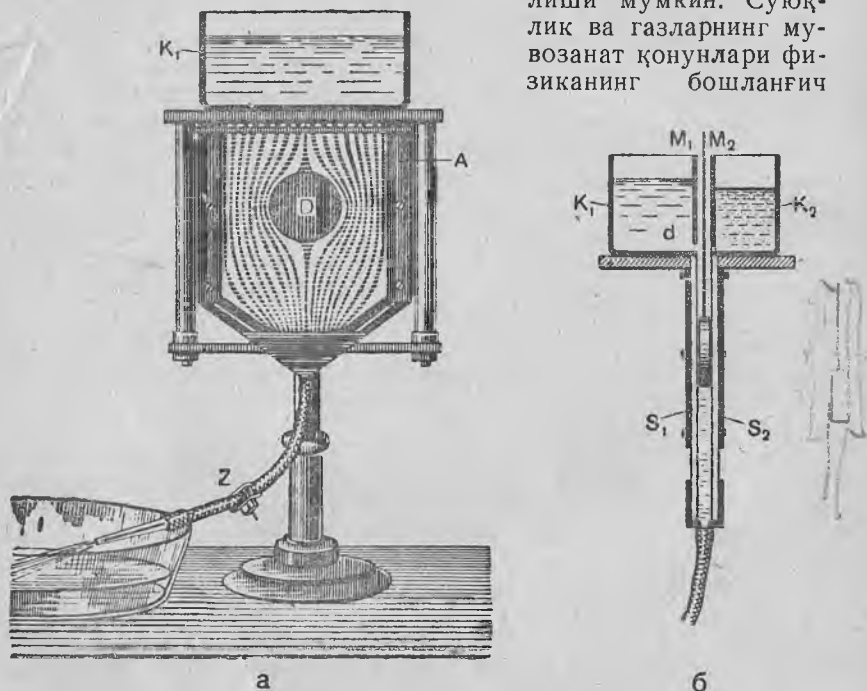
Симобнинг солиштирма оғирлиги  $13,59 \frac{\Gamma}{\text{см}^2}$  эканлигини билиб, нормал атмосферани  $\frac{\Gamma}{\text{см}^2}$ ,  $\frac{\kappa\Gamma}{\text{см}^2}$  ва  $\frac{\text{н}}{\text{м}^2}$  ларда ифода қилайлик;

$$p = 76 \text{ см} \cdot 13,59 \frac{\Gamma}{\text{см}^2} \approx 1033 \frac{\Gamma}{\text{см}^2} = 1,033 \frac{\kappa\Gamma}{\text{см}^2} \approx 1 \cdot 10^5 \frac{\text{н}}{\text{м}^2}.$$

Техникада босим бирлиги қилиб одатда  $1 \frac{\kappa\Gamma}{\text{см}^2}$  қабул қилинади — бу техник атмосферадир.

Босимнинг катталигини ва сиртнинг юзини билганимизда,  $p = \frac{F}{S}$  формулага асосан босим кучини топиш мумкин:  $F = p \cdot S$ .

**49. Суюқликнинг ҳаракатини кузатиш.** Ҳар хил кучлар таъсирида суюқлик ва газлар мувозанатда ёки ҳаракатда бўлиши мумкин. Суюқлик ва газларнинг мувозанат қонунлари физиканинг бошланғич



87- расм. Суюқликнинг ҳаракатини кузатиш учун ишлатиладиган асбоб:  
*a* — олдидан кўриниши, *b* — ён томондан кўриниши.

курсида ўрганилган эди, ҳозир эса биз уларнинг ҳаракатига боғлиқ бўлган баъзи ҳодисаларни текшираемиз.

Газлар билан суюқликлар орасида фарқ булишига қарамасдан, уларнинг ҳаракат қонунларидан баъзилари бир хилдир. Бу

жуда муҳим, чунки суюқликларнинг ҳаракатини кўзга кўринадиган қилиш осонроқ, демак, газларнинг ҳаракатини урганишга қараганда суюқликларнинг ҳаракатини ўрганиш осонроқ.

Суюқликларнинг ҳаракатини текшириш учун махсус асбоблар ишлатилади. 87-а расмда шундай асбоблардан бирининг олдидан кўриниши, 87-б расмда эса ён томондан кўриниши тасвирланган.

Бу асбоб иккита  $S_1$  ва  $S_2$  шиша пластинкадан (87-б расм) ҳосил бўлган ясси  $A$  шиша идишдан иборат (87-а расм), бу пластинкаларнинг ораси 1 мм чамасида. Уст томондан бу шиша пластинкаларга  $M_1$  ва  $M_2$  металл пластинкалар зич тегизиб қуйилган, бу металл пластинкаларга  $K_1$  ва  $K_2$  камералар маҳкамланган. Ҳар бир камера пластинкалар орасидаги бўшлиққа  $M_1$  ва  $M_2$  пластинкалардаги бир қанча тешиклар орқали туташади. ( $M_1$  пластинкада очилган шундай тешиклардан бири —  $d$  тешик кўрсатилган.) Бу пластинкалардаги тешиклар бир-бирига нисбатан бир оз силжиган.

$K_1$  камерага тоза сув,  $K_2$  камерага рангли сув қуйилади.

Тажрибанинг бошида  $K_1$  камерадаги сув  $K_2$  камерадаги сувдан бир оз баландроқ туради. Агар сув оқизиб олинандиган резинка найни бекитган  $Z$  қисқич кранни очсак (87-а расм), аввало  $S_1$  ва  $S_2$  шиша пластинкалар орасидаги бўшлиққа  $K_1$  камерада тоза сув оқади. Аммо камералардаги сувларнинг сатҳи барабарлашган замон асбобга ингичкагина рангли оқим равишида рангли сув ҳам ўта бошлайди. Бу оқимлар оқим чизиқлари деб аталган чизиқлар бўйлаб жойлашади.

Агар  $S_1$  ва  $S_2$  шиша пластинкалар орасига шар ёки цилиндрнинг кесимидан иборат бўлган  $D$  дискини жойлаштирсак, унда бу жисм атрофидаги оқим чизиқларининг манзарасини кузатиш мумкин. Шундай манзара 87-а расмда кўрсатилган.

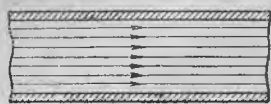
Оқим чизиқлари ёрдами билан суюқлик ва газнинг оқим тезлигини график равишда кўрсатиш мумкин. *Оқим тезлиги катта бўлган жойларда оқим чизиқлари зич, бунинг аксича, тезлик кам бўлган жойларда оқим чизиқлари сийрак бўлиб ўтади.*

**50. Суюқликнинг стационар ҳаракати.** Агар суюқлик труба бўйлаб узлуксиз оқим равишида оқса, унда трубанинг истаган бир кесим юзидан ҳар бир пайтда тенг миқдорда суюқлик ўтади. Суюқликнинг бундай ҳаракати стационар<sup>1</sup> (барқарор) ҳаракат дейилади.

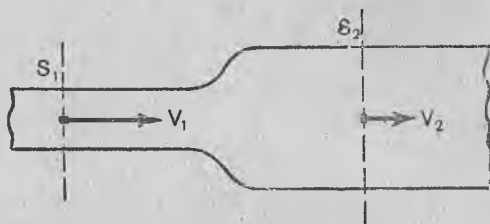
Сувнинг стационар ҳаракати дарёларда, водопровод трубаларида ёки сувнинг катта резервуардан оқиб чиққанида юз бериши мумкин.

<sup>1</sup> Стационар сўзи латинча стационарус деган сўздан олинган бўлиб, доимий, ўзгармас демакдир.

Ҳамма жойида кесим юзи бир хил бўлган трубада суюқлик зарраларининг ҳаракат тезлиги (ишқалиш бўлмаганда) бир хил бўлади; шунинг учун оқим чизиқлари бир-бирига параллел бўлиб, уларнинг зичлиги ҳамма жойида бирдайdir (88-расм). Кесим юзи бир хил бўлмаган трубалардаги ҳаракатда бу тезликлар ҳар хил бўлади.



88-расм. Кўндаланг кесими бутун бўйида бир хил бўлган трубада оқим чизиқлари бир-бирига параллел ва зичлиги бир хил бўлади.



89-расм. Стационар оқимда суюқлик зарраларининг ҳаракат тезлиги труба банинг кўндаланг кесим юзига тескари пропорционал бўлади.

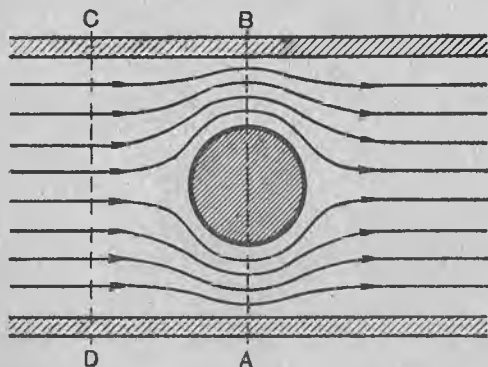
Труба банинг  $S_1$  кесимидаги суюқликнинг оқим тезлигини  $v_1$  билан,  $S_2$  кесимидаги оқим тезлигини эса  $v_2$  билан кўрсатайлик (89-расм). Оқим стационар бўлганда, труба банинг  $S_1$  кесимидан

1 секундда ўтган сувнинг миқдори шу труба банинг  $S_2$  кесимидан ўтган сув миқдорига тенг бўлади; шунинг учун:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

деб ёзиш мумкин, бундан чиқадики,  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$ , яъни **оқим стационар бўлганда суюқлик зарраларининг ҳаракат тезликлари труба банинг кесим юзларига тескари пропорционал бўлади.**

90-расм. Суюқлик цилиндрнинг атрофидан айланиб оққанда оқим чизиқларининг жойлашуви.



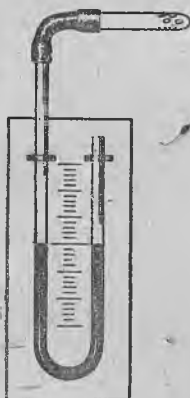
90-расмда суюқликнинг цилиндр атрофидан оқиб ўтиши кўрсатилган. Цилиндрга рўпара келганда оқим чизиқлари эгилади.  $CD$  кесимда суюқлик зарраларининг тезлиги кичикроқ, бунда оқим чизиқлари сийракроқ,  $AB$  кесимда эса суюқлик зарраларининг тезлиги каттароқ, оқим чизиқлари зичроқ. Юқорида баён қилинган фикрларнинг ҳаммаси газларга ҳам тааллуқлидир.

### 13- машқ

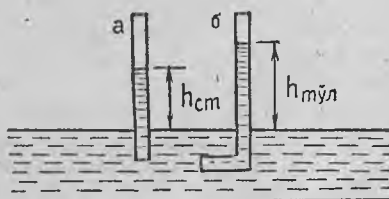
1. Дарёнинг оқими қаерда тезроқ: кенг жойидами ёки тор жойидами? Шунинг сабабини тушунтириб беринг.
2. Қандай аломатларига қараб дарёдаги сувнинг оқимини стационар деб ҳисоблаш мумкин? Бу ҳар вақт шундай бўладими?
3. Нима учун томоша тамом булгандан кейин театр ёки кино залидан чиқётган одамлар оқимини стационар деб ҳисоблаб бўлмайди?

**51. Ҳаракатланаётган суюқликдаги босим.** Оқаётган суюқликда икки хил статик ва динамик босим бўлади. Тинч турган суюқликдаги босим каби, статик босим ҳам суюқликнинг қисилувидан бўлади. Статик босим ўзидан суюқлик оқиб ўтаётган трубанинг деворига бўлган босим тарзида намоён бўлади.

Динамик босим суюқлик оқимининг тезлиги туфайли вужудга келади. Бу босимни пайқай билиш учун суюқликнинг оқишини тормозлаш керак, бу вақтда динамик босим, статик босим каби, деворларга бўлган босим тарзида намоён бўлади.



91- расм. Суйри шаклдаги труба манометрга бириктирилган.



92- расм. Ҳаракат қилаётган суюқликдаги босимни ўлчаш.

*Статик босим билан динамик босимнинг йиғиндиси тўлиқ босим дейилади.*

Тинч турган суюқликда динамик босим нолга тенг, демак, статик босим тўлиқ босимга тенг ва у ихтиёрий бир манометр ёрдамида ўлчаниши мумкин.

Оқаётган суюқликдаги босимни ўлчашда бир қатор қийинчиликлар бор. Масала шундаки, суюқлик ичига туширилган манометр ўзи турган жойдаги суюқликнинг ҳаракат тезлигини ўзгартиради. Бунда, албатта, ўлчанаётган босимнинг катталиги ҳам ўзгаради. Суюқлик ичига туширилган манометр суюқликнинг босимини ўзгартирмаслиги учун у билан бирга ҳаракат қилиши керак. Аммо суюқликнинг ичидаги босимни бу усул билан ўлчаш жуда қийин. Манометрга уланган ңай суюқ-

ликнинг тезлигини деярли ўзгартирмайдиган суйри қилиб яса-  
либ, бу қийинчилик бартараф қилинади (91-расм). Ҳаракат-  
ланаётган суюқлик ёки газларнинг босимини амалда ўлчашда  
ингичка манометрик найлар ишлатилади (92-расм).

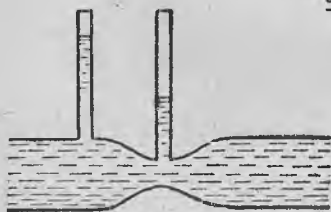
Статик босимни тешигининг текислиги оқим чизиқларига  
92-а расмда кўрсатилгандек параллел қилиб жойлаштирилган  
манометрик най ёрдамида ўлчайдилар. Агар трубадаги суюқ-  
лик босим остида бўлса, суюқлик манометрик найнинг шу жойи-  
даги статик босимга мос келадиган баландликка кўтарилади.

Тўлиқ босимни тешигининг текислиги оқим чизиқларига  
перпендикуляр жойлаштирилган най ёрдами билан ўлчайдилар  
(92-б расм). Бу асбоб Пито найи дейилади. Суюқлик Пито  
найнинг ичига кириб тўхтайтиди. Манометрик найдаги суюқлик  
устунининг баландлиги ( $h_{\text{тўлиқ}}$ ) трубанинг шу еридаги тўлиқ  
босимга мос келади. Бундан кейин биз фақат статик босим  
билан иш курамиз ва статик босимни ҳаракатланаётган суюқ-  
лик ёки газнинг ичидаги босим деб юритамиз.

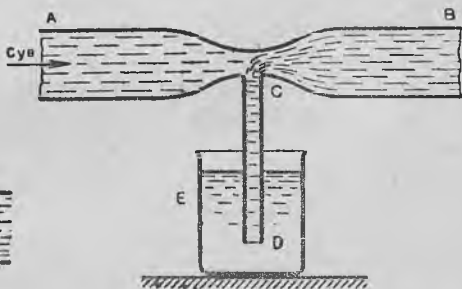
Агар кесими ҳар жойида ҳар хил бўлган трубада оқаётган  
суюқликнинг босимини трубанинг турли жойларида ўлчасак  
(93-расм), трубанинг тор жойида босим кенгроқ жойидагига  
қараганда кам бўлади.

Лекин оқим тезлиги трубанинг кўндаланг кесим юзларига  
тескари пропорционал бўлади; демак, оқаётган суюқликдаги  
босим унинг оқим тезлигига боғлиқ экан.

*Суюқлик тезроқ ҳаракат қиладиган жойлардаги (тру-  
банинг тор жойларидаги) босим бу суюқлик секинроқ ҳа-  
ракат қиладиган жойлардаги (трубанинг кенг жойлари-  
даги) босимга қараганда кам бўлади.*



93-расм. Ҳаракатдаги суюқликда  
каналнинг тор қисмидаги босим  
кенг қисмидаги босимдан камроқ  
бўлади.

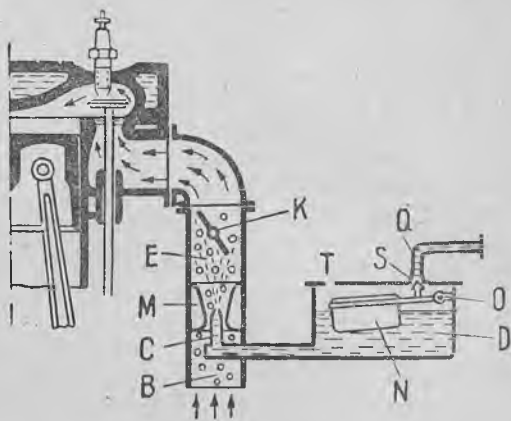


93-а расм. Суюқлик оқимининг  
сўриш таъсирини кузатишда  
ишлатиладиган қурилма.

Тажрибада топилган бу фактни механиканинг умумий қо-  
нунларига асосан тушунтириш мумкин.

Фараз этайлик, суюқлик трубанинг кенг жойидан тор жо-  
йига ўтсин. Бунда суюқлик зарраларининг тезлиги ошади, яъни

улар ҳаракат йўналган томонга қараб тезланиш билан ҳаракат қилади. Ишқалишни назарга олмаганимизда, Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан, суюқликнинг ҳар бир заррасига таъсир қиладиган кучларнинг тенг таъсир этувчиси ҳам суюқлик ҳаракат қилган томонга қараб йўналган бўлади, дея оламиз. Аммо бу тенг таъсир этувчи куч, ҳар бир заррага суюқликнинг шу заррасини ураб олган зарралари томонидан таъсир қилган босимлар орасидаги айирма туфайли майдонга келади ва суюқлик оққан томонга қараб олдинга йўналган бўлади. Демак, заррага орқа томондан таъсир қилган босим олдинги томондан таъсир қилган босимдан кўпроқ бўлади. Демак, трубанинг кенг жойидаги оқимнинг босими тор жойидаги босимга қараганда кўпроқ бўлади. Таърибада ҳам худди шундай бўлди.



94-а расм. Карбюраторнинг тузилиши.

Агар суюқлик трубанинг тор жойидан кенг жойига қараб оқса, бу ҳолда, албатта, суюқлик зарраларининг ҳаракати тор-мозланади. Суюқликнинг ҳар бир заррасига шу заррани ўраб олган зарралар томонидан таъсир қилган кучларнинг тенг таъсир этувчиси ҳаракатга қарама-қарши йўналган бўлади. Бу тенг таъсир этувчи каналнинг кенг ва тор жойларидаги босимлар айирмасидан иборатдир. Демак, трубанинг тор жойидан кенг жойига ўтганда суюқлик зарраси босим кам бўлган жойдан босим кўп бўлган жойга томон қараб ҳаракат қилади.

Шундай қилиб, *стационар оқимда каналнинг тор жойларида суюқликнинг босими кам бўлиб, кенг жойида кўпроқ бўлади.*

49- параграфда кўрсатилгандек, суюқлик оқимининг тезлик-лари график равишда оқим чизиқларининг зичлиги билан тас-вирланади. Шунинг учун суюқлик стационар оқимининг босим кам бўлган жойларида оқим чизиқлари зичроқ чизилиши, бу-нинг аксича, босим катта бўлган жойларида оқим чизиқлари сийрақроқ чизилиши керак. Бу гаплар газ оқимини тасвир қи-лишга ҳам тааллуқлидир.

52. Суюқлик оқимининг сўриш таъсири ва ундан амалда фойдаланиш. Суюқлик ёки газ оқаётган трубанинг бирор жойи-да кесимини торайтирганимизда оқаётган суюқликнинг боси-

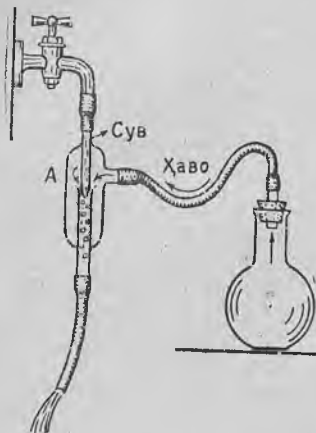
мини атмосфера босимига қараганда анча камайтириш мумкин. Бунда ҳосил буладиган сӯрувчи кучдан техникада баъзи асбобларда фойдаланса бўлади.

Бундай асбобларнинг ишлаш принципи ҳақида 93-а расмда кўрсатилган асбобга қараб тасаввур ҳосил қилиш мумкин.

АВ шиша найнинг тор

жойига CD манометр найчаси

пайвандланиб, унинг D бўш учи рангли сув қуйилган E идишга туширилган. АВ найнинг водопроводга улаб, унда суюқлик оқими ҳосил қилинади. АВ найнинг тор жойида суюқлик маълум бир тезлик билан оққанда, бу жойдаги босим атмосфера босимидан кам бўлиб қолади; бунда рангли суюқлик E идишдан CD найча бўйлаб юқори кўтарилади ва АВ найда оқаётган суюқлик оқими га қўшилади.



Оқимнинг сўриш таъсиридан, асосан, карбюраторда — ички ёниш двигателига ёнувчи аралашма бериш учун ишлатиладиган асбобда қўлланилади.

94-б расм. Сув-шаррали насоснинг тузилиш схемаси.

Содда карбюраторнинг тузилиши 94-расмда кўрсатилган.

Поршеннинг цилиндра ёқилғи сўриладиган юришларида ташқи ҳаво, торайтирилган қисми — *М* диффузори бўлган *В* труба бўйлаб пастдан юқорига ўтади. Диффузорда *С* най (жиклёр) бўлиб, у орқали қалқовичли *Д* камерадан аралаштирувчи *Е* камерага бензин келади. Чанглатувчи *С* найдаги бензиннинг сарф қилинишни қатъий чегаралаш учун трубага жиклёр — кичик калибрли (жуда аниқ ўлчамли) тешик деталь ўрилатилган.

*Д* қалқовичли камерадаги ёқилғи сатҳи пасайганда *Н* қалқович *О* ўқ атрофида айланиб пастга тушади, бекитувчи *С* игнанинг юқори қисми эса ўз эгаридан четлашади. Ёқилғи қалқовичли камерага *Q* канал орқали кела бошлайди. Қалқович қалқиб чиқади ва маълум вақтгача бекитувчи игна бензин тушадиган тешикни қаттиқ бекитиб туради.

Камера қопқоғида *T* тешик борлиги сабабли қалқовичли камерадаги бензин ҳар доим атмосфера босими остида бўлади.

Қалқовичли камера ва жиклёр — туташ идишлардир. Агар камерада бензиннинг сатҳи жиклёр баландлигига тенг ёки паст бўлса, бензин оқмайди. Лекин ҳаво диффузордан ўтганда жиклёр атрофида босим камаяди; қалқовичли камера билан (бундаги босим атмосфера босимига тенг бўлади) диффузорда ҳаво босимлари орасида айирма ҳосил бўлади. Босим айирмаси таъсири остида бензин жиклёрдан исиб чиқарилади ва у ҳаво оқимида чангланади; бензин билан ҳаво аралашмаси ҳосил бўлиб, бу аралашма унинг келишини тартибга соладиган *K* қопқоқдан двигатель цилиндрига ўтади.

94-б расмда сув-шаррали насоснинг схемаси кўрсатилган, бу насос ҳам суюқлик оқимининг сўриш таъсирида фойдалана-

ниб ишлайди. Водопроводдан келган сув *A* трубанинг тор қисмидан ўтади ва шу тор қисмда унинг тезлиги жуда ошиб кетади, бунинг натижасида шу жойдаги босим атмосфера босимидан кам бўлиб қолади. Шу туфайли, ичида ҳавоси бўлган резервуарга туташган най орқали резервуардаги босим *A* трубанинг тор қисмидаги босим билан барабарлашгунча ҳаво сўрилади. Резервуардан сўриб олинган ҳавони сув оқими эр-гаштириб олиб кетади.

#### 14- машқ

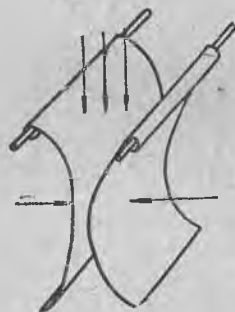
1. Сув қуйилган иккита консерва банкасини бир-бирдан 1 — 2 см узоқликда иккита узун ипга осиб қўйинг. Сўнгра иккала банка орасига қаттиқ пуфланг. Бунда банкалар бир-бирига тортилади. Шунинг сабабини тушунтириб беринг.

2. Иккита тўғри тўртбурчак қаттиқ қоғоз парчаси олиб, 95- расмда кўрсатилгандек букланг-да, симга осиб қўйинг. Сўнгра иккала қоғоз орасига юқори томондан пуфланг. Бунда қоғоз парчалари бир-бирига яқин келади.

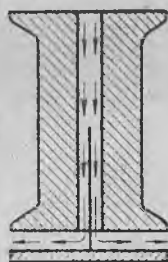
Шу тажрибани қилиб кўринг ва рўй берган ҳодисани тушунтириб беринг.

3. Кичикроқ картоң доира тайёрланг. Шу доирага ип ғалтагини 96-расмда кўрсатилгандек яқин тутиб, ғалтакнинг тешигига қаттиқ пуфланг. Бунда сиз доиранинг ғалтакка тортилганини кўрасиз.

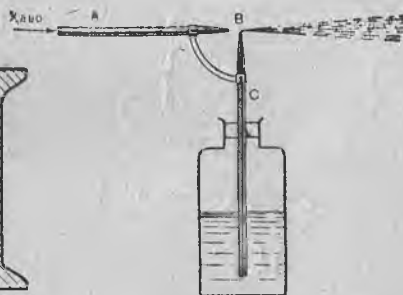
Шу тажрибани қилиб кўринг ва рўй берган ҳодисани тушунтириб беринг.



95- расм. 52- параграфдаги 2- машққа доир.



96- расм. 52- параграфдаги 3- машққа доир.



97- расм. Пульверизаторнинг тузилиш схемаси.

4. 97- расмда пульверизатор деган асбоб кўрсатилган. Агар *A* найдан ҳаво пуфласак, сууюқлик *CB* най бўйлаб кўтарилади ва найдан чиққан жойда чангиб кетади.

Шу асбобни ўзингиз тайёрланг, у билан тажриба қилиб кўринг ва унинг ишлашини тушунтиринг.

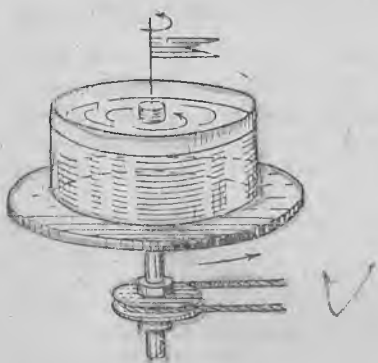
**53. Сууюқлик ва газларда ички ишқалиш.** Агар бир жисм иккинчи жисм устидан сирпанса ёки думаласа, жисмнинг ҳаракатига тўсқинлик қиладиган ишқалиш кучи майдонга келади.



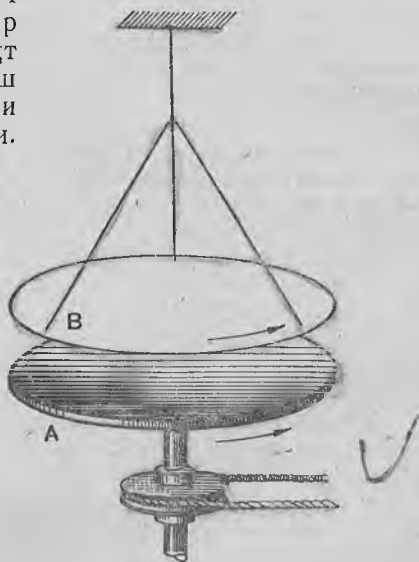
Агар бир-бирига тегиб турган жисмнинг иккаласи ҳам ҳаракат қилаётган бўлса, у вақтда ишқалиш кучи тезроқ ҳаракат қилаётган жисмнинг тезлигини камайтиради, секинроқ ҳаракат қилаётган жисмнинг тезлигини эса оширади.

Бир-бирига нисбатан ҳаракат қилаётган газ ва суюқлик қатламлари орасида ҳам, баъзи қатламларнинг тезлигини оширадиган, баъзилариникини камайтирадиган кучлар пайдо бўлишига тажрибада ишонч ҳосил қилиш мумкин. Бу кучлар ички ишқалиш кучлари ёки ёпишқоқлик кучлари дейлади.

Суюқликнинг ички ишқалишини 98-расмда тасвирланган қурилмада кузатиш мумкин. Кенг идишга қўйилган сувнинг бетида байроқчали кичкина ёғоч цилиндр сузиб юради. Агар идишни айлантирсак, бир оз вақт ўтгандан кейин ички ишқалиш юз бериши сабабли байроқчали цилиндр ҳам айлана бошлайди.



98- расм. Суюқликлардаги ички ишқалишни кузатиш учун ишлатиладиган қурилма.



99- расм. Газлардаги ички ишқалишни кузатиш учун ишлатиладиган қурилма.

Идишни айланишдан тўхтатганимизда цилиндр ўзининг ҳаракатини давом қилдира беради, аммо суюқликда юз берган ички ишқалиш кучлари унинг тезлигини секин-аста нолгача камайтиради. Газларда ҳам ички ишқалиш борлигини худди шу йўсида кўриш мумкин (99- расм). Агар А дискни айлантирсак, унинг устида қимирламасдан осилиб турган В диск ҳам кўп вақт ўтмай ҳаракатга келади.

Айланаётган диск ўзининг сиртига тегиб турган ҳаво қатламини эргаштириб кетади, газлардаги ички ишқалиш туфайли бу қатлам газнинг янада узоқроқда ётган қатламларини ҳара-

катга келтиради. Шу йўсинда ҳаракат қатламдан-қатламга тўхтовсиз ўтади ва, ниҳоят, юқориги дискни илантириб кетиб, уни ҳаракатга келтиради.

### 15- машқ.

1. Трубада оқаётган суюқлик трубанинг қаерида энг катта тезлик билан оқади, қаерида энг кичик тезлик билан оқади?

2. Дарё сувининг тезлиги қаерда каттароқ бўлади: қирғоқ яқинидами ёки ўртасидами? Сувнинг бетига яқин жойдами ёки чуқурдами? Нега шундай? Бунинг сабабини тушутиринг.

3. Қайси суюқлик ёпишқоқ: сувми, глицеринми? Жавобингизни асослаб бериңг.

**54. Жисм суюқлик ва газда ҳаракат қилганда унга бўладиган қаршилик.** Биз тажрибадан биламизки, жисм суюқлик ичида ҳаракат қилганда, суюқлик жисмнинг ҳаракатига тўсқинлик қилади; демак, бунда жисмнинг ҳаракатига қаршилик кўрсатадиган куч майдонга келади. Масалан, тинч турган кўлнинг қирғоғидаги қайиқни туртиб юборсак, у, инерцияси туфайли бир оз сузиб бориб, кейин тўхтади. Сувнинг қайиққа таъсир қилган қаршилик кучи уни тўхтатиб қўяди. Бу гаплар жисмнинг газда ҳаракат қилишига, масалан, автомобиль, велосипед, самолёт ва ҳавода ҳаракат қилаётган бошқа жисмларнинг ҳаракатига ҳам оиддир.

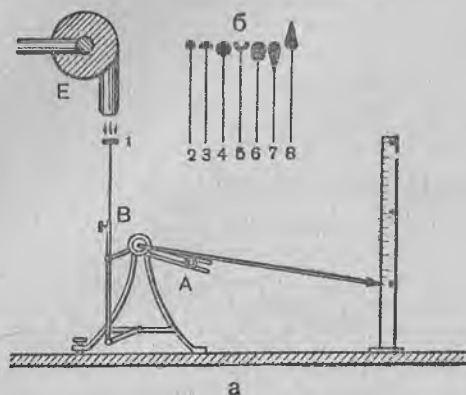
Жисмнинг ҳавода ҳаракат қилишига тўсқинлик қиладиган куч аэродинамик қаршилик (ҳавонинг қаршилиги) дейилади. Жисм ҳавода ҳаракат қиладими, ёки, унинг аксича тинч турган жисмнинг бутун сиртидан ҳаво сирпаниб ўтади, бари бир аэродинамик қаршиликнинг катталиги бунга боғлиқ бўлмаслиги аниқланган.

Аэродинамик қаршиликнинг катталиги нимага боғлиқ бўлишини аниқлайлик. Бунинг учун 100-а расмда кўрсатилган асбобдан фойдаланайлик.

Бу асбобнинг асосий қисми махсус равишда тузилган аэродинамик тарозидир. Тарозининг *B* стерженида уя бўлиб, бу уяга шакли ва ўлчамлари ҳар хил бўлган жисмлар жойлаштирилади. Тажрибанинг бошида *A* юкни нари-бери суриб, тарозининг кўрсатгичи нолга келтирилади. Ҳавонинг ҳаракати махсус *E* электр вентилятор ёрдами билан майдонга келтирилади. Электр двигателдаги токнинг кучини ўзгартириб, тезлиги ҳар хил бўлган ҳаво оқимлари ҳосил қилиш мумкин. Қаршиликлари текшириладиган *1-8* жисмларнинг (100-б расм) оғирликлари баравар. Ҳаммасининг олдинги юзи бирдайдир, бунга фақат жисм *2* кирмайди (олдинги юз — жисмнинг ҳаракатига перпендикуляр йўналишда олинган энг катта кесим юзидир).

Тарозининг *B* уясига *I* дискни жойлаштириб ва ҳаво оқимининг тезлигини ўзгартириб, ҳаво оқимининг тезлиги қанча катта бўлса, қаршилик шунча катта бўлишини кўрсатиш мум-

кин. Шундай тажрибани диаметри кичикроқ бўлган диск билан қилиб кўрганимизда, ҳавонинг тезлиги бир хил бўлганда диаметри кичикроқ бўлган дискнинг камроқ қаршилиқ кўрсатишини аниқлаймиз; олдинги юзлари барабар бўлишига қарамасдан шарнинг қаршилиги диаметри шунча бўлган дискнинг қаршилигидан камроқ бўлади. Айниқса, оқимга ботиқ томони билан қарши қўйилган ярим шарнинг қаршилиги катта бўлади. Шунинг учун парашютлар ярим шар шаклида қилинади.



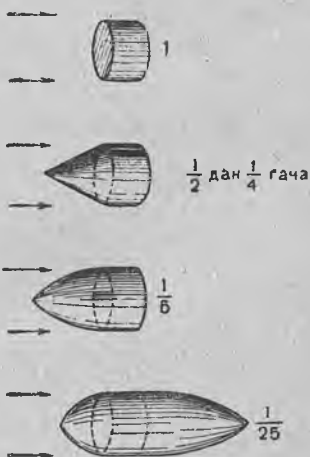
100-рasm. Аэродинамик тарози.

жисмга нисбатан бўлган тезлигига, жисмнинг шаклига ва унинг олдинги юзининг катталигига боғлиқ экан, деган хулосага келишга имкон беради.

Жисм шаклининг аэродинамик қаршилиқнинг катталигига таъсири 101-рasmда яққол кўрсатилган. Бунда қаршилиқ бирлиги қилиб цилиндрнинг қаршилиги олинган. Цилиндрга көнуссимон қалпоқ кийгизсак, конуснинг бурчаги қандай бўлишига қараб у, қаршилиқни  $\frac{1}{2}$  дан  $\frac{1}{4}$  гача камайтиради, тухумсимон қалпоқча ўрнатилса, қаршилиқ  $\frac{1}{5}$  гача камаяди. Ниҳоят, цилиндрни томчи шаклига ёки балиққа ўхшатиб қўйсак, қаршилиқ  $\frac{1}{25}$  гача тушади.

55. Жисмнинг бутун сиртидан суюқлик ёки газнинг сирпаниб ўтиши. Жисмнинг бутун сиртидан суюқлик ёки газнинг сирпаниб ўтиши учун энг қулай жисм шундай шаклдаги жисм бўладики, унинг олдинги юзи маълум бир катталиқда бўлганда қаршилиқ энг кам бўлади.

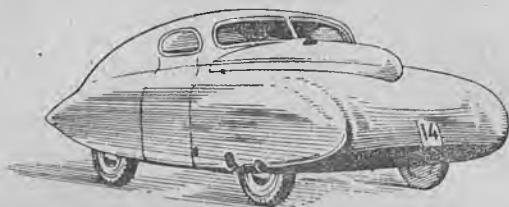
Мумкин қадар силлиқланган, чиқиб турган жойлари бўлма-



101-рasm. Жисм шаклининг аэродинамик қаршилиқ катталигига таъсири.

ган, олдинги томони юмалоқланган, орқа томони учлик шаклдаги жисм—жисмнинг бутун сиртидан суюқлик ёки газнинг сирпаниб ўтиши учун энг қулай шаклдир. Снарядлар, сувости кемалари, торпедалар, пойга автомобиллари, самолётларнинг корпуси ва қанотлари, кемаларнинг сувости қисмлари шундай шаклда қилинади.

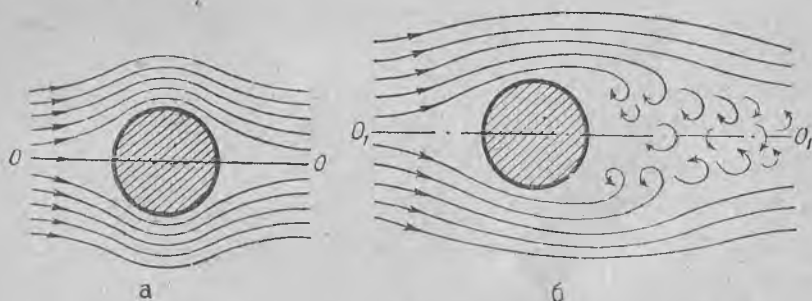
102- расмда ҳаво кам қаршилиқ кўрсатадиган суйри шаклдаги автомобиль тасвирланган.



102- расм. Суйри шаклдаги пойга автомобили.

Энди жисм газ ёки суюқлик унинг бутун сиртида сирпаниб ўтиши учун энг қулай шаклда бўлганда қаршилиқнинг камайиши қандай физик процессларга боғлиқ бўлишини аниқлайлик.

Бунинг учун суюқлик оқимиға ҳар хил шаклли жисмларни жойлаштирайлик ва оқимнинг тезлигини ўзгартириб, суюқлик бу жисмларнинг бутун сиртидан сирпаниб ўтганда ҳосил бўлган оқим чизиқларининг манзарасини кузатайлик.

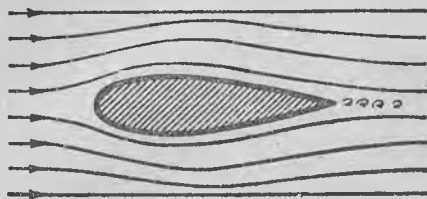


103- расм. Суюқликнинг цилиндр атрофидан оқиб ўтиши: *a* — тезлик катта бўлмагандаги оқим; *b* — тезлик ошганда цилиндрнинг орқасидаги суюқлик уярма ҳаракатга келади.

103- расмда суюқлик оқими цилиндрнинг бутун сиртидан ҳар хил тезлик билан сирпаниб ўтганда ҳосил бўладиган оқим чизиқларининг манзараси тасвир қилинган. Суюқлик цилиндрнинг бутун сиртидан кичик тезлик билан сирпаниб ўтаётганида (103-*a* расм) оқим чизиқлари цилиндрнинг атрофидан ўтиб,

унинг олдинги томонида қандай жойлашган бўлса, орқасида ҳам шундай жойлашади. Сууюқликнинг цилиндрининг бутун сиртидан сирпаниб ўтиш тезлиги ошган сари цилиндрининг орқасидаги сууюқлик уярма ҳаракатга келади (103- б расм).

Уярмада айланаётган сууюқлик стационар оқимдаги сууюқликка қараганда тезроқ ҳаракат қилади. Аммо биз биламизки (52- параграф), сууюқлик қанча тез ҳаракат қилса, ундаги босим шунча кам бўлади (сууюқлик оқимининг сўрувчи таъсирини эсингизга олинг).



104-расм. Суйри шаклдаги жисм атрофидаги оқим чизиқлари. Бундай жисмнинг орқасида уярма деярли ҳосил бўлмайди.

Демак, цилиндрининг уярма ҳосил бўлган орқа томонидаги босим олдинги томондагига қараганда камроқ бўлади. Ҳаракат қилаётган жисмнинг олдинги томонидаги босим билан орқа томонидаги босим орасидаги айирма жисмнинг ҳаракатига бўладиган қаршиликни майдонга келтиради.

Бу қаршиликка яна сууюқликнинг ичида бўладиган ишқалиш натижасида пайдо бўладиган қаршилик қўшилади, бу ишқалиш ҳаракат қилаётган жисм сууюқлик қатламларини ўзига эргаштириши сабабли рўй беради. Бироқ ўлчашлар бу қаршилик кам бўлишини кўрсатади, катта тезликларда унинг аҳамияти қолмайди.

Демак, *сууюқликнинг ҳаракат қилаётган жисмга қаршилик кўрсатишининг энг асосий сабаби, ҳаракат қилаётган жисмнинг орқасида уярмалар ҳосил бўлишидир.* Шунинг учун бу қаршиликни камайтириш мақсадида жисмни сууюқликнинг уярмаланиши энг кам бўладиган шаклда яшаш керак.

Суйри шаклдаги жисмнинг ҳаракат қаршилигининг кам бўлиши сабаби шундаки, сууюқлик унинг ҳамма сиртига тегади, орқасида эса уярмаланмайди.

104- расмда суйри шаклдаги жисм атрофидаги оқим чизиқларининг манзараси тасвир қилинган. Бундай жисмнинг орқасида уярма деярли ҳосил бўлмайди.

**56. Кўтариш кучи.** Жисм ҳавода ҳаракат қилганда унинг ҳаракатига бўлган қаршиликдан ташқари яна бошқа кучлар ҳам майдонга келади. Айниқса кўтариш кучи деб аталган кучнинг аҳамияти каттадир.

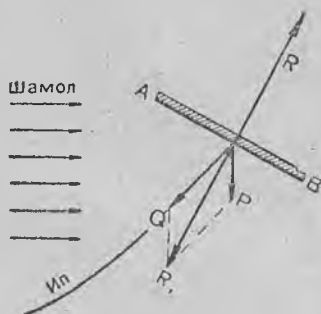
Қуш ҳавода бемалол парвоз қилади. Ўқ теккан қуш таппа йиқилади. Нега шундай? Қушни ҳавода қандай куч ушлаб туради?

Бу масалага одамлар жуда қадим замонлардан буён қизиққан. Одамлар қушларга ўхшаб оз вақт ичида узоқ жойларга бемалол учиб боришга имкон берадиган ясама қанотлар қи-

лишни орзу, хаёл қилганлар. Бироқ самолётлар қурилиб, бу орзулар амалга ошгунча кўп вақт ўтди.

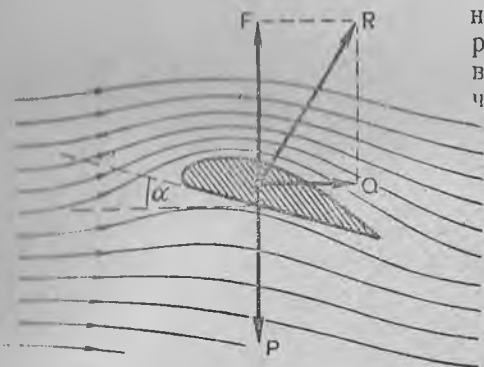
Самолёт қанотининг кўтариш кучи масаласини текширишга киришишдан олдин, умуман жисм ҳавода ҳаракат қилганда уни кўтарадиган кучнинг қандай пайдо бўлишини яққол кўрсатадиган оддий бир мисолни кўрайлик. Шамолда учаётган варракка қандай кучлар таъсир қилишини текширайлик (105-расм).

Варракнинг  $AB$  сиртига урилиб қайтган ҳаво оқими унинг юзига  $R$  куч билан таъсир қилади. Бундан ташқари, варракка унинг ўзининг оғирлик кучи  $P$  ва ипнинг таранг тортилиш кучи  $Q$  таъсир қилади; бу кучларнинг натижаловчиси  $R_1$  бўлади.  $R$  ва  $R_1$  кучлар бир-бирига тенг бўлганда варрак ҳавода учadi; агар  $R$  куч  $R_1$  кучдан катта бўлса, варрак кўтарилади. Шундай қилиб, варрак ҳавонинг горизонтал оқими-ни қия равишда пастга томон оғдириб, ўзи ҳавонинг юқорига йўналган кучи таъсирига учрайди, бу куч уни ҳавода учиради.

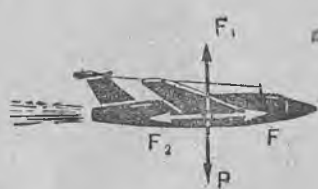


105-расм.  $AB$  варрак учганла унга таъсир қиладиган кучлар.

Самолёт учганда унинг қанотига таъсир этадиган кўтариш кучининг ҳосил бўлиши варракдагига қараганда анча мураккаб ва бошқачадир.



106-расм. Самолёт қанотида кўтариш кучининг ҳосил бўлиши.



107-расм. Самолёт горизонтал вазиятда текис учганда унга таъсир қиладиган кучлар.

Самолёт қанотининг кесими 106-расмда кўрсатилган. Тажриба самолётнинг кўтарилиши учун, унинг қанотини шу қанотнинг пастки чизиғи билан учиш йўналиши орасида маълум бир  $\alpha$  бурчак<sup>1</sup> ҳосил бўладиган қилиб ўрнатиш кераклигини кўрсатди. Горизонтал учишда бу бурчак  $1-1,5^\circ$  дан ортиқ

<sup>1</sup> Бу бурчак баландлик рули ёрдами билан ўзгартирилади.

бўлмайдди, қўнишда эса  $15^\circ$  чамасида бўлади. Бурчак шундай бўлганда қанотнинг устки томонидан ўтувчи ҳаво оқимининг тезлиги пастдан утувчи ҳаво оқимининг тезлигига қараганда каттароқ бўлар экан. 106-расмда бу тезликлар айирмаси оқим чизиқларининг ҳар хил зичликлари билан кўрсатилган.

Лекин, 51-параграфда кўрсатилганидек, оқим тезлиги катта бўлган жойда босим кам, бунинг аксича, оқим тезлиги кам бўлган жойда босим катта бўлади. Шунинг учун самолёт ҳавода учганида унинг қанотининг устки юзида босим кам бўлиб, пастки юзида эса кўпроқ бўлади. Бу босим айирмаси қанотга юқорига қараб таъсир қиладиган  $R$  кучни майдонга келтиради (106-расм).

Бу кучнинг вертикал ташкил этувчиси  $F$  жисмининг оғирлиги  $P$  га қарама-қарши йўналган кўтариш кучи бўлади. Агар бу куч самолётнинг оғирлигидан катта бўлса, самолёт юқори кўтарилади. Иккинчи ташкил этувчи  $Q$  рўпара қаршилиқ бўлиб, бу қаршилиқни парракнинг тортиш кучи енгади.

107- расмда самолёт горизонтал равишда бир текис учганда унга таъсир қиладиган кучлар кўрсатилган. Бунда  $F_1$  — кўтариш кучи,  $P$  — самолётнинг оғирлиги,  $F_2$  — рўпара қаршилиқ ва  $F$  — парракнинг тортиш кучи.

Самолётлар қуриш ва ҳисоблаш ишлари аэродинамика назарияси асосида бажарилади. Бу назарияни яратишда бизнинг машҳур олимимиз Н. Е. Жуковский ва унинг шогирдлари катта хизмат кўрсатдилар.



**Жуковский Николай Егорович** (1847 — 1921) — ҳозирги замон гидро ва аэродинамикасининг асосини солган ажойиб рус олими, „рус авиациясининг отаси“ (В. И. Ленин уни шундай деб атаган). У, самолётларнинг кўтариш кучини аниқлаш формуласини тузиб берди. Бу формула самолёт қуриш ҳисобларининг асосидир. Жуковский суёқликлар ҳаракатининг қонуниятини текширишда кўп муҳим ишлар қилдики, булар амалда кўп қўлланиладиган бўлди.

Авиация тараққиётининг тонгидаёқ Жуковский: одамнинг қаноти йўқ ва у, уз оғирлигининг мускуллари оғирлигига нисбати жиҳатидан қараганда қўшлардан 72 марта заифроқ.

Аммо мен, одам ўз мускулларининг кучига таяниб эмас, балки ақли, фаҳмига таяниб учади деб уйлайман, деган. Кўп вақт ўтмасданок, унинг башорат қилиб айтган сўзлари ҳақиқатга айланди.

Авиациянинг тараққиёти соҳасида бизнинг мамлакатимиз катта ишлар қилди. Биринчи самолётни рус офицери А. Ф. Можайский қурди. Ҳозирда ҳам авиация соҳасидаги кўп му-

ваффақиятларда бутун дунё миқёсидаги биринчиликни олган мамлакат бизнинг Ватанимиздир.

Мамлакатимизнинг хўжалик турмушида авиациянинг аҳамияти жуда каттадир. Мамлакатимизнинг энг узоқ жойларини хўжалик ва маданият марказлари билан боғлаб, юк ва пассажирлар ташиб, мамлакатимиз осмонда мингларча самолётлар учмоқда.

#### 16-машқ.

1. Узунлиги 15—20 см, диаметри 4—5 см бўлган кичкина қоғоз цилиндр тайёрланг ва унинг учларига диаметри цилиндр диаметридан бир оз каттароқ бўлган дисклар ёпиштиринг. Цилиндрга тасманинг бир қисмини (0,5—0,75 м узунликда) ўранг, буш учини эса бир чўпга боғланг. Цилиндрни стол устига қўйиб, чўпнинг учини чапдан уннга қараб тез тортинг (108 расм). Цилиндр стол бўйлаб ғилдирайди, сўнгра юқори кўтарилиб кетиб, кейин пастга тушади.

Шу тажрибани ўзингиз қилинг ва цилиндрнинг нима учун юқори чиқishiни тушутиринг.

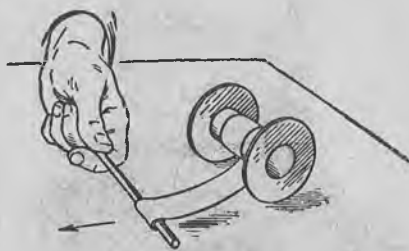
2. Бундан олдинги машқла баён қилинган цилиндрни столга шундай қўйишги, цилиндрга ўралган тасмани бирданга горизонтал йўналишда тортишда тасма цилиндрдан 108-расмда кўрсатилгандек пастдан эмас, юқоридан чиқishi, Цилиндрнинг қандай ҳаракат қилишини кузатиш, уни баён қилинг ва тушутириб беринг.

**57. Оқар сув энергиясидан фойдаланиш.** Оқар сувнинг энергиясидан инсоният хилма-хил мақсадларда мингларча йиллардан буён фойдаланиб келмоқда,

Ердаги сув энергиясининг запаси ғоят кўп. Аниқ бўлмаган дастлабки ҳисоблашларга кўра фақат Совет Иттифоқининг ўзида тахминан 300 млн. квт қувват берадиган сув энергияси запаси бор, буни электр энергиясига айлантирганда йилига оз деганда 2000 млрд. киловатт-соат бўлади.

Буюк „сув айланиши“ қуёш нурлари туфайли рўй беради. Кўл, денгиз ва океанларнинг сувлари буғланиб юқори кўтарилади ва булутлар ҳосил бўлади. Булардан ёмғир ёки қор ёғиб, бу ёгин сувлардан ариқ ва дарёлар пайдо бўлади, булар денгизларга ва океанларга оқди ва яна буғланади. Тоғлардан оққан сувлар, ҳар бир ариқ, ҳар бир дарё фойдаланиш мумкин бўлган энергия манбаидир.

Сув энергияси запаслари ғоят кўп бўлишига ва одамлар ундан кўпдан буён фойдаланиб келишига қарамасдан фақат кейинги вақтларда сув энергияси саноатда катта аҳамиятга эга бўлиб қолди ва „оқ кўмир“ деган номни олди. Айниқса Совет Иттифоқида „оқ кўмир“ дан фойдаланиш масаласига катта аҳамият берилмоқда.



108-расм. 56-параграфдаги 16-машққа доир.



Совет Иттифоқи энергетика масалалари соҳасида қуввати ўнларча, юзларча, мингларча, ҳаттоки миллионларча киловатт бўлган ғоят кучли гидроэлектр станциялар қуриш йўли билан „оқ кўмир“ энергиясидан максимал фойдаланиш масаласини биринчи навбатдаги масалалар қаторига қўйди. Бизнинг мамлакатимизда социалистик тузум туфайли бу масала муваффақиятли равишда ҳал қилинаётир. Ҳозирдаёқ бизда бир неча ғоят катта гидроэлектр станциялар ишламоқда; булардан энг каттаси қуввати 648 000 *квт* бўлган В. И. Ленин номидаги Днепр гидроэлектр станциясидир. 1952 йилда Донда қуввати 160 000 *квт* бўлган Цимлянск гидроэлектростанцияси ишга туширилди. Ер юзидан энг катта электр станциялардан бўлган Волгадаги электр станциялар: 2 300 000 *квт* қувватли В. И. Ленин номидаги Волга гидроэлектр станцияси ва 2 530 000 *квт* қувватли КПСС XXII съезди номидаги Волга гидроэлектр станцияси қурилиб ишга туширилди. Бу станциялар мамлакатимизга яна миллион-миллион киловатт-соат электр энергия беради. Ангара, Иртиш, Енисей, Обь ва бошқа дарёларда ҳам жуда қувватли гидроэлектр станциялар қурилмоқда.

**58. Гидравлик двигателлар.** Механикадан маълумки, кўтариб қўйилган ҳар қандай жисмнинг потенциал энергияси бўлади. Бу гап сувга ҳам оиддир.

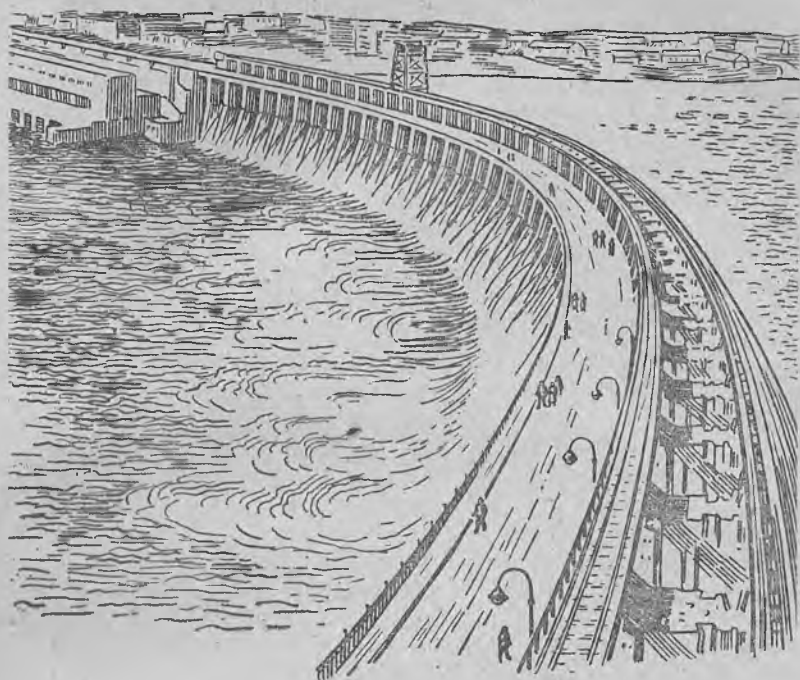
Масалан, агар маълум бир текисликдан  $h$  баландликка кўтарилган  $m$  миқдорда сув бўлса, бу сувнинг ўша текисликка нисбатан  $mgh$  потенциал энергияси бўлади. Агар бу сув  $h$  баландликдан тушса, унинг зарралари  $v = \sqrt{2gh}$  тенгликдан аниқланадиган  $v$  тезликка эга бўлади. Бунда сувнинг потенциал энергияси  $\frac{mv^2}{2}$  кинетик энергияга айланади. Агар бу айланиш вақтида энергиянинг муқаррар юз берадиган, унча катта бўлмаган исрофини эътиборга олмасак,  $mgh = \frac{mv^2}{2}$  деб ёзиш мумкин.

Сув манбаининг қуввати сувнинг тушган  $h$  баландлигигагина боғлиқ бўлмасдан, 1 секундда оқиб ўтган сувнинг миқдорига ҳам боғлиқ бўлади. Масалан, агар бир секундда  $Q$   $m^3$  сув, яъни 1 000  $Q$   $кг$  сув оқиб ўтса, бу сув  $h$  баландликдан тушганда

$$\frac{1\,000 \cdot Q \cdot h}{75} \text{ о. к.}$$

га тенг қувват беради.

Табиатда кўп миқдордаги сувнинг анча баланд жойдан бевосита тушуви кам учрайди. Кўпинча сойлари унча нишаб бўлмаган дарёлардан фойдаланишга тўғри келади. Бундай ҳолларда гидравлик двигателларнинг ишлаши учун зарур бўлган босим ҳосил қилиш мақсадида сувни тўғон қуриб кўтаришга тўғри келади. Агар дарёнинг кўндалангига тўғон қурилса, тўғон олдида дарё сувининг сатҳи кўтарилади.



109-расм. В. И. Ленин номидаги Днепр гидроэлектр станцияси тўғонининг кўриниши.

109-расмда В. И. Ленин номидаги Днепр гидроэлектр станциясининг тўғони тасвирланган. Сувнинг энг кўп кўтарилиш баландлиги 51 метрга яқин, тўғоннинг умумий узунлиги 760 метр чамасида.

Сув манбаининг энергияси ҳисобига гидравлик двигателлар ёрдами билан механик иш бажариш мумкин, бу двигателлар сувнинг ҳам потенциал энергиясидан, ҳам кинетик энергиясидан фойдалана олади. Сув энергиясининг бир-турдан иккинчи турга айланишида иш шу иккала усулнинг қайсиси билан бажарилса ҳам двигатель валига бу энергиянинг бир қисмигина берилади.

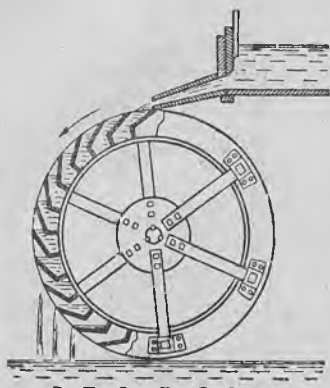
Энг оддий ва энг қадимги двигателлардан бири новли паррак—чархпалақдир. 110-расмда асосан сувнинг потенциал энергиясидан ва фақат қисман кинетик энергиясидан фойдаланадиган новли парракнинг кўндаланг кесими кўрсатилган. Бундай парракнинг фойдали иш коэффициенти тахминан 40% бўлиб, қуввати эса унча катта бўлмайди. Ҳозир бундай парраклар кам қурилади.

Энг мукаммаллашган гидравлик двигателлар сув турбиналари дир. Бундай турбиналарда сув ўз тезлигининг кат-

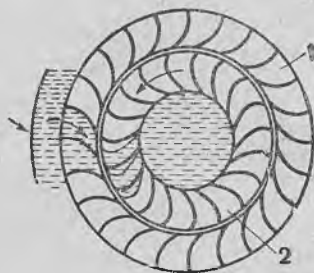
талиги ва йўналишини ўзгартириш билан энергиясини ғилдиракка секин-аста беради.

Ҳозир қуриладиган ва ишлатилаётган турбиналар реактив ва актив турбиналарга бўлинади.

111-расмда сувнинг реактив турбинадан ўтиш схемаси тасвирланган. Бу турбинанинг ишчи ғилдираги 2 бурилма кураклари бўлган йўналтирувчи 1 ғилдиракнинг ичига жойлаштирилган бўлади. Йўналтирувчи ғилдирак кураklarини буриб турбинадан ўтадиган сувнинг миқдори кераклигича ўзгартирилади.



110-расм. Новли парракнинг тузилиш схемаси.



111-расм. Сувнинг реактив турбинадан ўтиш схемаси.

Йўналтирувчи ғилдиракнинг кураklarидан ўтган сув ишчи ғилдиракнинг кураklarига катта тезлик ( $v_0$ ) билан урилади, улардан ўтиб, тезлиги анча камаяди ва сув чиқиб кетадиган трубага анча кам ( $v$ ) тезлик билан боради. Сув массаси  $m$  бунда ишчи ғилдиракка:

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} = A$$

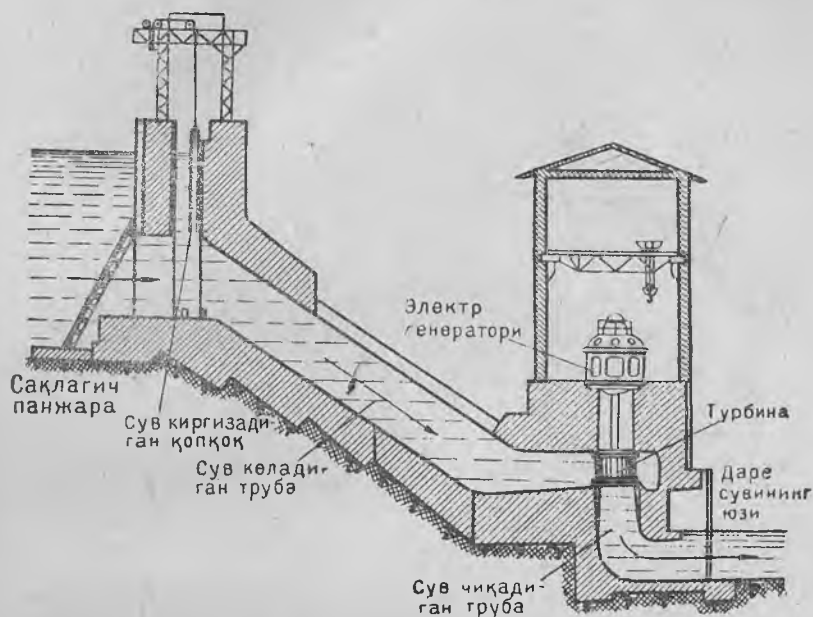
энергия беради.

112-расмда реактив турбинанинг гидроэлектр станцияда ўрнатилиш схемаси, 113-расмда катта реактив турбинанинг ишчи ғилдираги айрим кўрсатилган. В. И. Ленин номидаги Волга ГЭС учун заводларимизда тайёрланган турбиналарнинг қуввати 115 минг киловатт чамасида. Бундай турбина ишчи ғилдирагининг диаметри 9,3 м бўлиб, турбинанинг умумий оғирлиги эса тахминан 1500 Т келади.

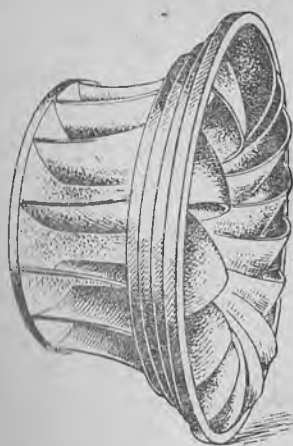
Реактив турбиналар ҳар хил баландликлардан (0,5 м дан тортиб 250 м гача бўлган баландликлардан) тушадиган сувнинг босимида ишлатилади. Уларнинг фойдали иш коэффициентини 94,5% га боради.

114-расмда актив турбинанинг ишлаш схемаси кўрсатилган. Сув келишини тартибга соладиган игна жойлаштирилган

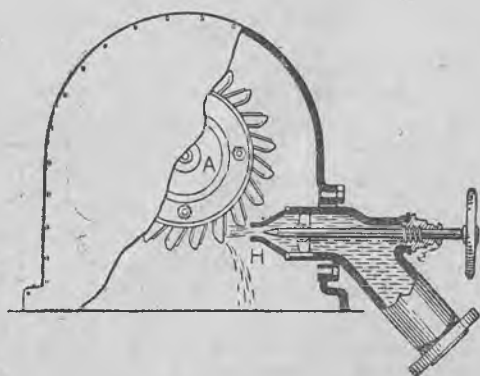
$H$  насадкадан (соплодан) чиққан сув ичкари томонида пичоқлари булган кураклар ўрнатилган ишчи  $A$  гилдиракка келади (бу гилдирак 115-расмда айрим кўрсатилган). Куракларга гил-



112-расм. Гидроэлектр станцияда реактив турбинанинг ўрнатиш схемаси.

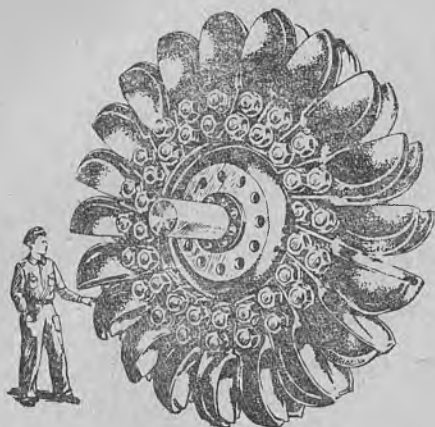


113-расм. Кучли реактив турбина ишчи гилдирагининг кўриниши.



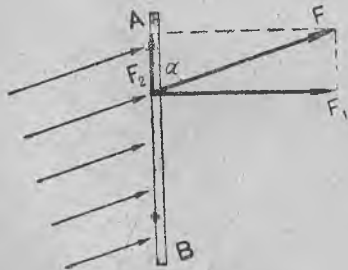
114-расм. Актив турбинанинг ишлаш схемаси.

диракнинг тўғинига деярли уринма равишда келган сув оқimini пичоқлар кесади, сув икки томонга оқиб кетади. Бунда сув-кинетик энергиясини ғилдиракка бериб, тезлигини йўқотади; шу энергия ҳисобига турбина иш бажаради.

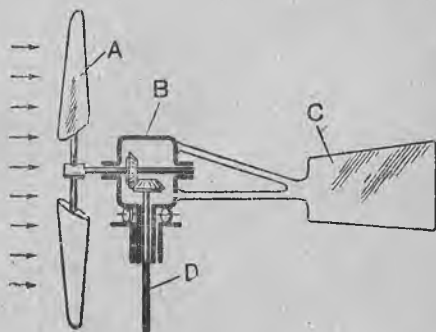


115-расм. Кучли актив турбина иш ғилдирагининг кўриниши.

Шамол арзон энергия манбаю, афсуски, доим бир хил бўлиб турмайди. Шунинг учун ҳозиргача ундан кам фойдаланилади. Фақат кейинги йилларда яна ундан sanoatда, айниқса қишлоқ хўжалигида фойдаланишга қизиқа бошладилар.



116-расм.  $AB$  пластинкага шамол томондан таъсир қиладиган кучлар.



117-расм. Қанотли шамол двигателнинг тузилиш схемаси.

Тажрибалардан, шамолга перпендикуляр жойлаштирилган юзга таъсир қилган шамолнинг босим кучи шамолнинг тезлигига, шамол таъсир қилган юзнинг шакли ва катталигига боғлиқ бўлиши топилган.

Мисол учун, шамол  $AB$  пластинкага маълум бир  $\alpha$  бурчак ташкил қилиб  $F$  куч билан таъсир қилсин (116-расм). Бу кучни иккита ташкил этувчи



118-рәсм. Шамол тегирмон (чапда) ва қуввати 100 квт булган шамол электр станцияси.

$F_1$  ва  $F_2$  кучларга ажратайлик.  $F_2$  куч  $AB$  пластинка бўйлаб йуналаган бўлиб пластинкага таъсир қилмайди.  $AB$  пластинкага фақат  $F_1 = F \cdot \sin \alpha$  куч таъсир қилади. Шамол йуналиши билан пластинка юзи орасидаги бурчак  $90^\circ$  га қанча яқин бўлса, пластинкага бўлган босим ҳам шунча кўп бўлади. Агар  $AB$  пластинка ўққа урнатилган бўлса, босимнинг ташкил этувчиси бўлган  $F_1$  куч таъсири остида пластинка айланади.

Шамол двигателларидан бир хилининг схемаси 117-расмда кўрсатилган.

Унинг асосий қисмлари: а) бир нечта қанотдан иборат  $A$  шамол паррак, б)  $B$  головка — шамол парракнинг айланишини ишлайдиган механизм билан боғланган вертикал  $D$  валнинг яна ҳам тезроқ айланишига кўчирадиган механизм, в) шамол парракни шамолга қаратувчи қурилма, масалан,  $C$  дум.

Ҳозирги замон шамол двигателларида, шамолнинг йўналиши ўзгарганда ишлайдиган филдиракни ўз-ўзидан бурадиган асбоблар бўлади.

118-расмда эски шамол тегирмон (чапда) ва қуввати 100 *квт* бўлган ҳозирги замон шамол электр станцияси кўрсатилган.

---

ИККИНЧИ БЎЛИМ  
МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА ВА ИССИҚЛИК

---

11.5 2.e  
V B O B

**МОДДА ТУЗИЛИШИНИНГ МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК  
НАЗАРИЯСИ АСОСЛАРИ**

**60. Молекуляр-кинетик назариянинг ривожланиши.** *Молекуляр-кинетик назария деб жисмларнинг хоссалари уларнинг молекула ва атомларининг ўзаро таъсири ва ҳаракатидан келади, деб тушунтирадиган таълимотга айтилади.*

Модда молекуляр-кинетик назарияси таянган асосий қонунлар жуда қадим замонлардаёқ айтилган эди. Қадимги Грециянинг машҳур мутафаккирлари Демокрит ва Левкипп бундан 2300 йил илгари, ҳамма моддалар майда зарралардан—атомлардан тузилган ва бу атомлар ҳар хил бўлиши мумкин, деб ўргатдилар.

Худди шу фикрларни юз йил ўтгандан кейин Эпикур, бирмунча кейинроқ „О природе вещей“ деган машҳур поэма-сида қадимги Рим шоири ва мутафаккири Лукреций ҳам айтган.

Антик атомистларнинг идеялари кўп вақтлар эсдан чиқиб қолди. Черков модданинг атом-молекуляр тузилиши идеяларини ривожлантирган олимларни таъқиб қилди. Бу жиҳатдан қуйидаги тарихий факт ибратлидир. Модда молекуляр-кинетик назарияси материалистик қарашларга асосланган бўлгани учун 1626 йилда Париж парламенти бу идеяларни тарқатишни ўлим жазоси билан қўрқитиб тақиқ қилган декрет чиқарди.

Черковнинг таъқиб қилишига қарамасдан антик атомистларнинг бу порлоқ фикрлари, тўғрироғи фаразлари XVII асрнинг ўрталарида янгидан тарқалди ва яна ривожланди. Бу идеялар ҳақиқий илмий назарияга эса фақат XVIII асрда айланди.

Модда молекуляр-кинетик назариясининг асосчиларидан бири буюк рус олими М. В. Ломоносовдир.

„Элементы математической химии“ ва „О нечувствительных физических частицах“ деган иккита асарида Ломоносов модда тузилишининг атом-молекуляр назарияси асосларини очиқ-ойдин баён қилди ва буларни тажрибада топилган далиллар билан тасдиқлади.



Ломоносов: „Металлар ва баъзи бошқа жисмлар эритувчи моддаларда жуда майда бўлақларга бўлиниб эрийди, бу булақларни эритувчидан айрим кўриб бўлмайди, аммо бу бўлақлар эритувчи билан бир жинсли жисм ташкил қилади. Тез учар моддалар ҳавога чиқиб тарқалади ва унда кўринмай қолади. Енадиган моддалар оловнинг таъсири натижасида кўринмайдиган зарраларга тарқалиб кетади“, деб ёзди.

Бошқа тажрибалардан олинган бир қанча маълумотларни кўрсатиб, Ломоносов: „Физик жисмлар айрим олганда кўзга кўринмайдиган жуда майда бўлақларга бўлинади, шундай қилиб, жисмлар кўзга кўринмайдиган майда зарралардан ташкил топади“ деган хулосага келди.

Модда агрегат ҳолатининг хусусиятларини ва модданинг бир агрегат ҳолатдан иккинчи агрегат ҳолатга ўтишини Ломоносов „кўзга кўринмайдиган зарралар“ нинг (молекулаларнинг) ҳаракати ва уларнинг ўзаро таъсиридан бўлади деб тушунтирди.

Модданинг атом-молекуляр тузилиши ҳақидаги тасаввурлар Ломоносовнинг илмий ишларида равшан ва конкрет таълимотга айланди, бу таълимот асосида кўп физик ва химиявий ҳодисаларни тушунтириш мумкин бўлиб қолди.

Молекуляр-кинетик назариянинг Ломоносов томонидан солинган илмий асослари XIX асрда яна ривожланди.

XIX асрнинг ўрталарида газларнинг молекуляр-кинетик назарияси мукамал ишлаб чиқилди ва ушандан бошлаб бу назария газларда бўладиган ҳодисаларни ўрганишда раҳбар назария бўлиб қолди. Бу назария кўп янги ҳодисаларни олдин айтиди ва кўп ҳодисаларни тушунтириб берди.

Биз молекулаларни курмаймиз. Шундай бўлса ҳам, бизнинг молекулалар ва уларнинг ҳаракати туғрисидаги тасаввурларимиз кўп тажрибаларда тасдиқланади. Шу тажрибалардан баъзиларини кўриб чиқайлик.

**61. Броун ҳаракати.** Жисм молекулаларининг ҳаракатини тажрибада тасдиқ қиладиган ҳодисаларга 1827 йилда инглиз олими Броун кашф қилган ҳодиса киради.

Агар бирор модданинг эмульсиясини—суюқликда эримасдан, унинг ичида сузиб юрган майда зарраларини микроскопда қарасак (119-расм), бу зарраларнинг тўхтовсиз ҳаракат қилишини кўриш мумкин. Ҳар бир бундай зарра тезлигининг йўналиши ва катталиги тез ўзгариб туради. Зарраларнинг ҳаракати маълум бир йўналишда бўлмай, мутлақо тартибсиз (хаотик)<sup>1</sup> бўлади. Мана шу ҳаракат Броун ҳаракати дейилади.

Броун ҳаракатини кузатиш учун суюқликка бирор жуда майда қаттиқ зарраларни аралаштириш зарур. Масалан, озгина қора тушъ толқонини сувга қориштириш ва унинг сув томчисидаги майда зарраларини микроскопда қараш мумкин.

<sup>1</sup> Хаос сўзи грекча бўлиб, тамоми тартибсиз деган маънони билдиради.

Суюқликнинг ёпишқоқлиги қанча кам бўлса, суюқликларда кузатиладиган Броун ҳаракати шунча чаққон бўлади. Броун ҳаракати айниқса газларда жуда интенсив (жадал) бўлади.

Кузатишлар кўрсатадики, Броун ҳаракати ҳеч вақт тўхтамайди. Ҳамма томондан беркитилган кюветада қишда ва ёзда, куннинг истаган бир вақтида, ҳатто, уни кўп кунлар, ойлар, кўп йиллар давомида кузатиш мумкин. Бу ҳаракат суюқликнинг иссиқлик ҳолатига қаттиқ боғлангандир: температура кўтарилганда Броун ҳаракатининг интенсивлиги ортади.

Броун ҳаракатининг сабаби нима?

Броун ҳаракатининг бирдан-бир сабаби—зарра сузиб юрган муҳит (суюқлик ёки газ) молекулаларининг ҳеч тўхтамайдиган ҳаракатидир.

Суюқлик микроскопдан қараганда яхлитга ўхшаб кўринади, ҳақиқатда эса ундай эмас, балки Броун ҳаракатидаги зарралардан мингларча марта майда бўлган тартибсиз ҳаракат қилдиган айрим молекулалардан иборатдир. Ҳаракат қилаётган молекулалар шу зарраларга урилиб, уларни жойидан қўзғатади, шундай қилиб ўзларининг борлигини кўрсатади. Суюқлик молекулалари заррага бир вақтнинг ўзида ҳар томондан уриши турган гап, аммо молекулаларнинг ҳаракати мутлақо тартибсиз бўлгани учун, равшанки, зарра, гоҳ бир томондан, гоҳ иккинчи томондан кўпроқ зарбага учрайди, бу эса уни синиқ чизиқли, эгри-бугри траектория бўйлаб ҳаракат қилишга мажбур қилади (120-расм).

Одатдаги, яъни анча катта бўлган жисми суюқликка (ёки газга) ботирсак, у ҳам ҳаракат қилаётган суюқлик (ёки газ) зарралари томонидан зарбага учрайди. Аммо зарбалар шунча кўп бўладики, бу зарбаларнинг сони жисмнинг бир томонида тасодифий равишда арзимас даражада ортиқча бўлиб қолиши жисми ҳаракатга келтира олмайди; бундай жисм суюқликда тинч туради. Жисм қанча кичкина бўлса, у шунча кам зарбага учрайди. Броун ҳаракатида кузатиладиган микроскопик зарраларга таъсир қилган зарбаларнинг сони жуда кўп бўлмайди, шунинг учун зарбанинг гоҳ бир томондан, гоҳ иккинчи томондан кўпроқ бўлиши доим юз беради ва зарра гоҳ бир томонга, гоҳ иккинчи томонга қараб ҳаракат қилади.

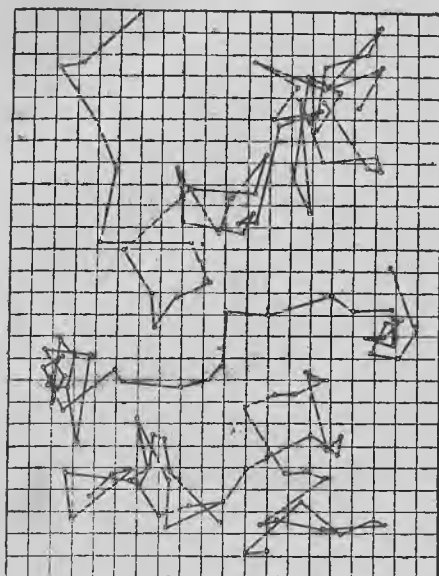
Шуни яхши тушуниб олиш керакки, Броун ҳаракатида кузатиладиган зарранинг ўзи миллионларча молекулалардан иборатдир, шунинг учун унинг тартибсиз ҳаракати аслда моле-



119-расм. Броун ҳаракатини кузатишда фойдаланиладиган қурилманинг схемаси (чапда), ўнг томонда микроскопда кузатиладиган ҳаракат қилаётган зарралар.

куляр ҳаракат бўлмайди. Биз айрим молекуланинг зарбасини пайқай олмаймиз, фақат молекулалар зарбаларининг бирорта йўналишда кўпайиб қолганини кўрамыз, холос.

Броун ҳаракатини энг мукаммал равишда тажрибада француз олими Перрен ўрганди. Перрен олган расмлардан бири (120-расм) Броун ҳаракатининг тартибсиз бўлиши тўғрисида тасаввур ҳосил қилишга имкон беради.



120-расм. Броун ҳаракатидаги зарраларнинг траекториялари. Кичкина доиралар билан зарраларнинг ҳар 30 секунддан кейинги жойи кўрсатилган.

Бу расмда айти бир зарранинг микроскоп кўриш майдонида ҳар 30 секундда олган вазиятлари кўрсатилган; ҳақиқатда шу вақт ичидаёқ зарра жуда тартибсиз ҳаракатлар қилган бўлса ҳам, булар назарга олинмай, охириги вазиятлар бир-бирига тўғри чизик билан туташтирилган.

Броун ҳаракатини ўрганиш модда тузилиши тўғрисидаги фаннинг ривожланишида катта аҳамиятга эга бўлади, чунки бу ҳаракат олимларга молекуляр ҳаракатнинг муҳим қонуниятларини аниқлашга имкон берди.

✓ 62. Диффузия. Ярмигача тўтиё эритмаси қўйилган идишга эҳтиётлик билан то-

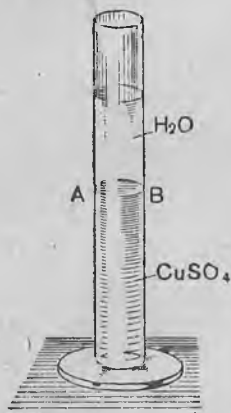
за сув қўйсақ, бошда рангсиз сув билан кўк рангли эритма орасидаги  $AB$  бўлиниш чегараси кескин кўришиб туради (121-расм). Аммо бир оздан кейин сув секин-аста кўк рангга кира бошлайди, бўлиниш чегараси унча кескин бўлмай қолади, кўп вақт ўтгандан кейин эса бу чегара бутунлай йўқолади.

Бу тажрибада биз диффузия деб аталадиган янги бир физик ҳодисани кўрамыз.

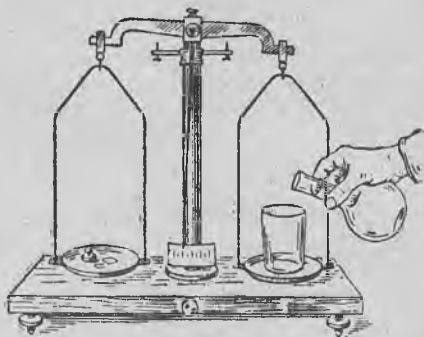
*Диффузия — бир-бирига теккизилган ҳар хил моддаларнинг ўзаро киришув процессидир.*

Газлардаги диффузияни кузатиш осон. Тарози палласига қўйиб мувозанатлаштирилган стаканга оғир эфир буғи, тўлғазайлик. Тарозининг эфир буғи тўлғазилган стакан қўйилган палласи босиб кетади (122-расм). Бир қанча вақт ўтгандан кейин тарози мувозанатга келади, уйда эса эфир ҳиди сезилади. Демак, эфир буғи ҳаводан оғир бўлишига қарамасдан стакандан уйдаги ҳавога ўтган бўлади.

Диффузия фақат суюқлик ва газлардагина эмас, балки қаттиқ жисмларда ҳам бўлади. Тажрибалардан бирида силлиқланган қўрғошин пластинка билан олтин пластинкани устма-уст қўйиб, уларнинг устига юк қўйилган. Одатдаги уй температурасида (тахминан  $20^{\circ}\text{C}$ ) 5 йилдан кейин қўрғошин пластинка билан олтин пластинка бир-бирига 1 см ча кириб, уланиб кетган. Бунда олтин билан қўрғошин қотишмасидан иборат бир жинсли қатлам ҳосил бўлган, албатта,  $20^{\circ}\text{C}$  температурада бу металлларнинг эриши тўғрисида гап ҳам бўлиши мумкин эмас.



121-расм. Суюқликлар диффузиясини кузатиш учун ишлатиладиган қурилма.



122-расм. Ҳавода эфир буғи диффузиясини кузатиш тажрибаси.

Юқорида баён қилинган тажрибаларнинг натижаси молекуляр-кинетик назария асосида осон тушунтирилади.

Ҳақиқатан ҳам, агар бир-бирига теккан жисмлар тартибсиз ҳаракат қиладиган айрим молекулалардан иборат бўлса, албатта, бу молекулалар жисмларнинг бир-бирига тегиб турган chegarасидан ўтиши табиийдир, бу эса диффузия ҳодисасининг ўзгинасидир.

Диффузия устида қилинган тажрибалардан жисмларнинг молекулалари орасида бўшлиқлар бўлиши ва шу бўшлиқларга бошқа молекулаларнинг кириши мумкин экан, деган хулосага ҳам келса бўлади.

Модомики, диффузия ҳодисаси ҳар хил моддалар бир-бирига текканда рўй берар экан, бир газ ёки суюқликнинг ўзида ҳам шу ҳодиса рўй бериши керак. *Диффузия натижасида газнинг зичлиги ҳамма ҳажмида бир хил бўлиб қолади.*

Температура ортганда диффузия процесси тезлашади, буни температура ортганда молекулаларнинг тартибсиз ҳаракат тезлиги ортувидан бўлади деб тушуниш мумкин.

Диффузия ҳодисаси табиатда жуда катта роль ўйнайди: у, Ер юзига яқин ҳаво қатламида ҳавонинг таркиби бир хил бўлишига ёрдам беради. Тупроқда ҳар хил туз эритмаларининг диффузияси ўсимликларнинг нормал озиқланишига ёрдам беради.

**63. Ер атмосфераси ҳақида.** Ҳамма жисмлар Ерга тортилгандек, бизни ўраб олган ҳаво зарралари ҳам Ерга тортилади. Модомики шундай экан, нега улар ҳаммаси Ерга тушмайди? Ернинг атмосфераси бўлишини қандай тушунмоқ керак?

Атмосферадаги газлар оғирлиги бўлишига қарамасдан Ернинг бетидагина турмай, зичлиги борган сари камайдиган равишда бир неча юз километрли қалин қатлам ҳосил этиши фақат молекулаларнинг тўхтовсиз ҳаракат қилишидан булади, деб тушуниш мумкин. Газнинг атмосферада бу хилда тақсим қилиниши, бир томондан, унинг Ерга тортилиш кучи таъсири остида бўлса, иккинчи томондан, ҳаво молекулаларининг уларни ҳар томонга тарқатиб юборадиган ҳаракати таъсири остида булади.

Ер сунъий йўлдошлари ёрдамида ер атмосферасининг асари Ер бетидан 1500 км баландликда ҳам топилган. Атмосферанинг 79% дан ортиқроғи тропосферада (тропосфера 10—16 км баландликкача боради). Тропосферанинг устида 80—90 километргача борадиган стратосфера ҳамма атмосфера массасининг 20% ини ташкил қилади. Ундан ҳам юқорироқда атмосфера массасининг 0,5% дан камроғини ташкил қилган ионосфера жойлашгандир.

**64. Молекуляр-кинетик назарияга асосланиб тушунтириладиган тажрибалар.** Ҳаво насоси қалпоғининг тагига ичида бир оз ҳаво бўлган оғзи берк волейбол камерасини қўяйлик. Қалпоқ тагидаги ҳавони сўриб ола бошлаганимизда камеранинг борган сари шишиб, шар шаклига келишини кўрамиз (123-а расм). Бу тажрибанинг натижасини қандай тушунтириш керак?

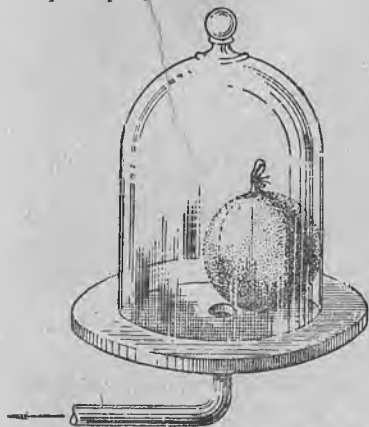
Ҳаракат қилаётган ҳаво молекулалари камера деворларини ташқаридан ва ичкаридан тухтовсиз бомбардимон қилади. Қалпоқ тагидаги ҳавони сўриб олганда, камерани ташқи томондан бомбардимон қиладиган молекулаларнинг сони тез камаяди. Аммо берк камера ичидаги молекулаларнинг сони ўзгармайди; уларнинг камера деворларига қилган таъсири ташқаридан таъсир қилган молекулаларнинг таъсиридан борган сари орта боради: натижада камера шишади.

Тажриба молекулаларнинг катталиги ва массалари ҳар хил бўлишини кўрсатади.

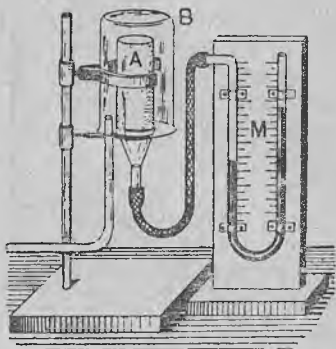
Бир хил температура ва бир хил босимда массаси камроқ бўлган молекулалар массив (массаси кўпроқ бўлган) молекулаларга қараганда тезроқ ҳаракатланади. Бу хулосани қуйидаги тажрибада исбот қилиш мумкин.

Серковак А идишга М манометрга уланган воронка суваб

қўйилган. Агар бу идишни *B* шиша стакан остига жойлаштириб, стаканга табиий газ (ёки водород) тўлгазсак, идиш ичидаги босим ошади (123-б расм). Бу, молекулаларнинг массаси кислород ва азот молекулаларининг массасидан камроқ ва ҳаракати жадалроқ бўлган табиий газ стакандаги ҳавонинг чиқишига қараганда стаканга тезроқ ўтиши сабабли бўлади. Агар бир қанча вақтдан кейин серковак идиш устидаги табиий



123-а расм. Насос қалпоғининг тагидаги ҳавони сўриб олган сари резинка камера секин-аста шишиб, шарсимон бўлиб қолади.



123-б расм. Ёритгич газ ёки водороднинг ҳавода диффузиясини кузатиш учун ишлатиладиган қурилма.

газ тўлгазилган *B* шиша стакани олиб қўйсак, идиш ичидаги босим камая бошлайди ва атмосфера босимидан кам бўлиб қолади. Энди ташқи ҳавонинг серковак идишга киришига қараганда табиий газ ундан тезроқ чиқади.

**65. Модданинг ҳажм бирлигидаги молекулаларининг сони. Молекулаларнинг катталиги.** Молекулалар оламида ёки иккинчи хил айтилишича, микрооламда биз жуда ҳам кўп ва жуда майда зарраларни учратамиз. Турли усуллар билан (бу усуллар олий мактабларда ўрганилади) *нормал шароитда* ( $0^{\circ}\text{C}$  температура ва 760 мм симоб устуни босимида) ҳар қандай газнинг бир куб сантиметрида тахминан  $2,7 \cdot 10^{19}$  молекула борлиги топилган.

Бу соннинг қандай катта сон эканини кўз олдимишга келтириш учун қўйидаги мисолларни кўрайлик.

Сизими  $1 \text{ см}^3$  бўлган ампулани кўз олдимишга келтирайлик, ампула бўш бўлсин. Қандай бўлмасин бир усул билан бу ампулада шундай кичкина тешик очайликки, бу тешикдан ҳар секундда унга 100 млн. ҳаво молекуласи ўтадиган бўлсин. Ампулани шундай усул билан нормал зичликкача тўлгазиш учун қанча вақт керак бўлар экан?

m. m. m. 01-21/2

Ҳисоблаш кўрсатадики, бунинг учун 9000 йилга яқин вақт керак бўлади.

Иккинчи мисол. Агар нормал шароитда  $1 \text{ см}^3$  газдаги молекулаларнинг сонига тенг қилиб ғишт олсак, бу ғиштарни бир-бирига зич қилиб терганимизда ер шарининг қуруқ қисми 120 м баландликда, яъни 10 қаватли бинодан қарийб 4 марта баланд ғишт қатлами билан қопланар эди.

$1 \text{ см}^3$  газда бўлган молекулаларнинг сони жуда ҳам кўп бўлиши молекулаларнинг жуда ҳам кичкина бўлишини кўрсатади. Ҳатто энг кучли микроскопда ҳам биз оддий модданинг молекуласини кўролмаймиз<sup>1</sup>. Бироқ, молекулаларнинг ҳажми тахминан қандай катталиқда бўлишини аниқлашга имкон берадиган хилма-хил усуллар бор. Бу усуллардан бири қуйидагидан иборат. Агар бирор идишдаги сувнинг юзига жуда ҳам кичкина мой томчисини томизсак, у, сувнинг юзига ёйилиб, юпқагина парда ҳосил қилади. Бу парда қанчалик юпқа бўлмасин, унинг қалинлиги бир қават молекула қатламидан кам бўлмайди. Бу парданинг қалинлигини ҳисоблаш осон. Мисол учун, биз сув юзига ҳажми  $0,001 \text{ см}^3$  мой томчиси томиздик дейлик; мой томчиси, масалан,  $0,5 \text{ м}^2$ , яъни  $5000 \text{ см}^2$  юзга ёйилсин. Парданинг томчи ҳажмига тенг бўлган ҳажмини ва юзини билган ҳолда унинг қалинлигини топамиз:

$$d = \frac{0,001 \text{ см}^3}{5000 \text{ см}^2} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ см.}$$

Бир молекуланинг диаметри аслда яна ҳам кичикроқ бўлади. Аниқ ўлчаш ва ҳисоблашлар, молекулаларнинг диаметри (агар молекулани шарсимон деб олсак) сантиметрнинг юз миллиондан икки ҳиссасича (тахминан  $2 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ ) чамасида бўлишини кўрсатади.

Молекула массасининг тахминий катталиги тўғрисида тасаввур ҳосил қилиш учун водород молекуласининг массасини ҳисоблайлик.

$0^\circ\text{C}$  температура ва 1 атмосфера босимда  $1 \text{ см}^3$  даги ҳамма водород молекулаларининг массаси  $0,00009 \text{ г}$ ; бу массани  $1 \text{ см}^3$  да бўлган молекулаларнинг умумий сонига тақсим қилганимизда бир молекуланинг массасини топамиз:

$$m_{\text{H}_2} = \frac{0,00009 \text{ г}}{2,7 \cdot 10^{19}} \approx 3,3 \cdot 10^{-24} \text{ г.}$$

**66. Молекулаларнинг ҳаракат тезлиги.** Газ молекулаларининг ҳаракат тезлигини тажрибада ўлчаш мумкин.

Шундай тажрибалардан бири қуйидагидан иборатдир. Ҳавоси жуда ҳам яхши сўриб олинган идишга қумуш югуртирилган *PP* платина сим жойлаштирилган (124 а-расм). Сим иккита *A* ва *B* цилиндр билан ўраб олинган. Бу сим цилиндрларнинг умумий ўқи бўладиган қилиб жойлаштирилгани учун цилиндрлар шу сим атрофида айланиши мумкин.

<sup>1</sup> Ҳозирги замон электрон микроскоплари юзларча атомлардан иборат баъзи мураккаб молекулаларнинг шаклларини бир-биридан ажратишга имкон беради.

Ички  $A$  цилиндрда симга параллел равишда торгина  $S$  тирқиш қилинган. Кумуш эриб, буглана бошлайдиган температурагача платина сим электр токи ёрдами билан чуғлантрилади. Бунда кумушнинг баъзи молекулалари тирқишдан ўтиб кетиб, ташқи цилиндрда  $L$  кумуш полоса шаклида ўтириб қолади (124-б расм), бу полоса тирқишнинг аниқ тасвири бўлади.

Сунгра ҳар иккала цилиндр стрелка билан кўрсатилган йўналишда айлантрилади. Цилиндрларни ҳаракатдан тўхтатиб қарасак, ташқи  $B$  цилиндр ҳаракат қилган вақтда унга ўтириб қолган  $L$  кумуш полоса асбобнинг айланиш йўналишига қарама-қарши томонга,  $L_1$  вазиятга силжиганини кўрамиз.

Бу силжишнинг сабаби шундаки, кумуш молекулалари  $S$  тирқишдан ташқи цилиндргача бўлган йўлни юргунча цилиндр  $LL_1$  масофага силжиган бўлади (124-б расм).

Цилиндрлар қанча тез айланса, силжиш ҳам шунча катта бўлади. Кумуш полосанинг қанча силжишини ва цилиндрларнинг айланиш тезлигини билганимизда, молекулаларнинг ҳаракат тезлигини топиш мумкин.

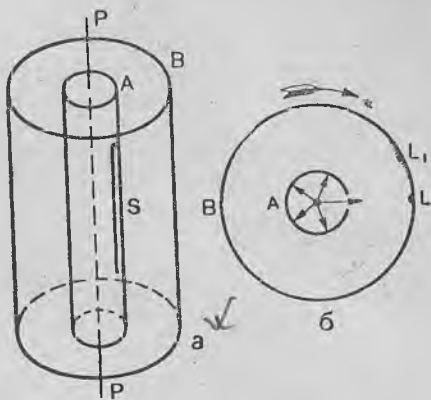
Цилиндрлар айланган вақтда ҳосил бўлган  $L_1$  кумуш полосанинг четлари юпқароқ бўлади. Унинг ўрта қисми энг зич бўлиб, икки четида зичлиги бир оз камаяди.

Бу, полосанинг ўрта қисмида ўтириб қолган молекулаларнинг кўпчилигининг тезлиги бир-бирига яқин бўлса ҳам, бир хил температурада аynи бир модда молекулаларининг тезлиги ҳар хил бўлишини кўрсатади.

Тажрибадан  $1200^{\circ}\text{C}$  температурада (сим чуғланганда) кумуш молекулаларининг кўпчилигининг тезлиги  $500 \text{ м/сек}$  дан тўртиб то  $625 \text{ м/сек}$  гача бўлиши топилган.

Ҳеч бир молекуланинг қандай тезликка эга бўлишини ва қандай йўналишда ҳаракат қилишини олдиндан айтиб бўлмайди. Аммо шуниси қизиқки, бетартиб ҳаракат қилган гоят кўп молекулалар тезликлари жиҳатидан маълум бир равишда тақсим қилинади. Газнинг маълум бир ҳажмидаги молекулаларнинг купи газнинг маълум бир температурада бўлиш эҳтимоли энг катта тезлик деб аталган тезликка яқин тезлик билан ҳаракат қилар экан.

Қуйидаги жадвалда азот молекулаларининг уй температурасида тезликларига қараб тақсим қилиниши кўрсатилган.



124-расм. Молекулаларнинг ҳаракат тезлигини аниқлаш учун ишлатиладиган қурилманинг схемаси.

$\frac{\text{м}}{\text{сек}}$ лар ҳисобидаги тезликлар чегаралари	Тезликлар; и шу кўрсатилган чегараларда бўлган молекулалар умумий сонининг проценти
100 дан кам	1
100 " 300 гача	25
300 " 500 "	42
500 " 700 "	24
700 " 900 "	7
900 " ортиқ	1



Жадвалдан кўриналики, молекулаларнинг кўпчилигининг тезлиги  $300 \frac{м}{сек}$  дан тортиб  $500 \frac{м}{сек}$  гача экан, ҳамма молекулаларнинг 91 процентининг тезлиги  $100 \frac{м}{сек}$  билан  $700 \frac{м}{сек}$  тезлик орасида бўлиб, фақат 9 проценти  $700 \frac{м}{сек}$  тезликдан катта ва  $100 \frac{м}{сек}$  тезликдан кам тезликка эга булар экан.

Шундай қилиб, жуда ҳам кўп тасодифий ҳодисаларда аниқ бир қонуният мавжуд бўлади.

**Баъзи газлар молекулаларининг  $0^{\circ}C$  ва  $760$  мм с.и.м. уст. босимидаги ўртача тезликлари**

Водород . . . . .	1692 $\frac{м}{сек}$	Азот . . . . .	454 $\frac{м}{сек}$
Кислород . . . . .	425 $\frac{м}{сек}$	Сув буғи . . . . .	566 $\frac{м}{сек}$

Температура ошганда молекулаларнинг тезлиги ошади. Аммо  $0^{\circ}C$  температурада ҳам уларнинг тезлиги жуда катта бўлади, бу тезликлар артиллерия снарядларининг тезлигига яқин бўлиши мумкин.

**67. Молекулаларнинг тўқнашиш сони ва эркин чопиш йўлининг ўртача узунлиги.** Биз юқорида, одатдаги шароитда молекулаларнинг ҳаракат тезлиги жуда ҳам катта бўлишини кўрдик. Шундай бўлишига қарамасдан, диффузия ҳодисасини кузатганимизда биз ҳаттоки, зарралари ҳаракатчан бўлган газда ҳам бу ҳодиса анча секин бўлишини кўрамиз.

Маълумки, масалан, агар уйда атир тўкилиб кетса, унинг ҳавода бугланиш ва диффузияланиши сабабли сезиладиган ҳиди бутун уйга дарров тарқалиб кета қолмайди.

Диффузия процессининг шундай секин бўлиши, юқорида айтилганча, молекулаларнинг тезлиги катта деган гапни рад қилмайми? Йўқ, рад қилмайди. Гап шундаки, ҳаракат қилганда газнинг ҳар бир молекуласи йўлида бошқа молекулалар билан жуда ҳам кўп тўқнашади. Масалан,  $0^{\circ}C$  температура ва 1 атмосфера босимда азотнинг ҳар бир молекуласи бошқа молекулалар билан 1 секундда тахминан 7,5 миллиард марта тўқнашганлиги ҳисобланган. Шунинг учун унинг „эркин чопиши“, яъни бир тўқнашишдан иккинчи тўқнашишгача юрган йўлининг ўртача узунлиги жуда ҳам қисқадир.

Агар молекулаларнинг ўртача тезлигини уларнинг ўртача тўқнашиш сонига бўлсак, бу йўлнинг узунлигини топамиз. Масалан, азот молекуласининг эркин чопиш йўлининг ўртача узунлиги:

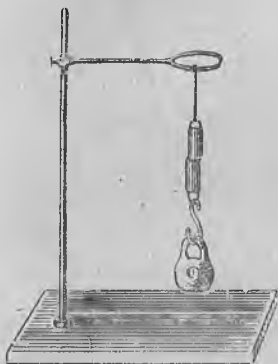
$$\lambda = \frac{454 \cdot 100 \frac{см}{сек}}{7,5 \cdot 10^9 \frac{1}{сек}} \approx 0,000006 \text{ см.}$$

Шундай қилиб, одатдаги шароитда бўлган газ молекуласи олдинга томон қараб силжигандан кўра кўпроқ „ўз жойида депсиниб тура беради“.

**68. Молекулалар орасидаги ўзаро таъсир кучлари.** Ҳар қандай жисм айрим атом ёки молекулалардан иборатдир. Бўлмаса нега қаттиқ жисмнинг бир қисмини иккинчисидан ажратиб олиш қийин? Гап шундаки, айрим молекулалар орасида

бир-бирини тортиш кучлари таъсир қилади. Биз жисмнинг бир қисмини иккинчисидан ажратиб олишга уринганимизда бу тортиш кучлари (тугиниш кучлари) қаршилик кўрсатади. Молекулалар орасидаги ўзаро тортишиш кучлари молекулалар бир-бирига жуда яқин бўлгандагина таъсир қилади. Шиша синиқларини бир-бирига теккизган билан улар уланмайди, чунки бу синиқлар силлиқ бўлмаслиги сабабли уларни молекулаларнинг бир-бирини тортишиш кучлари рўй берадиган даражада яқин келтириб бўлмайди. Агар шишани иситиб юмшатсак, юмшаган шиша синиқларини бир-бирига жуда яқин келтириш мумкин, бунда шиша улашиб қолади.

Бир-бирига жуда қаттиқ қисилган иккита тоза қўрғошин парчаси шундай қаттиқ ёпишиб кетадики, унга бир неча



125-расм. Қаттиқ жисм молекулалари орасида тугиниш кучлари борлигини курсатадиган тажриба.



126-расм. Иогансон плиткаларини бир-бирига теккизиб қўйганда молекулаларнинг бир-бирини тортиш кучлари таъсирининг намоён бўлиши.

килограмм юк осиб мумкин (125-расм). Қўрғошин қипиқларини пресслаб, яхлит қўрғошин қилиш жуда осон.

Корхоналарда ўлчаш учун жуда яхши силлиқланган (Иогансон плиткалари деб аталган) пўлат пластинкалар қўлланилади. Иогансон плиткаларини бир-бирига теккизганда, молекулаларнинг бир-бирига тортилиш кучларининг таъсири сезиларли даражада намоён бўлади (126-расм).

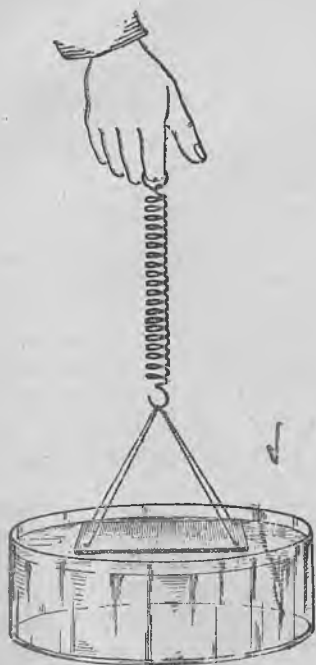
Молекулалар орасида бир-бирини тортиш кучлари таъсир қилиши сабабли пайвандлаш ёки кавшарлашда иккита металл парчаси бир-бирига улашиб кетади.

Қаттиқ жисмларнинг молекулалари бир-бирига жуда яқин жойлашган, шунинг учун улар орасида бир-бирини тортиш кучи жуда катта бўлади. Қаттиқ жисмнинг шакл ва ҳажминини сақлаши ўшандан келади. Буларни ўзгартириш учун анча катта куч билан таъсир қилиш керак.

Аммо қаттиқ жисмларнинг зарралари ҳам тинч турмайди: улар ҳам маълум бир ўрта вазият атрофида тартибсиз равишда тебранади.

Суюқлик молекулалари орасида тугиниш кучлари борлигини қуйидаги тажрибада кўриш мумкин.

Ипга боғланган пластинкани пружинага пастки юзи горизонтал бўладиган қилиб осиб қўйилади (127-расм). Агар шу пластинкани сув ҳўллайдиган қилиб сув юзига теккизсак, пластинка сувга ёпишади. Пластинкани сувдан ажратиб олаётганда, пружина анча чузилади, бу эса тутиниш кучлари борлигини курсатади. Пружинанинг чузилишига қараб пластинкани сувдан ажратиб олиш учун қанча куч кераклигини билиш мумкин. Пластинкани сувдан ажратиб олганимизда унинг пастки томони ҳўл бўлиб қолишини кўрамиз; демак, биз



127-расм. Шиша пластинкани сувдан ажратиб олганда, пружина чузилади; шундай қилиб шиша билан сув орасида тутиниш кучлари борлиги аён бўлиб қлади.

пластинкани сувдан ажратиб олганимизда сув зарралари орасидаги тутиниш кучларини енгган бўламиз.

Суюқликнинг икки томчисини бир-бирига теккизганимизда, суюқлик зарралари орасида ўзаро таъсир кучи бўлиши сабабли бу томчилар қўшилиб, бир томчи бўлиб қолади.

Суюқлик молекулалари бир-бирига жуда яқин бўлгани сабабли улар орасидаги бир-бирини тортиш кучлари ҳам жуда катта бўлади, аммо молекулалар орасидаги боғланиш айрим молекулаларнинг бир-бирига нисбатан „сирпаниши“га йўл қўяди. Шунинг учун суюқликни бир идишдан иккинчи идишга қўйганда, у, шаклини осон ўзгартиради. Суюқликнинг бу хоссаси о қ у в ч а н л и к дейилади.

Қаттиқ жисми чузиш қийин, шунингдек, қисиш ҳам қийин. Суюқликни ҳам қисиш қийин.

Демак, *молекуляр кучлар фақат молекулаларнинг бир-бирига тортилишидагина эмас, итарилишида ҳам рўй беради, жисми чузганда ҳам, қисганда ҳам унинг қаршилик кўрса тишига ўша сабаб бўлади.*

Биринчи қарашда, қандай қилиб молекулаларнинг ўзаро таъсир кучи тортишиш кучи ҳам, итаришиш кучи ҳам бўлиши мумкинлигини тушуниш қийин кўринади. Бироқ, электр зарядларининг ўзаро таъсири ҳам, шунинг сингари ҳам итаришиш, ҳам тортишиш равишида бўлишини эсимизга олайлик, атомларда эса ҳам мусбат зарядли зарралар, ҳам манфий зарядли зарралар бор. Бир хил исмли зарядли зарралар бир-бирини

итаришади, турли исмли зарядли зарралар эса бир-бирини тортишади.

Қаттиқ жисмларнинг зарралари орасидаги боғланиш бир-бирига пружина ёрдами билан бириктирилган шарчаларнинг боғланишига ўхшайди (128-расм). Пружиналарни чўзганда ҳам, қисганда ҳам қаршилиқ кўрсатади. Албатта, ҳақиқатда молекулалар орасида ҳеч қандай пружина бўлмайди, молекулаларнинг тузилиши ва ўзаро таъсири бениҳоя мураккаб, аммо бу оддий модель тажрибаларда топилган натижаларни тахминан тўғри тушунтиришга имкон беради.



128-расм. Қаттиқ жисм зарралари орасидаги боғланишнинг характерини кўрсатадиган модель.

Биз молекуляр тортишиш ва итаришиш кучларининг қаттиқ ва суюқ жисмларда рўй беришини кўриб чиқдик. Энди газларни кўрайлик.

Газларнинг зичлиги қаттиқ жисмлар ва суюқликларнинг зичлигидан анча кам бўлади. Масалан,  $100^{\circ}\text{C}$  температурада ва 1 атмосфера босимда сув буғининг зичлиги ўша шароитдаги сувнинг зичлигидан 1670 марта кам. Шунинг учун газларнинг зарралари қаттиқ жисм ва суюқликларнинг зарраларига қараганда бир-биридан анча узоқда бўлади.

Демак, газларда молекуляр тортилиш ва итарилиш кучлари жуда ҳам камдир. Бу эса газ молекулаларининг ҳаракатига катта таъсир қилади.

Агар газнинг айрим молекуласи маълум бир пайтда маълум бир йўналишда ҳаракат қилаётган бўлса, у бошқа бир молекула билан тўқнашмагунча ёки идиш деворига урилмагунча ҳаракатини ўзгармас тезлик билан ўша йўналишда давом қилдира беради.

Газнинг ўз ихтиёрига берилган жойнинг ҳаммасини эгаллаш хоссаси унинг молекулаларининг илгариланма ҳаракат қилишидан келади. Масалан, газ идишнинг фақат пастки ярминигина эгаллаб қолмайди, балки бутун идишга тарқалади.

Молекуляр ўзаро таъсирнинг табиати қандай?

Биз молекулаларнинг мусбат ва манфий зарядли зарралар — протонлар ва электронлардан ташкил топган атомлардан иборат эканлигини биламиз.

Молекуляр кучлар рўй беришининг сабаби ўша зарядли зарраларнинг ўзаро таъсири ва ҳаракатидир.

**69. Иссиқлик ҳаракати. Температура.** Броун ҳаракати (61-параграф) билан танишганимизда биз бу ҳаракатда зарраларнинг ҳаракат тезлиги температурага боғлиқ бўлишини айтиб ўтган эдик. Температура кўтарилганда зарраларнинг ҳаракат тезлиги ошиб, температура пасайганда — камаяди. Аммо Броун ҳаракати суюқлик ёки газ молекулаларининг тартибсиз ҳаракати натижасидир. Демак, *жисмнинг температураси молекулаларнинг ҳаракат тезлигига боғлиқ экан.*

Совуқ сув қандай молекулалардан иборат бўлса, илиқ туйилган сув ҳам худди шундай молекулалардан иборатдир. Улар бир-биридан фақат молекулаларининг тезлиги билан фарқ қилади. Жисмнинг иссиқлик ҳолати унинг молекулалари ҳаракатининг тезлигига қараб бўлади, шунинг учун *газ, суюқлик ва қаттиқ жисм молекулаларининг тартибсиз ҳаракати иссиқлик ҳаракати дейилади.*

Иссиқлик ҳаракатида жисмнинг ҳамма молекулалари иштирак қилади, шунинг учун иссиқлик ҳаракати ўзгарганда жисмнинг узи ҳам ҳамма жиҳатдан ўзгаради. Ҳақиқатан ҳам, температура ўзгаришига қараб модданинг физик хоссалари: ҳажми, қаттиқлиги, эластиклиги, электр, магнит ва оптик хоссалари ўзгаради. Химиявий хоссаси ўзгаради: маълум бир температураларда ўз-ўзидан ҳосил бўладиган бирикмалар бошқа температураларда парчаланиб кетади ва ҳоказо.

Молекуляр-кинетик назариядан чиқадики, жисмнинг температураси молекулаларнинг ўрта кинетик энергиясига чамбарчас боғлангандир. *Жисм молекулаларининг ўрта кинетик энергияси қанча кўп бўлса, унинг температураси шунча юқори бўлади.* Молекулаларнинг ўрта кинетик энергиясининг камайиши жисмнинг температураси тушувига мос келади.

Агар бир газ молекулаларининг ўрта кинетик энергияси иккинчи газ молекулаларининг ўрта кинетик энергиясига тенг бўлса, бу газларнинг температураси бир хил бўлади. Иккинчи томондан, агар биз бир неча газдан иборат аралашма, масалан, ҳаво билан иш кўрсак, барқарор температурада аралашмага кирган ҳамма газлар молекулаларининг ўрта кинетик энергияси бир хил бўлади.

Шунингдек, модда қандай ҳолатда бўлмасин, бирдай температурада унинг молекулаларининг ўрта кинетик энергияси бирдай бўлади, деб ҳисоблаш мумкин. Масалан, 0°C температурада муз молекулаларининг ўрта кинетик энергияси 0°C температурадаги сув молекулаларининг ўрта кинетик энергиясига тенг бўлади; 100°C температурада сув молекулаларининг ўрта кинетик энергияси уша температурадаги буғ молекулаларининг ўрта кинетик энергиясига тенг бўлади ва ҳоказо.

Шундай қилиб, молекуляр-кинетик назариянинг асосий хулосалари тубандагилардир:

Табиятда ҳамма жисмлар доим тартибсиз ҳаракатда бўлган ғоят кўп атом ва молекулалардан иборатдир.

Атом ва молекулалар орасида тортишиш ва итаришиш кучлари таъсир этади.

Тартибсиз ҳаракат қилувчи атом ва молекулаларнинг ўрта кинетик энергияси жисмнинг температура-сини аниқлайди. Температуранинг кўтарилиши зарраларнинг тартибсиз ҳаракат ўрта тезлигининг оши-ви-ни, температуранинг пасайиши эса бу ҳаракат ўрта тезлигининг камаювини кўрсатади.

---

## ИССИҚЛИК ВА ИШ

70. Молекулаларнинг ҳаракат ва ўзаро таъсир энергияси. Жисмларнинг ички энергияси. Биз энди биламизки, жисмларни ташкил қилган молекулалар ҳаракатда бўлади. Газ молекулалари ҳар хил тезлик билан ва ҳар хил йуналишларда ҳаракат қилади. Газ учун унинг *молекулаларининг ҳаракати тартибсиз бўлиши* характерлидир. Суюқлик молекулалари тебраниши, айланиши ва бир-бирига нисбатан илгариланма силжиши мумкин. Қаттиқ жисмларнинг молекулалари маълум бир ўрта вазиятлари атрофида тебранади.

Ҳаракатдаги ҳар қандай жисмнинг кинетик энергияси бўлганидек, молекулаларнинг ҳам кинетик энергияси бўлади.

Биз шуни ҳам биламизки, жисмнинг молекулалари бир-бирига тутиниш кучлари билан боғлангандир. Газларда молекулалар заифроқ, суюқликларда ва қаттиқ жисмларда — жуда кучли боғлангандир. Шунинг учун молекулаларнинг бир-бирига нисбатан жойлашувига боғлиқ бўлган потенциал энергияси ҳам бўлади.

*Жисмни ташкил қилган зарраларнинг кинетик энергияси билан уларнинг ўзаро таъсир потенциал энергияси иккаласи бирликда жисмнинг ички энергиясини ташкил қилади.*

Жисм маълум бир ички энергия запасига эга бўлиши билан бирга механик энергияга ҳам эга бўлиши мумкин. Масалан, маълум бир баландликда учиб кетаётган снаряднинг ички энергиясидан ташқари, яна механик энергияси—потенциал ва кинетик энергияси бўлади.

71. Жисмнинг ички энергиясининг ўзгариши. Жисмнинг ички энергияси қандайдир бир ўзгармайдиган катталиқ эмас; бир жисмнинг ўзида ички энергияси ўзгариб туриши мумкин. Масалан, температура кўтарилганда жисмнинг ички энергияси ошади, чунки шу жисм молекулаларининг ўрта кинетик энергияси ошади. Температура пасайганда эса бунинг аксича, жисмнинг ички энергияси камаяди.

Шунингдек, жисм бир агрегат ҳолатдан иккинчисига ўтганда деформацияланганда, майдароқ бўлакларга парчаланганда

унинг ички энергияси ўзгаради, чунки бу ҳолларнинг ҳаммаси зарраларнинг бир-бирига нисбатан жойлашуви ўзгаради, демак, уларнинг потенциал энергияси ҳам ўзгаради.

Бу айтилганлардан чиқадики, *жисмнинг ички энергияси унинг ҳолатига боғлиқ экан. Жисмнинг ҳолати ўзгарганда унинг ички энергияси ҳам ўзгаради.*

Энди қандай процесслар натижасида жисмнинг ички энергияси ўзгаришини кўрайлик.

Агар ҳаракат қилаётган жисм ишқалиш кучини енгиб иш бажарса, унинг механик энергияси камаяди; шу билан бирга жисмнинг ҳолати ҳам ўзгаради. Ишқаланганда жисмлар исийди, майда бўлақларга парчаланади, ҳаттоки бир агрегат ҳолатдан иккинчисига ўтиши ҳам мумкин (масалан, бир-бирига ишқаланган муз парчалари эрийди). Демак, *иш бажариш процессида жисмнинг ички энергияси ўзгаради.*

Жисмнинг ички энергиясини бошқа йўллар билан ҳам ўзгартириш мумкин. Иссиқ плита устига қўйилган чойнакдаги сув қайнайди, унинг ички энергияси ўзгаради. Уйдаги ҳаво ва бошқа буюмлар печкадан иссиқлик олиб, исийди; демак, уларнинг молекулаларининг кинетик энергияси кўпайгани учун ички энергияси кўпаяди.

Аммо бунда иш бажарилмайди. Демак, ички энергиянинг ўзгариши фақат иш бажарилишидагина эмас, балки турли иссиқлик процессларида ҳам рўй бериши мумкин экан.

*Жисм ички энергиясининг ҳеч қандай иш бажарилмасдан ўзгариш процесси иссиқлик узатиш деб аталади.* Иссиқлик узатиш жисмлар бевосита бир-бирига текканда (плитадаги чойнакнинг исишида) ҳам, бир-биридан маълум бир узоқликда бўлганда (буюмларнинг печка ёки қуёшдан исишида) ҳам рўй беради.

Демак, жисмнинг ички энергиясини ёки иш бажариш йўли билан, ёки иссиқлик узатиш йўли билан ўзгартириш мумкин экан.

Жисмнинг ички энергия запаси ошса, демак, у атрофдан маълум бир миқдорда энергия олган бўлади; бунинг аксича, ички энергия запасининг камайиши эса жисм ўз энергиясидан бир қисмини берганлигини кўрсатади.

*Иссиқлик миқдори деб аталадиган махсус катталик иссиқлик узатиш процессида жисмнинг олган ёки берган энергиясининг ўлчови бўлади.*

72. Иссиқлик миқдорининг бирлиги. Иссиқлик миқдорини биринчи марта ўлчай бошлаган вақтларда (XVIII асрнинг иккинчи ярмида) фанда ҳали иш ва энергия деган тушунчалардан фойдаланилмас эди (бу тушунчалар XIX асрда киритилди).

Иссиқлик миқдорини ўлчаш учун махсус бирлик киритилди. *Иссиқлик миқдорининг бирлиги қилиб 1 грамм сувни 1 градус иситиш учун керак бўлган иссиқлик миқдори*



**қабул қилинган. Бу бирлик калория<sup>1</sup> деб аталади** (қисқача кал деб белгиланади). Бундан 1000 марта катта бўлган бирлик—килокалория (ккал) ҳам қўлланилади.

Аниқ ўлчашлар кўрсатадики, қандай температурали сувни иситишга қараб, 1 грамм сувни 1 градус иситиш учун ё бироз ошиқроқ, ёки камроқ миқдорда иссиқлик керак бўлади.



Масалан, 1 грамм сувни 1° дан 2° гача иситиш учун 31° дан 32° гача иситиш учун кетган иссиқликка қараганда 1% ошиқроқ иссиқлик керак бўлади. Аниқ ўлчашларда *бир калория деб, 1 г тоза сувни 19,5 градудан 20,5 градугача иситиш учун керак бўлган иссиқлик қабул қилинади.*

СИ системасида иссиқлик бирлиги қилиб жоуль (ж) қабул қилинган.

Рихман Георг (1711—1753) — машҳур рус олими. У 1711 йилда туғилган. Петербург Фанлар академиясида ўқиган. 1741 йилда Академиянинг профессори қилиб тайинланган. Унинг илмий ишлари асосан иссиқлик ва электрни текширишга оид бўлган. Иссиқлик соҳасида у, калориметрияга асос солган. Ломоносов билан бирликда Россияда биринчи бўлиб электр ҳодисаларини ўргана бошлаган. Жисмлардаги электр зарядларини текширишда Рихман биринчи бўлиб электроскоп ишлатган.

### 17-машқ.

XVIII асрнинг биринчи ярмида температурани ўлчаш билан иссиқликнинг миқдорини ўлчаш орасида фарқ бўлмаган. Бу тушунчаларни бир-бирдан ажратишда ва аниқлашда Петербург академиги Рихманнинг ишлари катта аҳамиятга эга бўлган. Рихман тавсия қилган қуйидаги масалани ечинг.

1. Температураси  $t_1$  бўлган  $m_1$  грамм сув  $t_2$  температурали  $m_2$  грамм сувга аралаштирилган. Аралашманинг температурасини топинг.

2. Агар температураси 80 градус бўлган 600 г сув температураси 20 градус бўлган 200 г сувга аралаштирилса, аралашманинг температураси қанча бўлади?

3. Температураси 10 градус бўлган сувга температураси 90 градус бўлган бир литр сув қуйилганда сувнинг температураси 60 градус бўлган. Совуқ сув қанча бўлган?

4. Идишда температураси 15 градус бўлган 20 л совуқ сув бор. Унга 60 градугача иситилган қанча иссиқ сув қуйилганда аралашманинг температураси 40 градус бўлади?

5. Ерга тушадиган қуёш энергиясининг миқдорини ўлчаш учун ишлатилган асбоб асосининг юзи 3 дм<sup>2</sup> бўлган пастак цилиндрдан иборат. Цилиндрнинг қора куя суркалган асосига қуёш нурлари перпендикуляр тушганда, ундаги 1200 г сувнинг температураси 1 минутла 0,5 градус кўтарилади. Ер юзининг қуёш нурларига перпендикуляр бўлган ҳар бир квадрат сантиметри 1 минутда неча калория иссиқлик олади?

<sup>1</sup> Калория латинча калор иссиқ демакдир.

73. Жисмнинг иссиқлик сиғими тўғрисидаги тушунча. Модданинг солиштирма иссиқлик сиғими. Массалари барабар бўлган ҳар хил моддани, масалан, темир, ёғоч, ғишт ва шу сингариларни иситиб қурганимизда уларнинг температурасини маълум бир градус кўтариш учун ҳар хил миқдорда иссиқлик керак бўлишини пайқаш мумкин.

*Жисмнинг температурасини 1 градус кўтариш учун керак бўлган иссиқлик миқдори шу жисмнинг иссиқлик сиғими деб аталади.*

Тажриба кўрсатадики, жисмни 1 градус эмас,  $t$  градус иситиш учун иссиқлик  $t$  марта кўпроқ керак бўлади.  $t$  градус совиганда жисм  $t$  градус исиганда ютган иссиқлигини қайтиб беради.

Жисмнинг массаси қанча кўп бўлса, унинг иссиқлик сиғими шунча кўп бўлади, яъни уни 1 градус иситиш учун кўпроқ иссиқлик талаб қилинади.

Бир жинсли жисмнинг иссиқлик сиғими унинг массасига пропорционал бўлиб, шу жисмни ташкил қилган моддага боғлиқ бўлади.

Ҳар хил моддаларнинг иссиқлик сиғимини солиштиришда массалари тенг, масалан, масса бирлигига тенг бўлган моддаларнинг иссиқлик сиғимини бир-бирига солиштириш мумкин.

*Солиштирма иссиқлик сиғими деб 1 г моддани 1 градус иситиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдорига айтади.*

Мисол учун,  $Q$  — массаси  $m$  бўлган жисмнинг температура-сини  $t_1$  дан  $t_2$  гача кўтариш учун талаб қилинган иссиқлик миқдори булсин. Модданинг солиштирма  $c$  иссиқлик сиғимини топиш учун  $Q$  иссиқликни жисмнинг массасига ва температу-ралар айирмаси  $t_2 - t_1$  га бўлиш керак. Шундай қилиб,

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

Солиштирма иссиқлик сиғими одатда  $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$  ларда ёки  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$  ларда, СИ системасида эса  $\frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$  ларда ифода қилинади.

Сувни 19,5 градусдан 20,5 градусгача иситишда унинг солиштирма иссиқлик сиғими  $1 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$  бўлади. СИ системасида сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими  $4186,8 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ . Бошқа темпе-ратураларда эса сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими  $1 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$  дан фарқ қилади, аммо бу фарқ унча катта бўлмайди ва бундан кейин уни ҳисобга олмаймиз. Температура ўзгарганда

умуман ҳар қандай модданинг иссиқлик сиғими озгина бўлса ҳам ўзгаради.

Баъзи моддаларнинг солиштирма иссиқлик сиғими  $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$

ёки  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$  ларда қуйидаги жадвалда берилган:

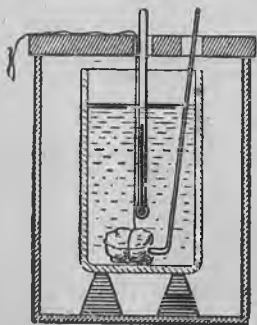
Водород . . . . .	3,41	Муз . . . . .	0,48	Темир . . . . .	0,11
Гелий . . . . .	1,26	Ҳаво . . . . .	0,24	Мис . . . . .	0,09
Спирт . . . . .	0,58	Алюминий . . . . .	0,22	Кумуш . . . . .	0,05
Эфир . . . . .	0,56	Шиша . . . . .	0,19	Симоб . . . . .	0,03
Керосин . . . . .	0,51	Олмос . . . . .	0,12	Қалай . . . . .	0,05
				Қўргошин . . . . .	0,03

Модданинг солиштирма иссиқлик сиғимини билганимизда жисми иситиш учун кетадиган иссиқликни:

$$Q = cm (t_2 - t_1)$$

формула ёрдами билан ҳисоблаш мумкин.

74. Моддаларнинг солиштирма иссиқлик сиғимини ўлчаш. Қаттиқ, суюқ ва газ ҳолидаги моддаларнинг солиштирма иссиқлик сиғимини ўлчашнинг турли усуллари бор. Биз қаттиқ моддаларнинг иссиқлик сиғимини ўлчашнинг энг оддий усулини кўриб чиқамиз.



129-расм Модданинг солиштирма иссиқлик сиғимини калориметр ёрдами билан аниқлашда ишлатиладиган қурилманинг схемаси.

Текширилаётган жисм маълум бир температурагача иситилади, сўнгра у, махсус асбобга — калориметрга солинади, бунга маълум бир миқдорда сув қуйилган бўлади (129-расм).

Агар калориметрдаги сувнинг температураси унга солинган жисмнинг температурасидан паст бўлса, сув исийди, жисм эса то унинг температураси калориметрдаги сувнинг температураси билан тенглашгунча совийди. Жисмнинг берган иссиқлигининг миқдори калориметр билан сувнинг олган иссиқлигининг миқдорига тенг. Тажрибадан олинган бу факт жисмнинг солиштирма иссиқлик сиғимини топишга имкон беради.

Фараз этайлик, калориметрнинг массаси  $m_1$ , унинг солиштирма иссиқлик сиғими  $c_1$ , калориметрдаги сувнинг массаси  $m_2$ , сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими  $c$ , калориметр ва ундаги сувнинг бошланғич температураси  $t_1$ , текширилаётган жисмнинг массаси  $m$ , унинг солиштирма иссиқлик сиғими  $c_x$ , бошланғич температураси  $t$  калориметр ва жисмнинг умумий

температураси  $\theta$  (грекча „тэта“) бўлсин. Унда тажрибадан топилган натижани қуйидаги тенглама билан ифодалаш мумкин:

$$c_x m (t - \theta) = c_1 m_1 (\theta - t_1) + c m_2 (\theta - t). \quad (1)$$

Бу тенглама иссиқлик баланси тенгласидир. Бу тенглама жисملаро иссиқлик алмашилганда энергия сақланиш қонунининг математик ифодасини тасвирлайди.

(1) тенгламадан изланаётган солиштирма иссиқлик сифими аниқланади:

$$c_x = \frac{c_1 m_1 (\theta - t_1) + c m_2 (\theta - t)}{m (t - \theta)}.$$

Шуни эсда тутиш керакки, иссиқлик алмашиш калориметрга солинган жисм билан калориметр орасидагина бўлмасдан, калориметр билан уни ўраб олган буюмлар орасида ҳам бўлиши мумкин. Аниқ ўлчашларда энергиянинг исроф бўлишини мумкин қадар камайтириб, ҳисоблашларга тажриба вақтида энергиянинг атрофдаги муҳитга берилган қисмини назарга олган тузатмалар киргизиш керак.

#### 18-машқ.

1. 425 г сувни 20 градус иситиш учун қанча иссиқлик кераклигини топинг.  
2. Агар 5 кг сувга 40 ккал иссиқлик берилса, сув неча градус исийди?  
3. Температураси  $t_1$  бўлган  $m$  грамм сувни  $t_2$  температурагача иситиш учун неча калория керак?

4. Калориметрда температураси 15 градус бўлган 2 кг сув бор. Агар шу сувга 100 градусгача иситилган 500 г оғирликдаги жез туширилса, калориметрдаги сув қандай температурагача исийди? Жезнинг солиштирма иссиқлик сифими  $0,088 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ .

5. Ҳажмлари бирдай бўлган мис, қалай ва алюминий бўлаклари бор. Шулардан қайсисининг иссиқлик сифими энг кўп, қайсисиники энг кам?

6. Калориметрда температураси 20 градус бўлган 450 г сув қуйилган. Шу сувга 100 градусгача иситилган 200 г темир қипиғи солганда, сувнинг температураси 24 градус бўлган. Темир қипиғининг солиштирма иссиқлик сифимини топинг.

7. Массаси 100 г бўлган мис калориметрда температураси 15 градус бўлган 738 г сув кетади. Шу калориметрда температураси 100 градус бўлган 20 г мис солингандан кейин калориметрнинг температураси 17 градус бўлиб қолган. Миснинг солиштирма иссиқлик сифими қанча экан?

8. Массаси 10 г бўлган кичкина пўлат шарчани печдан олиб температураси 10 градус бўлган сувга солинган. Сувнинг температураси 25 градусгача кўтарилган. Агар сувнинг массаси 50 г бўлса, печнинг температураси қанча бўлган? Пўлатнинг солиштирма иссиқлик сифими  $0,12 \frac{\text{ккал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ .

9. Массаси 1,5 кг бўлган темир қозонга 5 кг сув қуйилган. Шу қозонда сувни 15 градусдан 100 градусгача иситиш учун неча калория иссиқлик керак?

75. Иссиқликнинг табиатига бўлган қарашларнинг ривожланиши. XVIII асрда, иссиқлик—кўзга кўринмайдиган ва оғирлиги бўлмаган, бир жисмдан иккинчи жисмга ўта оладиган

айрим бир суюқлик, деган фикр ҳукм сураб эди. Бу гипотеза тарафдорларининг фикрича, те́плород деб аталган бу суюқлик ҳамма жисмларда бўлар эмиш.

Уша замоннинг машҳур олимлари—Ньютон, Лавуазье, Лаплас, Гей-Люссак ва бошқа олимлар те́плород гипотезаси тарафдори эдилар. „Иссиқлик сифими“ деган ном ҳам шунинг учун киргизилдики, у жисмда те́плород борлигини кўрсатар эди.

XVIII аср олимларининг кўпчилиги те́плород гипотезасини қабул қилган вақтда М. В. Ломоносов бу гипотезага қарши чиқди.

1745 йилда М. В. Ломоносов: „Размышления о причине теплоты и холода“ номли асарини босиб чиқарди, унинг бу асари: „Маълумки, иссиқлик ҳаракат туфайли пайдо бўлади: иккала қўлимизни бир-бирига ишқалаганимизда исийди, ишқаланганда ёғоч куйиб кетади, чақмоқ тошни пўлатга урганда учқун чиқади, темирга тез-тез қаттиқ урганда у исийди; булар тўхташи билан иссиқлик камаяди ва ҳосил булган олов ўчади... . Шу айтилганлардан равшанки, иссиқлик ҳаракатга айланади дейишга етарли асос бордир. Материясиз ҳеч қандай ҳаракат бўлиши мумкин бўлмаганлигидан иссиқликни бирорта материя ҳаракатидан иборат дейиш учун етарли асос бўлиши лозим“ деб бошланган эди.

Иссиқлик, Ломоносовнинг фикрича, жисмларни ҳаракатга келтирганда пайдо булади, демак, *иссиқлик аслда жисмни ҳосил қилган зарраларнинг ҳаракатидир.*

Иссиқликнинг табиати тўғрисида Ломоносовнинг таълимотини унинг замондошлари булган бир неча машҳур олимлар эътироф қилишди.

Масалан, машҳур математик ва физик Эйлер Ломоносовга ёзган хатида: „Ҳаммага маълумки, иссиқликнинг сабабига доир ҳозиргача майдонга чиққан асарлар бу масалани тўлатўкис тушунтирмади, бу масалани текширган кишилар энг катта мақтовга сазовордир. Ҳозиргача ойдинлаштирилмасдан келган бу масалани ойдинлаштирганингиз учун сизга ташаккур билдирмасдан бўлмайди“ деб ёзди.

Ломоносовнинг ишларидан италиялик машҳур физик Вольта ҳам хабардор эди. 1786 йилда у „ўз вақтида жаноб Ломоносовнинг те́плородни рад қилишдаги одатдан ташқари фаросатини“ таъкидлади.

Иссиқликнинг табиати тўғрисидаги Ломоносовнинг таълимоти кейинроқ инглиз олимлари Румфорд ва Дэвининг илмий ишларида ривожланди ва тажрибаларида асослашдирилди.

1798 йилда Румфорд: „Мюнхен арсеналида тўпларни пармалашда иштирок қилганимда, пармалаш вақтида металлнинг жуфта тез исиб кетиши ва металл қириндининг температураси сувнинг

қайнаш температурасидан ҳам юқори бўлиши мени ҳайратда қолдирди“ деб ёзди.

Теплороднинг бор-йўқлигига ишонч ҳосил қилиш мақсадида Румфорд бир қатор тажрибалар қилди, бу тажрибаларда синалаётган жисм бошқа жисмлардан иссиқлик олмасин учун уни пухта изоляция қилди. У, металл цилиндрни совуқ сув тўлғазилган яшикка жойлаштириб пармалади ва озгина вақт ичида сувнинг қайнай бошлаганини кўрди. Румфорд: „Тажриба вақтида ҳозир бўлиб, жуда кўп сувнинг олов ёқилмасдан қайнаш даражасигача иситилишини кўрган одамларнинг чеҳрасига чиққан ажабланиши ва ҳайрон қолишини тавсиф қилиб бериш қийин“ деб ёзди.

Румфорд пармани айлантирадиган от қанча кўп ишласа, иссиқлик шунча кўп ҳосил бўлишини пайқайди. Шу кузатиш асосида у, „бошқа жисмлардан ажратиб қўйилган жисмдан чексиз кўп миқдорда олиш мумкин бўлган нарсани модда деб ҳисоблаб бўлмайди ва иссиқликни маълум бир ҳаракат деб тушунишдан бошқа иложи йўқ“ деган хулосага келди.

1802 йилда Дэви иккита муз парчасини бир-бирига ишқалаганда иссиқлик сизими музнинг иссиқлик сизимидан икки марта ошиқ бўлган сув ҳосил бўлишини тажрибада кўрсатди. Бу тажрибасини Дэви муз парчасини ҳаво насосининг қалпоғи тагига жойлаштириб такрорлади. Бунда ҳам, музга ҳеч қаердан „теплород“ келмаса-да, сувга айланади; музни сувга айлантиришда эса иссиқлик сарф қилинади.

Теплороднинг борлигини рад қилган Ломоносов, Румфорд, Дэвиларнинг далиллари ишонтирарли бўлишига қарамасдан, теплород гипотезаси фанда кўп вақтлар сақланиб келди. Бу гипотезанинг асосизлигини исбот қилиш учун янги тажрибалар, янги илмий текширишлар ўтказиш керак бўлади.

**76. Иссиқликнинг механик эквиваленти.** XIX асрнинг бошларида саноат ва транспортда буғ двигателлари кўп қўлланила бошланди. Шу билан бирга, бу машиналарни фойдалироқ қилиш устида текшириш ишлари олиб борилди. Шу муносабат билан физика ва техника олдига амалда аҳамияти жуда катта бўлган масала: машинага ёқилгани мумкин қадар кам сарф қилиб, мумкин қадар кўпроқ иш бажариш масаласи қўйилди.

Буғ машиналарининг фойдали иш коэффициентини тўғрисидаги масалани ўргана туриб, 1824 йилда француз инженери Сади Карно бу масалани ҳал қилишда биринчи қадам қўйди. 1842 йилда иссиқликнинг механик эквиваленти масаласини назарий равишда немис олими Роберт Майер ҳал қилди. У, 1 ккал иссиқлик ҳосил қилиш учун қанча механик иш бажариш кераклигини аниқлади.

Ўзининг ҳисобларини Майер газнинг иссиқлик сизимларидаги фарққа асослади.

Газларнинг иссиқлик сизими икки хил булади: узгармас босимдаги иссиқлик сизими ( $c_p$ ) ва узгармас ҳажмдаги иссиқлик сизими ( $c_v$ ).

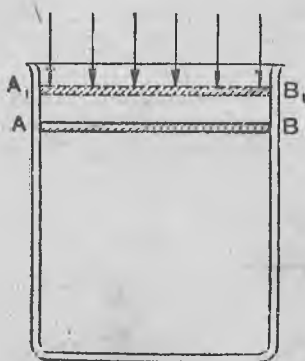
Ўзгармас босимдаги газнинг иссиқлик сизими берилган газ массасининг босимини ўзгартирмасдан 1 градус иситиш учун керак бўлган иссиқлик миқдори билан ўлчанади.

Ўзгармас ҳажмдаги газнинг иссиқлик сизими эса сон жиҳатдан берилган газ массаси эгаллаган ҳажмини ўзгартирмасдан 1 градус иситиш учун кетган иссиқлик миқдорига тенгдир.

Ҳар қандай газнинг ўзгармас босимдаги иссиқлик сизими ўзгармас ҳажмдаги иссиқлик сизимидан кўпроқ бўлади. Масалан, ҳавонинг солиштирма иссиқлик сизимлари:  $c_p$  ва  $c_v$  ларнинг қиймати қуйидагичадир:

$$c_p = 0,2376 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}; \quad c_v = 0,1690 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}.$$

Газнинг иссиқлик сизимларида шундай фарқ бўлиши қуйидагича тушунирилади. Газнинг ҳажмини ўзгартирмасдан иситишда, унинг фарқат ички энергияси ошади.



130-расм. Иссиқликнинг механик эквивалентини назарий ҳисоблашга доир.

Босимини ўзгартирмасдан иситишда ҳам биринчи ҳолдагидек газнинг ички энергияси ошади, аммо бундан ташқари, кенгайганда газ иш бажаради.

Майернинг қандай муҳокама қилганини кўрайлик.

Мисол учун, тубининг юзи  $1 \text{ м}^2$  бўлган идишга (130-расм) температураси 0 градус, босими 760 мм с.м. уст. бўлган  $1 \text{ м}^3$  ҳаво қамалган дейлик. Идишга қамалган ҳаво АВ поршень билан беркитилган. Ўзининг муҳокамаларида Майер бу поршеннинг оғирлиги ўқ деб ҳисоблаган.

$1 \text{ м}^3$  ҳавонинг массаси 1,293 кг. Агар ҳаво 1 градус иситилса, у кенгайиб поршenni  $\frac{1}{273} \text{ м} = 0,00366 \text{ м}$  ( $A_1B_1$  вазиятга) кўтаради.

Идишдаги ҳаво поршenni кўтарганида атмосфера босим кучини енгиб иш бажаради.

Атмосфера босими  $1,0332 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$  бўлганидан поршенга юқоридан таъсир қиладиган куч:  $1,0332 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \cdot 10000 \text{ см}^2 = 10332 \text{ кг}$  бўлади.

Кенгайётган ҳавонинг бу кучни енгишда бажарган иши:

$$10332 \text{ кг} \cdot 0,00366 \text{ м} = 37,82 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Идишдаги ҳавони унинг босимини ўзгартирмасдан иситишга кетган иссиқлик

$$0,2376 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 1,293 \text{ кг} \cdot 1 \text{ град} = 0,3071 \text{ ккал}.$$

Ҳажмини ўзгартирмасдан ўшанча миқдордаги ҳавони иситиш учун

$$0,1690 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 1,293 \text{ кг} \cdot 1 \text{ град} = 0,2185 \text{ ккал}$$

керак бўлади.

Газ 0,3071 ккал – 0,2185 ккал = 0,0886 ккал иссиқлик ҳисобига 37,82 кгм иш бажарган бўлади.

Бу ҳисоблардан 0,0886 ккал иссиқлик 37,82 кГм ишга эквивалент бу-  
лиши келиб чиқади. Бундан, 1 ккал иссиқликка эквивалент булган ишнинг  
миқдори:

$$\frac{37,82 \text{ кГм}}{0,0886 \text{ ккал}} \approx 427 \frac{\text{кГм}}{\text{ккал}}$$

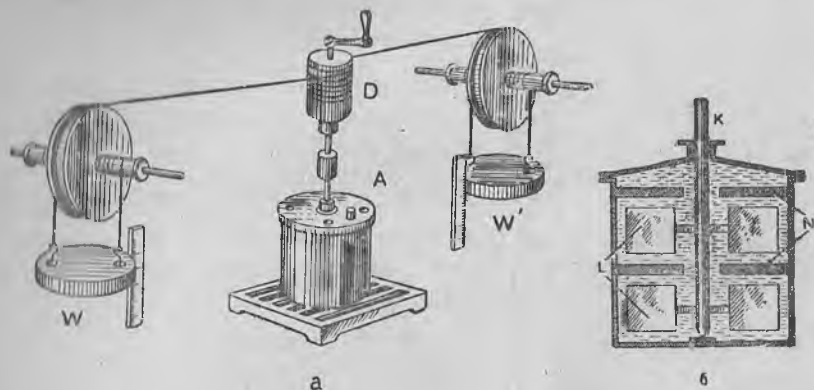
бўлади.

Жисмнинг ички энергиясини, 71-параграфда аниқланганича,  
икки йўл билан ўзгартириш мумкин: иш бажариш йўли билан  
ва иссиқлик узатиш йўли билан.

*Жисмга берилган бир бирлик иссиқлик миқдори  
унинг ички энергиясини қанчага ўзгартирса, жисмнинг  
ички энергиясини ана шунчага ўзгартирувчи механик  
иш миқдори иссиқликнинг механик эквиваленти дейи-  
лади.*

Иссиқликнинг механик эквивалентини тажрибада аниқлаш  
ишларининг Жоуль биринчи марта 1840—1849 йиллар давоми-  
да олиб борди. Иссиқликнинг механик эквивалентини аниқ-  
лашнинг энг машҳур усулларидан бири қуйидагидан иборат  
эди (131-расм).

А калориметрда сув қуйилган (бу калориметрнинг кесими  
131-б расмда кўрсатилган). Тушаётган  $W$  ва  $W'$  юклар  $L$  ку-  
ракчалари булган  $K$  уқини айлантирган. Калориметрда  $N$  тўсиқ-



131-расм. Иссиқликнинг механик эквивалентини топиш юзасидан Жоуль таж-  
рибасининг схемаси (а). Куракчалар айланганда сув уларга эргашиб кетмас-  
лиги ва куракчаларнинг ўтиши учун калориметр ўйиқлари бўлган тўсиқлар  
билан бўлинган (б).

лар бўлган; калориметрнинг ҳаракат қиладиган қисмининг  
сувга ишқалишини ошириш учун у шундай тузилган. Курак-  
чаларнинг сувга ишқалиши натижасида сув исиган (калориметр  
ичидаги температура термометр билан ўлчанган).





Жоуль Жемс Прескотт (1818—1889) машхур инглиз олими, энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонунини тажриба йули билан асослашда катта роль уйнади.

Иссиқликнинг механик эквивалентини у биринчи бўлиб тажрибада аниқ топди. Утказгичдан электр токи ўтганда ҳосил бўладиган иссиқликнинг миқдорини аниқлайдиган қонуни рус олими Э. Х. Ленц билан бир вақтда кашф қилди. Газ кенгайганда унинг температураси тушиш ҳолисасини В. Гомсон билан бирликда кашф қилди.

Иш бирлиги жоуль унинг номига қўйилган.

Бажарилган  $A = mgh$  иш юкларнинг массаси  $m$  га ва тушиш баландлиги  $h$  га қараб ҳисобланган. Калориметрнинг ҳаракат қилган қисмининг сувга ишқалиши натижасида чиққан иссиқлик миқдори  $Q$  калориметр ва куракчалар температурасининг кўтарилишига қараб ҳисобланган. Сувнинг ички энергияси шу катталиқка олган.

*Кўп ўлчашлар кўрсатдики,  $A$  ишининг, шу иш бажарилган натижасида сув ички энергиясининг ортишига тенг бўлган иссиқлик миқдори  $Q$  га нисбати ўзгармас катталиқдир.* Бу катталиқ иссиқликнинг механик эквивалентининг ўзгинасидир. Иссиқликнинг механик эквиваленти  $J$  ҳарфи билан белгиланади:

$$J = 427 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{ккал}} = 4,1868 \frac{\text{жоуль}}{\text{кал}}$$

Жоуль сув ўрнига симоб олиб тажриба қилганда ҳам шу натижа чиққан. Ниҳоят, Жоуль куракчаларнинг сувга ишқалиши ўрнига калориметрда икки парча металлни бир-бирига ишқалаб тажриба қилганда ҳам ўлчашлар иссиқликнинг механик эквиваленти ҳамма ҳолларда бир хил бўлишини кўрсатган.

Иссиқликнинг механик эквивалентини билганимизда, иссиқлик миқдори ўлчовининг бирлигини иш бирлиги билан ифода қилиш осон:

$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ жоуль ёки } 1 \text{ ккал} = \frac{1}{860} \text{ квт соат.}$$

**77. Энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонуни.** Жоулнинг юқорида баён қилинган тажрибасини мукамалроқ кўриб чиқайлик. Бу тажрибада тушаётган юкларнинг потенциал энергияси айланаётган куракчаларнинг кинетик энергиясига айланади; ишқалиш кучларига қарши иш бажарилиши сабабли куракчаларнинг кинетик энергияси сувнинг ички

энергиясига айланади. Бунда биз энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланишини кўрамиз. Тушаётган юкларнинг потенциал энергияси сувнинг ички энергиясига айланади, иссиқлик миқдори  $Q$  бир турдан иккинчи турга айланган энергиянинг ўлчови бўлади. Шундай қилиб, потенциал энергия бошқа хил энергияга айланганда унинг миқдори сақланади.

Бошқа хил энергиялар, масалан, кинетик энергия, электр энергияси ва бошқа энергиялар бир турдан иккинчи турга айланишида ҳам энергия миқдори сақланадими деган масалани қўйиш табиийдир. Мисол учун, массаси  $m$  бўлган ўқ  $v$  тезлик билан учиб бораётир дейлик. Унинг кинетик энергияси  $\frac{mv^2}{2}$  бўлади. Ўқ бирорта буюмга тегиб, унга кириб қолсин. Бунда ўқнинг кинетик энергияси ўқнинг ва буюмнинг ички энергиясига айланади. Бу ички энергия иссиқлик миқдори  $Q$  билан улчанади ва 73-параграфда берилган маълум формула билан ҳисобланади. Агар кинетик энергия ички энергияга айланишида йўқолмаса (исроф бўлмаса), тубандаги тенглик сақланиши лозим:

$$\frac{mv^2}{2} = Q,$$

бунда кинетик энергия ва иссиқлик миқдори бир хил бирликда ифодаланган.

Бу хулоса тажрибада тасдиқланади. Энергиянинг миқдори сақланади.

Электр токи ўтганда ўтказгич исийди: электр энергияси ўтказгичнинг ички энергиясига айланади. Тажриба кўрсатадики, электр токи 1 квт·соат иш бажарганида ҳамма вақт 860 ккал иссиқлик ҳосил бўлади. Шундай қилиб, электр энергиясининг миқдори ҳам сақланади. Бу хулоса энергиянинг ҳамма турларига тааллуқлидир.

Минг йиллар давомида олинган тажриба кўрсатдики, ҳеч қачон энергия турларидан бирортаси ҳам йўқдан бор бўлмайди. Бу хулосани абадий двигатель қуриш мумкин эмаслиги тасдиқлайди (1 қ. 78-параграфга қаранг). Шунингдек, кўп тажриба материаллари кўрсатдики, энергия бир турдан иккинчи турга айланишида йўқолмайди ҳам. Табиатда ҳамма ҳодисалар энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонунига мувофиқ бўлади, бу қонун қуйидагича ифода қилинади:

**Табиатда бўладиган ҳамма процессларда энергия йўқдан бор бўлмайди ва йўқолмайди, у фақат эквивалент миқдорларда бир турдан иккинчи турга айланади.**

Энергиянинг ҳамма турлари: кинетик энергия, потенциал энергия, электромагнит энергия, химиявий энергия, атом ички энергияси ва бошқалар бир-бирига айланиши мумкин.

Энергиянинг ҳамма турларининг мана шу бир-бирига айланиши мумкинлиги табиатда бўладиган ҳодисаларнинг жуда кўп ва турли-туман бўлишига сабаб бўлади.

Табиатнинг шу буюк қонунини яққол кўрсатиб бериш учун бир неча мисол келтирайлик.

Қуёш нурларининг маълум энергия запаси бўлади. Бу нурлар Ер юзига тушиб, уни иситади. Қуёш нурлари энергияси бунда Ер юзидаги тупроқ ва жисмларнинг ички энергиясига айланади. Бу энергия, ўз навбатида, Ерни ўраб олган ҳавога ўтади, ҳаво ҳаракатга келади, шамол пайдо бўлади, бунда энергия механик (кинетик) энергияга айланади. Қуёш нурлари энергиясининг бир қисмини ўсимликларнинг барглари ютади; бунда ўсимликларда мураккаб химиявий реакциялар юз беради, бу реакциялар натижасида органик бирикмалар ҳосил бўлади — Қуёш нурларининг энергияси химиявий энергияга айланади.

Биз 57 ва 58-параграфларда оқар сув энергиясидан фойдаланишни айтиб ўтдик; сув ҳам Қуёш нурлари энергиясининг айланиши натижасида пайдо бўлади.

Ниҳоят, ҳозир фан атом ички энергиясини амалда зарур бўлган энергия турларига айлантириш имкониятларини эгалламоқда.

Энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонунидан табиатда бўладиган ҳодисаларни текширишда кенг миқёсда фойдаланилади. Бу қонун техниканинг ҳамма соҳаларида турли-туман ҳисоблашлар учун илмий асосдир.

### 19-машқ.

1. Оғирлиги 50 Г бўлган кичкина пўлат шарча 1,5 м баландликдан ясси тош устига тушади ва ундан сапчиб 1,2 м баландликка чиқади. Нима учун шарча аввалги баландликка чиқмайди? Механик энергиянинг қанчаси шарча ва тошнинг ички энергиясига айланди?

2. Шиша идишга босими 1,5 атмосфера бўлгунча ҳаво дамланди. Жўмракни очган вақтга идиш ичида туман ҳосил бўлди. Бу ҳодиса ҳавонинг совиғанини кўрсатади. Нима учун бунда ҳаво совийди?

3. 1 кг кўмир ёнганда ҳосил бўлган иссиқлик миқдори қанча иш миқдorigа эквивалент? Кўмирнинг иссиқлик бериш қобилияти 7000 ккал/кг.

4. Вагончани 50 кг куч билан 40 м йўлда судраган отнинг бажарган иши қанча иссиқликка мос келади?

5. Массаси 50 кг эластик бўлмаган жисм 4 м баландликдан тушганида қанча иссиқлик чиқади?

6. Агар машинанинг фойдали иш коэффициенти 20% бўлса, 1 о. к. қувват олиш учун соатига қанча кўмир кетади?

7. Агар пароход машинасининг қуввати 4000 о. к. ва фойдали иш коэффициенти 20% бўлса, шу пароходнинг 6 сутка юриши учун қанча нефть керак? Ёқилғининг иссиқлик бериш қобилияти  $11000 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$ .

8. Агар оғирлиги 4,9 кг бўлган болғанинг сандонда ётган буюмга урилган пайтдаги тезлиги 6 м/сек бўлса, қанча иссиқлик чиқади?

9. Қуввати 1500 о. к. бўлган, 40 км/соат тезлик билан юрадиган паровознинг 200 км йўл юриши учун қанча кўмир керак? Паровознинг фойдали иш коэффициенти 10%.

## ҚАТТИҚ ВА СУЮҚ ЖИСМЛАРНИНГ ИССИҚЛИКДАН КЕНГАЙИШИ.

78. Жисмлар ҳажмининг температурага боғлиқ бўлиши. Қаттиқ жисмларнинг зарралари бир-бирига нисбатан маълум бир вазиятни олади, аммо улар тинч турмай, тебраниб туради. Жисмни иситганда зарралар ҳаракатининг ўртача тезлиги ортади. Бунда зарралар орасидаги ўртача масофа ортади, шунинг учун жисмнинг чизиқли ўлчамлари ортади, демак, жисмнинг ҳажми ҳам ортади.

Совиганда жисмнинг чизиқли ўлчамлари камаяди ва унинг ҳажми кичраяди.

Маълумки, иситганда жисмлар кенгайди, совиганда эса тараяди. Бу ҳодисаларнинг сифат томони физиканинг бошланғич курсида кўриб чиқилди.

Ҳозир бизнинг вазифамиз — бу ҳодисаларнинг миқдорий қонунилари билан танишмоқдир.

79. Қаттиқ жисмларнинг чизиқли кенгайиши. Маълум бир температурада қаттиқ жисмнинг маълум бир шакли ва маълум бир чизиқли ўлчамлари бўлади. Жисмни иситганда унинг чизиқли ўлчамларининг ортишини жисмнинг иссиқликдан чизиқли кенгайиши дейилади.

Ўлчашлар кўрсатадики, бир жисмнинг ўзи ҳар хил температураларда ҳар хил кенгайди: юқори температураларда, одатда, наст температуралардагига қараганда кўпроқ кенгайди, аммо жисмнинг кенгайишидаги бу айирма шундай кам бўладики, температуранинг ўзгариши унча катта бўлмаганда бу айирмани ҳисобга олмасдан, жисмнинг ўлчамлари ўзгаришини температура ўзгаришига пропорционал деб ҳисоблаш мумкин.

Биз физиканинг бошланғич курсида аниқладикки, иситганда ҳар хил моддалар ҳар хил кенгайди: баъзилари кўпроқ, баъзилари камроқ кенгайди: масалан, темир шишага қараганда кўпроқ, мисга қараганда камроқ кенгайди.

Жисмларнинг иссиқликка боғлиқ бўлган бу муҳим хоссасини миқдор жиҳатдан ҳарактерлаш учун чизиқли кенгайиш коэффициентини деб аталган махсус катталик киргизилган.

Фараз этайлик, 0 градусда жисмнинг узунлиги  $l_0$  бўлиб,  $t$  градусда унинг узунлиги  $l_t$  бўлсин. Демак, температура  $t$  ўзгарганда

жисмнинг узунлиги  $l_t - l_0$  га ўзгаради. Ҳар бир градусга исиганда жисмнинг узунлиги бир текис ўзгариб боради деб фараз қилганда, 1 градус исиганда жисмнинг бутун узунлиги  $\frac{l_t - l_0}{l_0}$  га ортади, ҳар бир узунлик бирлигининг ортиши эса:

$$\beta = \frac{l_t - l_0}{l_0 t} \quad (1)$$

бўлади.

Жисмнинг иссиқликдан кенгайишини характерлайдиган  $\beta$  (грекча „бэта“) катталиқ чизиқли кенгайиш коэффициентини деб аталади.

Формула (1) кўрсатадики,  $t=1$  градус ва  $l_0=1$  узунлик бирлиги бўлганда  $\beta$  нинг қиймати  $l_t - l_0$  га тенг, яъни *чизиқли кенгайиш коэффициенти сон жиҳатдан 0 градус температурада узунлиги узунлик бирлигига тенг бўлган стерженнинг 1 градус исигандаги узайишига тенг булади.*

(1) формуладан кенгайиш коэффициенти  $\beta$  нинг номи  $\frac{1}{\text{град}}$  эканлиги кўриниб турибди.

(1) формулани тубандаги кўринишда ёзиш мумкин:

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

Жисмнинг бошланғич узунлиги ва чизиқли кенгайиш коэффициенти маълум бўлса, бу формуладан жисмнинг истаган бир температурадаги узунлигини топиш осон.

Қуйидаги жадвалда баъзи моддаларнинг тажрибадан топилган чизиқли кенгайиш коэффициентлари кўрсатилган.

Модда	Чизиқли кенгайиш коэффициенти $\frac{1}{\text{град}}$	Модда	Чизиқли кенгайиш коэффициенти $\frac{1}{\text{град}}$
Жез . . . . .	0,000018	Инвар (63,2% Fe, 36,1% Ni, 0,39% Cu ва 0,39% Mn қотишмаси) . . . . .	0,000015
Мис . . . . .	0,000017		
Темир . . . . .	0,000012		
Шипа . . . . .	0,000009	Кварц шипа . . . . .	0,000005
Платина . . . . .	0,000009		

**80. Қаттиқ жисмларнинг ҳажм кенгайиши.** Қаттиқ жисм иссиқликдан кенгайганда унинг чизиқли ўлчамлари ортиши билан бирга ҳажми ҳам ортади. Ҳажм кенгайишини характерлаш учун чизиқли кенгайиш коэффициентига ўхшаган ҳажм кенгайиш коэффициентини киргизиш мумкин. Тажриба кўрсатадики, чизиқли кенгайишлардагидек, жисм ҳажмининг ортишини температуранинг кўтарилишига пропорционал деб қабул қилсак катта хато қилмаймиз.

Жисмнинг 0 градус температурадаги ҳажмини  $V_0$  билан,  $t$  температурадаги ҳажмини  $V_t$  билан, ҳажм кенгайиш коэффициентини  $\alpha$  билан белгиллаганимизда

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

бўлишини топамиз.

$V_0 = 1$  ҳажм бирлиги ва  $t = 1$  градус бўлганда,  $\alpha$  катталиқ  $V_t - V_0$  га тенг бўлади, яъни агар 0 градус температурада жисмнинг ҳажми ҳажм бирлигига тенг бўлса, *ҳажм кенгайиш коэффициенти, сон жиҳатдан, жисмни 1 градус иситганда унинг ҳажмининг ортишига тенг бўлади.*

Жисмнинг 0 градус температурадаги ҳажмини билганимизда формула (2) дан фойдаланиб, жисмнинг истаган бир  $t$  температурадаги ҳажмини ҳисоблаш мумкин:

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

Ҳажм кенгайиш коэффициенти билан чизиқли кенгайиш коэффициенти орасидаги муносабатни аниқлайлик.

Мисол учун, 0 градус температурада қирраси 1 см бўлган куб олайлик. Уни 1 градус иситганимизда қирраси  $(1 + \beta)$  см бўлиб қолади, ҳажми эса  $\alpha$  см<sup>3</sup> га ортади.

Қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

$$1 + \alpha = (1 + \beta)^3.$$

Аммо

$$(1 + \beta)^3 = 1 + 3\beta + 3\beta^2 + \beta^3.$$

Бу формулада  $\beta^2$  ва  $\beta^3$  сонлар шунча кичкина сонларки, биз буларни ҳисобга олмаслигимиз ва қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$1 + \alpha = 1 + 3\beta \text{ ёки } \alpha = 3\beta.$$

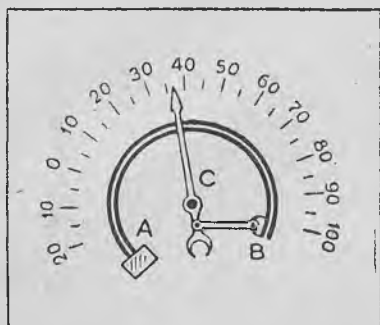
*Қаттиқ жисмнинг ҳажм кенгайиш коэффициенти чизиқли кенгайиш коэффициентидан уч марта ортиқ бўлади.*

81. Иссиқликдан кенгайишни техникада ҳисобга олиш. 136-бетдаги жадвалдан кўринадики, қаттиқ жисмларнинг кенгайиш коэффициенти жуда кичкинадир. Бироқ, температура ўзгарганда жисм ўлчамларининг жуда кам ўзгаришлари ҳам жуда катта кучлар майдонга келишига сабаб бўлади.

Тажриба кўрсатадики, қаттиқ жисмни озгина узайтириш учун ҳам жуда катта ташқи куч керак бўлади. Масалан, кесим юзи 1 см<sup>2</sup> бўлган темир стерженни бошланғич узунлигининг 0,0005 ҳиссасича узайтириш учун унга 1000 кг куч билан таъсир қилиш керак. Аммо стержень 50 градус иситилганда ҳам ўшаича узаяди. Шунинг учун, албатта, стержень 50 градус иси-

ганда унинг узайишига (ёки совиганда қисқаришига) тўсқинлик қиладиган жисмларга  $1000 \frac{\kappa\Gamma}{\text{см}^2}$  босим кўрсатади.

Қаттиқ жисмларнинг кенгайиши ва торайишида пайдо бўладиган жуда катта кучлар техникада ҳисобга олинади. Масалан, темир кўприкнинг бир учини қўзғалмайдиган қилиб, иккинчи учини катоклар устига ўрнатадилар; темир йўл рельсларининг учларини бир-бирига теккизиб солинмайди, оралари очик қолдирилади; буғ юрадиган трубаларни илгакларга осиб, айрим трубалар орасига труба узайган вақтда букиладиган компенсаторлар қўйилади. Худди шу сабабли паровоз қозонининг фақат



132-а расм. Металл термометрнинг тузилиш схемаси.

бир учи маҳкамлаб қўйилади, иккинчи учи эса бемалол силжийдиган бўлади.

Аниқ ўлчашларда иссиқликдан кенгайишнинг аҳамияти жуда ҳам каттадир. Ҳақиқатан ҳам, агар машинанинг тайёрланган қисмларини текширадиган чизғич ёки калибрнинг катталиги кўп ўзгарадиган бўлса, ўлчаш керакли даражада аниқ бўлмайди. Тайёрланган буюмларни ўлчаш ёки текшириш вақтида қўпол хатолар қилмаслик мақсадида бу буюмларни уларнинг температураси

калибрларнинг температурасига тенглашиб қолиши учун ўлчаш олиб бориладиган бинога олдинроқ олиб келиб қўйилади. Калибр ва ўлчаш асбобларининг ўзлари эса кенгайиш коэффициентини жуда ҳам кам бўлган материалдан қилинади. Бундай материал, масалан, таркибида никель бўлган махсус пўлат — кенгайиш коэффициенти 0,0000015 бўлган инвардир.

136-бетдаги жадвалдан кўринадики, платина билан шишанин кенгайиш коэффициенти бир-бирига тенг; шунинг учун платинани шишага кавшарлаш мумкин. Совигандан кейин бу иккала модданин бир-бирига боғланиши ҳам бўшашмайди, шиша ҳам ёрилмайди. Электр, лампочкаларида шишага кенгайиш коэффициенти шишаникидек бўлган темир-никель сим кавшарланади.

Кварц шишанин кенгайиш коэффициенти жуда кам бўлиши муҳимдир. Бундай шиша бир текис исимаса ёки совимаса ҳам дарз кетмайди. Масалан, қип-қизил қилиб чўғлантирилган кварц шиша колбага совуқ сув қуйиш мумкин, одатдаги шишадан қилинган колба эса бундай ҳолда ёрилиб кетади. Кварц шишанин бу хусусияти унинг кенгайиш коэффициентининг кичик бўлишидандир.

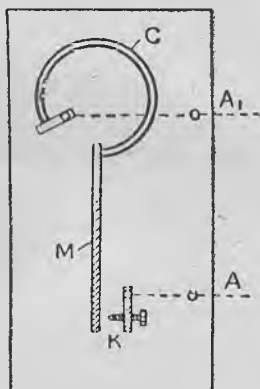
**81а. Терморегулятор.** Бир-бирига парчинлаб қўйилган икки хил металл, масалан, темир ва жез пластинка биметалл пластинка деб аталади. Бу пластинкалардан бири иккинчисига қараганда кўпроқ узайгани учун, иситганда улар букилади. Кўпроқ кенгайган пластинка ҳамма вақт қавариқ томонда бўлади. Биметалл пластинкаларнинг бу хоссасидан температуранинг ўлчаш ва тартибга солишда кўп фойдаланадилар.

1. Металл термометр. Бу асбоб *A* учи маҳкамлаб қўйилган, *B* учи эса маҳкамланмаган биметалл ёйдир (132-а расм). Ёйнинг *B* учи *C* стрелкага бириктирилган. Температура ўзгарганда ёй ёзилади ёки букилади ва шунга яраша стрелкани жилдиради. Шкала одатдаги термометрга қараб даражаланган бўлади. Агар стрелканинг учига перо бириктириб қўйилса, температуранинг ўзгаришини махсус қоғоз лентага ёзиб олиш мумкин. Термографна шу принцинга асосланиб тузилган.

2. Термостат. Температуранинг ўзгартирмай сақланишга ёрдам берадиган асбоб термостат дейилади.

132-б расмда температуранинг тартибга соладиган асбоблардан бир хилининг тузилиш принципи кўрсатилган. Температура ўзгарганда *C* биметалл ёй букилади ёки ёзилади. Ёйнинг бўш учига бириктирилган *M* металл пластинка ёй ёзилганда *K* контактга тегади, букилганда эса ундан ажралади. Масалан, агар *K* контакт ва *M* пластинка иситгич асбоби бор бўлган *AA*, электр занжири учларига (клеммаларига) уланган бўлса, *K* ва *M* бир-бирига текканда занжир уланади; асбоб бинони исита бошлайди. Исиганда *C* биметалл ёй букила бошлайди ва маълум бир температурада *M* пластинкани *K* контактдан ажратади; занжир узилади, иситиш тўхтайтиди. Совиганда *C* ёй ёзилиб, яна иситгич асбобни улайди; шундай қилиб, бинонинг температураси маълум бир даражада сақланади.

**82. Суюқликларнинг иссиқликдан кенгайиши.** Суюқликларга нисбатан фақат ҳажм кенгайиши ҳақида сўзлаш мумкин. Қаттиқ жисмларга қараганда суюқликларнинг ҳажми кўпроқ кенгайди. Тажриба кўрсатадики, суюқликлар ҳажмининг температурага боғлиқ бўлиши худди қаттиқ жисмлардагига ўхшаш формула билан ифодланади.



132-б расм. Биметалл пластинкали температура регуляторининг тузилиш принципи.



132-в расм. Суюқликларнинг кенгайиш коэффициентини аниқлаш учун ишлатиладиган асбоб.



Агар 0 градус температурада суюқликнинг ҳажми  $V_0$  бўлса, унинг  $t$  температурадаги ҳажми  $V_t$ :

$$V_t = V_0(1 + \alpha t)$$

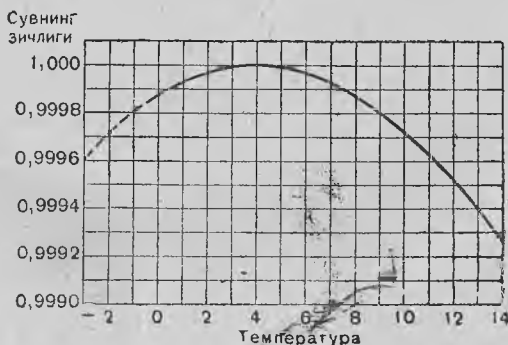
бўлади.

Суюқликнинг кенгайиш коэффициентини ўлчаш учун ҳажми маълум бўлган термометр шаклидаги шиша идиш ишлатилади (132-в расм). Бу идиш сувга лиммо-лим тўлғазилади ва маълум бир температурагача иситилади; бунда суюқликнинг бир қисми тошиб чиқади. Сўнгра суюқлик қуйилган бу идиш эриётган музда 0 градусгача совитилади. Бунда суюқлик идишни бутунлай тўлғазмайди; тўлмай қолган ҳажм эса исиган вақтда суюқликнинг қанча кенгайишини кўрсатади. Шишанинг кенгайиш коэффициентини билганимизда, суюқликнинг кенгайиш коэффициентини ҳам анча аниқ ҳисоблаш мумкин.

#### Баъзи суюқликларнинг кенгайиш коэффициенти:

Эфир . . . . .	0,00166	Сув (20°C ва ундан юқори) . . . . .	0,00020
Спирт . . . . .	0,00110	Сув (5°C дан 8°C гача) . . . . .	0,00042
Керосин . . . . .	0,00100	Симоб . . . . .	0,00018

Иситганда сувнинг кенгайиши бошқа суюқликларнинг кенгайишидан фарқ қилади. Агар сувни 0 градусдан бошлаб иситсак,



133-расм. Сув зичлигининг температурага боғлиқ равишда ўзгариши графиги.

4 градусгача иситишда унинг ҳажми ортмайди, балки камаяди, 4 градусдан юқори иситганда эса сувнинг ҳажми ортади. Энг зич сув ( $1 \text{ г/см}^3$ ) 4 градусда бўлади. Сув зичлигининг температурага қараб ўзгариши график равишда 133-расмда кўрсатилган.

Сувнинг кенгайишидаги хусусияти туфайли ҳовуз ва кўлардаги сув қишда тагигача музламайди. Кузда сув совиганда

сувнинг совиган устки қатламлари пастга тушади, улар ўрнига пастдан иссиқроқ сув қатламлари кўтарилади. Сув қатламларининг шу хилда аралашиши фақат бутун сувнинг температураси 4 градус бўлгунча давом қилади. Бундан кейинги совишда сувнинг устки қатламлари пастга тушмайди, балки секин-аста совиб, устда қолади ва, ниҳоят, музлайди.

#### 20-машқ.

1. Узунлиги 10 м бўлган буг ўтадиган пўлат труба 0 градусдан 100 градусгача исиди. Шу труба қанча узайди?

2. Термометр исигаида унинг симоб қуйилган шиша шарининг ҳажми ҳам ортади. Нима учун шунда ҳам термометрдаги симоб кўтарилади?

3. Пикнометр деб аталадиган ўлчаш колбасига 0 градусда 340 г симоб, 100 градусда эса 335 г симоб кетади. Идаш материалнинг кенгайиш коэффициентини топинг.

4. Жисмнинг  $t$  температурадаги  $D_t$  зичлигини унинг 0 градус температурадаги  $D_0$  зичлиги орқали ифода қилинг.

---

Бу боғланишни аниқлайдиган тажрибаларни 134-расмда учта вазияти кўрсатилган асбоб ёрдами билан қилиш мумкин.

Бу асбобда *A* шиша най ёрезинка най ёрдами билан иккинчи *B* шиша найга уланади. *A* найнинг юқорисидан *a* кран бўлиб, иккала найга ҳам симоб тўлғазилган бўлади.

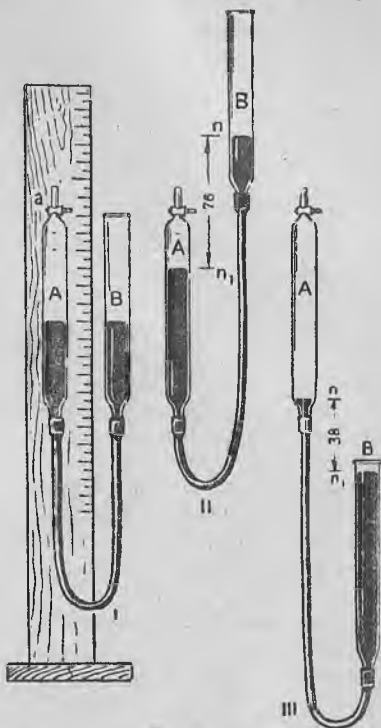
*a* кранни очиб, *B* найни шундай ўрнатайликки, *A* найдаги симобнинг баландлиги, масалан, ўртада (*I* вазиятда) бўлсин. Ҳар иккала найда симоб устидаги босим атмосфера босимидир; фараз этайлик, бу босим 76 см симоб устуни босимига тенг бўлсин. Энди кранни беркитайлик, бу билан биз *A* найдаги ҳавони атмосфера ҳавосидан ажратиб қўямиз. Шундай қилиб, тажрибанинг бу қисмида биз *A* найда  $p_1 = 76$  см симоб устуни босимига тенг босим остида бўлган маълум бир ҳаво массасига эга бўламиз.

Энди *B* найни шунча кўтарайликки, *A* найдаги ҳавонинг ҳажми икки марта камайсин (*II* вазият). Бунда *B* найдаги симобнинг сатҳи *A* найдаги симоб сатҳидан анча юқори кўтарилади.

Энди *A* найдаги ҳавонинг босими қанча бўлишини кўрайлик. Бу босим атмосфера босимини ва юзи *B* найда  $n_1$  сатҳдан юқори турган бутун симоб устунининг босимини мувозанатлайди; бу  $n_1 n$  симоб устунининг баландлиги 76 см бўлади. Шундай қилиб, *A* найдаги ҳавонинг босими биринчи ҳолдагидек бир атмосферани эмас, икки атмосфера босимни мувозанатлайди ( $p_2 = 2 \text{ ат}$ ).

Демак, берилган газ массасининг ҳажми икки марта кичрайганда унинг босими икки марта ошар экан. Агар газнинг ҳажминини 1,5; 2,5; 3 марта камайтирсак, ўшаларга мувофиқ равишда унинг босими 1,5; 2,5; 3 марта ортади.

Энди *B* найни пастга шунча туширайликки, *A* найдаги ҳаво массаси икки марта ортиқ ҳажм эгалласин (*III* вазият). Бунда *A* найдаги симоб устуни пасаяди. Энди атмосфера босими *A* найдаги ҳавонинг босимини ва *A* найдаги симоб сатҳи  $n$  дан



134-расм. Газнинг ҳажми билан босими бир-бирига боғлиқ бўлишини (уч ҳолда) аниқлаш учун ишлатиладиган асбоб.

ГАЗЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ. *6*

**83. Газларнинг босими.** Ҳар қандай газ узи эгаллаган идишнинг деворларига босади.

*Газнинг идиш деворларига босими ҳаракат қилаётган молекулаларнинг урилишидан булади.*

Идиш деворига урилганда газ молекулалари унга маълум бир ҳаракат миқдори беради: идиш девори бунда маълум бир куч таъсирга учрайди.

Ҳар бир айрим молекуланинг идиш деворига уриши жуда оз таъсир курсатади. Аммо газнинг молекулалари жуда ҳам кўп ва идиш деворига булган урилишлар тўхтовсиз бўлиб туради, шунинг учун анча босим ҳосил булади.

Молекулалар ҳаракатининг тартибсизлиги газ босимининг ҳамма йўналишларда бир хил бўлишига сабаб булади.

Иситган вақтда газнинг босими ортади. Бунда молекулаларнинг сони ўзгармаганидан босимнинг ортувини фақат иситган вақтда газ тўлғазилган идиш деворларига молекулаларнинг уриши тез-тез бўлишидан ва ҳар бир уришнинг кучлироқ бўлишидан келади деб тушуниш мумкин. Уришлар эса, албатта, молекулалар ҳаракатининг тезлиги ортган вақтда тез-тез ва кучлироқ бўлади. Бу юқорида (V бобда) кўрганимиздек, кўп тажрибаларда тасдиқланади.

**84. Газнинг ҳажми билан босими орасидаги боғланиш.** **Бойль — Мариотт қонуни.** Газнинг ҳолати унинг ҳажми, босими ва температурасига қараб бўлади. Бу катталиклар ўзгариши билан газнинг ҳолати ҳам ўзгаради. Биз газ ҳолатини характерлайдиган катталиклардан бири ўзгармас бўлиб, қолган иккитаси ўзгарган процессларни бирин-кетин текшираемиз.

Аввал газнинг босими билан ҳажми ўзгариб температураси ўзгармасдан қолган процессни ўрганайлик. Бу процесс изотермик<sup>1</sup> процесс дейилади.

Шундай қилиб, газнинг температураси ўзгармасдан, ҳажми ўзгарганда берилган газ массасининг босими қандай ўзгаришини текширайлик.

<sup>1</sup> Грекча изос — тенг, термос — илиқ деган сўзлардан олинган.

Бу боғланишни аниқлайдиган тажрибаларни 134-расмда учта вазияти кўрсатилган асбоб ёрдами билан қилиш мумкин.

Бу асбобда *A* шиша най резинка най ёрдами билан иккинчи *B* шиша найга уланади. *A* найнинг юқорисида *a* кран бўлиб, иккала найга ҳам симоб тўлғазилган бўлади.

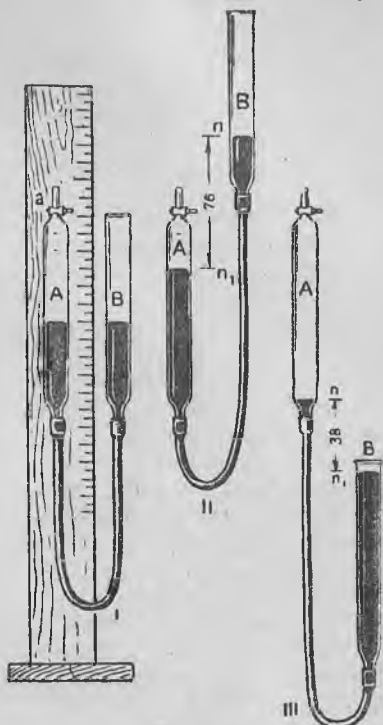
*a* кранни очиб, *B* найни шундай ўрнатайликки, *A* найдаги симобнинг баландлиги, масалан, ўртада (I вазиятда) бўлсин. Ҳар иккала найда симоб устидаги босим атмосфера босимидир; фараз этайлик, бу босим 76 см симоб устуни босимига тенг бўлсин. Энди кранни беркитайлик, бу билан биз *A* найдаги ҳавони атмосфера ҳавосидан ажратиб қўямиз. Шундай қилиб, тажрибанинг бу қисмида биз *A* найда  $p_1 = 76$  см симоб устуни босимига тенг босим остида бўлган маълум бир ҳаво массасига эга бўламиз.

Энди *B* найни шунча кўтарайликки, *A* найдаги ҳавонинг ҳажми икки марта камайсин (II вазият). Бунда *B* найдаги симобнинг сатҳи *A* найдаги симоб сатҳидан анча юқори кўтарилади.

Энди *A* найдаги ҳавонинг босими қанча бўлишини кўрайлик. Бу босим атмосфера босимини ва юзи *B* найда  $n_1$  сатҳдан юқори турган бутун симоб устунининг босимини мувозанатлайди; бу  $n_1 n$  симоб устунининг баландлиги 76 см бўлади. Шундай қилиб, *A* найдаги ҳавонинг босими биринчи ҳолдагидек бир атмосферани эмас, икки атмосфера босимни мувозанатлайди ( $p_2 = 2 \text{ ат}$ ).

Демак, берилган газ массасининг ҳажми икки марта кичрайганда унинг босими икки марта ошар экан. Агар газнинг ҳажмини 1,5; 2,5; 3 марта камайтирсак, ўшаларга мувофиқ равишда унинг босими 1,5; 2,5; 3 марта ортади.

Энди *B* найни пастга шунча туширайликки, *A* найдаги ҳаво массаси икки марта ортиқ ҳажм эгалласин (III вазият). Бунда *A* найдаги симоб устуни пасаяди. Энди атмосфера босими *A* найдаги ҳавонинг босимини ва *A* найдаги симоб сатҳи  $n$  дан



134-расм. Газнинг ҳажми билан босими бир-бирига боғлиқ бўлишини (уч ҳолда) аниқлаш учун ишлатиладиган асбоб.

В найдаги симоб сатҳи  $n_1$  гача бўлган симоб устуни босимини мувозанатлайди. Ўлчашларнинг кўрсатишича, бу симоб устуни-нинг баландлиги 38 см бўлади. Атмосфера босимидан симоб устуни босимини айириб, А найдаги ҳавонинг босимини топамиз:  $p_3 = 76 \text{ см} - 38 \text{ см} = 38 \text{ см}$ ; демак,  $p_3 = 0,5 \text{ ат}$ .

Шундай қилиб, газнинг ҳажми икки марта ортганда босими икки марта камаяди.

В найни ҳар хил вазиятларга келтириб ва ҳар гал А найдаги ҳавонинг ҳажмини ва босимини ҳисоблаб борганимизда, текширилаётган ҳаво массасининг ҳажмини бир неча марта камайтирганда унинг босими шунча марта ортувини кўрамыз. Ҳамма тажрибаларда ҳавонинг температураси ўзгармайди.

Бошқа газлар билан қилинган тажрибалардан ҳам худди шу натижалар топилган.

Газ босимининг ҳажмга боғлиқ бўлишини тажрибада текшириб, бир-биридан мустақил равишда инглиз олими Бойль (1627—1691) ва француз олими Мариотт (1620—1684) қуйидаги қонунни кашф қилдилар:

**Температура ўзгармаганда, берилган газ массасининг босими газнинг ҳажмига тесқари пропорционал бўлади.**

Бу қонун Бойль—Мариотт қонуни дейилади.

Бойль—Мариотт қонунини математик равишда ифода қилайлик. Мисол учун, бирор газ массасининг температураси ўзгармас бўлсин ва:

$$\begin{array}{ccccccc} p_1 & \text{босимда} & \text{газнинг} & \text{ҳажми} & V_1 & \text{бўлсин,} & \\ p_2 & \text{"} & \text{"} & \text{"} & V_2 & \text{"} & \end{array}$$

Бойль—Мариотт қонунига биноан:

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

деб ёзиш мумкин. Бу формуладан:

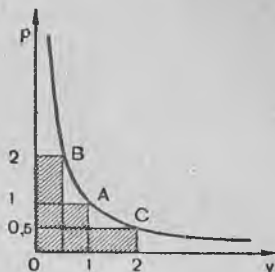
$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

Бу тенгликни Бойль—Мариотт қонунининг янги ифодаси деб қараш мумкин.

**Температура ўзгармаганда, берилган газ массаси ҳажмининг босимга кўпайтмаси ўзгармас катталикдир.**

Газ ҳолатининг изотермик ўзгаришини график равишда тасвирлайлик. Бунинг учун абсциссалар ўқида газ ҳажмининг қийматларини, ординаталар ўқида ўшаларга мос босим қийматларини кўрсатайлик. Масштабни бошланғич ҳажм ва босимларнинг қиймати 1 га тенг бўладиган қилиб олайлик. Унда

газнинг бошланғич ҳолати  $A$  нуқта билан тасвирланади (135-расм). Агар газнинг босими икки марта ортса, ҳажми икки марта камаяди, бунда газнинг ҳолати графикда  $B$  нуқта билан тасвирланади. Бошланғич босимни икки марта камайтирганимизда ҳажм икки марта ортади, бунда биз  $C$  нуқтани ҳосил қиламиз. Бундан кейин босимларни бошланғич босимдан уч, тўрт ва ҳоказо марта орттирсак ёки камайтирсак, ҳажмларни эса ўшаларга мувофиқ равишда уч, тўрт ва ҳоказо марта кичикроқ ёки каттароқ қилиб олсак, биз бир газ массасининг ўзининг бирдай температурадаги ҳар хил ҳолатларини тасвирлайдиган бир қатор нуқталар ҳосил қиламиз. Бу нуқталардан чизиқ ўтказганимизда изотерма деб аталадиган эгри чизиқ ҳосил бўлади.



135-расм. Изотермик процесснинг графиги.

Синчиклаб текширишлар натижасида аниқландики, Бойль — Мариотт қонуни реал (ҳақиқатда бор бўлган) газлар учун фақат тахминан тўғри. Масалан, агар  $pV$  кўпайтма босим  $1 \text{ ат}$  бўлганда бир бирликка тенг бўлса,  $2 \text{ ат}$  босимда қуйидаги қийматларга эга бўлади:

Ҳаво учун . . . . .	0,99977
Водород учун . . . . .	1,00026
Карбон (II)-оксид учун . . . . .	0,99974
Карбон (IV)-оксид (карбонат ангидрид) учун . . . . .	0,99720

Жуда катта босимларда (юз ва мингларча атмосфера босимларда) Бойль — Мариотт қонунини мутлақо татбиқ қилиб бўлмайди, бундай ҳолларда газнинг ҳажми билан босими орасидаги боғланиш мураккаброқ тенгламалар билан ифодаланади.

### 21-машқ.

1. Босим  $1 \text{ ат}$  бўлганда газнинг ҳажми  $10 \text{ л}$ . Босим  $5 \text{ ат}$  бўлганда шу газнинг ҳажми қанча бўлади? Температура ҳар иккала ҳолда ҳам ўзгармайди.

2.  $10 \text{ л}$  газ сиғадиган баллондаги газнинг босими  $20 \text{ ат}$ . Агар температурани ўзгартирмасдан баллоннинг вентилини очсак, шу газ қандай ҳажми эгаллайди?

3. Иккита баллон бир-бирига кранли най билан туташтирилган. Сиғими  $5 \text{ л}$  бўлган баллонда  $3 \text{ ат}$  босимли ҳаво бор, сиғими  $1 \text{ л}$  бўлган иккинчи баллон эса бўш. Агар кранни очсак, шу баллонларнинг ҳар бирида газнинг босими қандай бўлади (най билан краннинг ҳажми ҳисобга олинмайди)? Тажриба вақтида температура ўзгармайди.

4. Сиғими  $2,5 \text{ л}$  бўлган футбол коптогига насос поршенининг ҳар юришида атмосфера босими остида  $125 \text{ см}^3$  ҳаво дамлайдиган қўл насос билан ҳаво дамланади. Агар насоснинг поршени  $40$  марта юрса ҳаво дамлангунча бўш бўлган коптоқда ҳавонинг босими қанча бўлади? Температура ўзгармайди деб ҳисобланади.

5. Ҳаво шарни босим  $760 \text{ мм}$  симоб устуни босимига тенг бўлган қатламдан  $500 \text{ мм}$  симоб устуни босимига тенг бўлган қатламга чиқди. Бунда

шарни тўлғаган газнинг ҳажми неча марта ошади? Шар эластик резинкадан қилинган. Температура ўзгармайди деб ҳисоб қилинади.

6.  $pV = 8 \text{ ат см}^3$  изотермани чизинг. Масштабни каттак қоғозда бир катки босим ва ҳажм бирлиги деб қабул қилинг.

**√85.** Газнинг зичлиги билан босими орасидаги боғланиш. Газнинг зичлиги сон жиҳатидан унинг ҳажм бирлигидаги массасига тенгдир.

Газни қисганимизда ёки кенгайтирганимизда унинг массаси ўзгармайди, аммо ҳажми ўзгаради; демак, унинг зичлиги ҳам ўзгаради.

Мисол учун, температура ўзгармаганда, ҳажми  $V_1$ , босими  $p_1$  бўлган газнинг зичлиги  $D_1$ , ҳажми  $V_2$ , босими  $p_2$  бўлган газнинг зичлиги эса  $D_2$  бўлсин.

Агар газнинг массаси  $m$  бўлса, унда

$$D_1 = \frac{m}{V_1}; \quad D_2 = \frac{m}{V_2}$$

деб ёзиш мумкин, бундан:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{V_2}{V_1}.$$

Аммо Бойль—Мариотт қонунига асосан,  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2}$ .

Шунинг учун:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{p_1}{p_2}.$$

*Температура ўзгармаганда газнинг зичлиги унинг босимига тўғри пропорционал бўлади.*

Бу хулосанинг тўғрилигини молекуляр-кинетик нуқтаи назардан қараб ҳам тушуниш осон. Ҳақиқатан ҳам, газнинг босими унинг молекулаларининг идиш деворига урилишидан келади. Агар газнинг ҳажми икки марта кичрайса, янги ҳажмда газнинг зичлиги икки марта ортиқ бўлади. Молекулаларнинг идиш деворларига урилиш сони ҳам икки марта ортади, яъни газнинг босими икки марта ортади.

## 22-машқ.

1. Ҳовуз тагидаги ҳаво пуфаги сувнинг бетига чиқишида ҳажми қандай ўзгаради?

2. Баланд тоғларга чиққанда кўпинча одамнинг бутун бадани оғриб, қулоқ, бурнидан қон кетади. Нега шундай?

3. Нормал босим остида бўлган  $100 \text{ м}^3$  водородни сизими  $5 \text{ м}^3$  бўлган пўлат баллонга дамладилар. Баллондаги босимни топиб,  $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$  ларда ифодаланг.

4. Сизими  $25\,000 \text{ см}^3$  бўлган автомобиль шинасига ҳаво  $8 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$  босимгача дамланган. Агар  $760 \text{ мм с.м. уст.}$  босимида ҳавонинг зичлиги  $0,00129 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$  бўлса, шинадаги ҳавонинг зичлиги ва оғирлиги қанча бўлади?



5. Сувга ботирилган говвос қалпоғидаги сувнинг юзи ташқарилаги сув юзидан 1033 см паст. Ҳавонинг қисилиш процессини изотермик процесс, сув юзида ҳавонинг зичлигини  $0,00129 \frac{z}{\text{см}^3}$  деб ҳисоблаб, қалпоқдаги ҳавонинг зичлигини топинг.

86. Газ ҳажмининг температурага боғлиқ бўлиши. Гей-Люссак қонуни. Ҳар қандай жисм исиганда кенгайганидек газлар ҳам исиганда кенгайди, шу билан бирга, озгина исиганда



136-расм. Иситганда газнинг кенгайишини кузатиш учун ишлатиладиган қурилма.

ҳам газ сезиларли даражада кенгайди. Буни қуйидаги оддий тажрибада кўриш мумкин (136-расм).

А колба горизонтал жойлаштирилган  $CD$  найга уланади, бу най эса шкаланинг бўйига маҳкамланган. Найнинг ичида озгина симоб бор. Колбага қўлимизни салгина тегизсак,  $CD$  найдаги симоб устуни жила бошлайди.

Колба совиганда симоб устуни чапга, исиганда эса ўнгга жилади; демак, газ совиганда қисилиб, исиганда кенгаяр экан. Колбанинг ҳажмини ва найнинг диаметрини билганимизда газ ҳажмининг қанча ортишини ҳам ўлчаш мумкин.

Колбадаги газни секин-аста иситсак, босим ўзгармаганда берилган газ массаси ҳажмининг ўзгариши температура кўтарилишига пропорционал бўлишини аниқлаш мумкин. Шунинг учун, бошқа жисмларнинг иссиқликдан кенгайишини характерлагандек, газларнинг иссиқликдан кенгайишини ҳам ҳажм кенгайиш коэффициентини ёрдами билан характерлаш мумкин.

Мисол учун, 0 градус температурада газнинг ҳажми  $V_0$ ,  $t$  температурада эса  $V_t$  бўлсин. Бир градус иситганда ҳажмининг 0 градус температурада олинган ҳар бир ҳажм бирлигига тугри келган ортиши:

$$\alpha = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

бўлади, бундан:

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

Бу формуладаги  $\alpha$  катталик газнинг ҳажм кенгайиш коэффициентини деб аталади.

Француз олими Гей-Люссак газларнинг иссиқликдан кенгайишини тажрибада текшириб, *босим ўзгармаганда ҳажмга газларнинг ҳажм кенгайиш коэффициентини бирдай бўлиб, сон жиҳатдан  $\frac{1}{273}$  га тенг* бўлишини кашф қилди.



Бу жиҳатдан, иситганда газларнинг ҳажм кенгайиши қаттиқ ва суyoқ жисмларнинг кенгайишидан фaрқ қилади, буларда ҳажм кенгайиш коэффициенти жисмларнинг химиявий таркибига боғлиқдир (81 ва 82-параграфларга қаранг).

(1) формулада

$$t = 1 \text{ градус, } \alpha = \frac{1}{273}$$

деб олайлик.

Бунда биз

$$V_t = V_0 + \frac{1}{273} V_0$$

**Гей-Люссак Жозеф Луи** (1778 — 1850) — машҳур француз физик ва химикларидан биридир. У химия ва физика қонунларидан бир қатор муҳим қонунларини топдики, булардан физикада температура бирдай ортганда газ ва буғларнинг бирдай кенгайишини кўрсатадиган қонун машҳурдир.

бўлишини топамиз, бундан чиқадики, *берилган газ массасини ўзгармас босим остида 1 градус иситганда унинг ҳажми 0 градус температурадаги ҳажмининг  $\frac{1}{273}$  ҳиссасича ортади.*

Бу қонун Гей-Люссак қонуни деб аталади.

Юқорида текширилган процессларга ўхшаб, ўзгармас босимда бўладиган процесслар изобар процесслар деб аталади<sup>1</sup>.

(1) формула  $t$  градус температурадаги газнинг ҳажми 0 градус температурадаги ҳажмининг кенгайиш биноми  $(1 + \alpha t)$  билан кўпайтмасига тенг бўлишини кўрсатади.

1-мисол. Маълум бир газ массасининг 0 градус температурада ҳажми 10 л. Босим ўзгармаганда шу газнинг ҳажми  $t = 273$  градус температурада қанча бўлади?

Масаланинг шартига мувофиқ, бизга газнинг 0 градус температурадаги ҳажми маълум, яъни  $V_0 = 10$  л; масалада бе-

<sup>1</sup> Грекча изос — тенг, барос — оғирлик деган сўزلардан олинган.

рилган сон қийматларни  $V_t = V_0 (1 + \alpha t)$  формулага қўйганимизда:

$$V_t = 10 \left( 1 + \frac{273}{273} \right) \text{ л} = 20 \text{ л}$$

бўлишини топамиз.

2- мисол. 273 градус температурада маълум бир газ массасининг ҳажми 10 л. Агар босим ўзгармаса, шу газнинг ҳажми 546 градус температурада қанча бўлади?

Бизга газнинг 273 градус температурадаги ҳажми маълум; унинг  $t_2 = 546$  градус температурадаги ҳажмини топиш учун, аввал унинг 0 градус температурадаги ҳажмини топиш керак.

Бу ҳажм

$$10 \text{ л} = V_0 \left( 1 + \frac{1}{273} \cdot 273 \right) \text{ л}$$

тенгликдан топилади, бундан:

$$V_0 = \frac{10 \text{ л}}{2} = 5 \text{ л}.$$

Энди газнинг 546 градус температурадаги ҳажмини топайлик:

$$V_t = 5 \left( 1 + \frac{1}{273} \cdot 546 \right) \text{ л} = 15 \text{ л}.$$

**23-машқ.**

1. Агар 0 градус температурада водороднинг ҳажми 5 л бўлса, 100 градус температурада унинг ҳажми қанча бўлади? Босим ўзгармайди.

2. 30 градус температурада карбонат ангидриднинг ҳажми 720 см<sup>3</sup>. Шу босимда ва 0 градус температурада уша газнинг ҳажми қанча бўлади?

3. 0 градус температурада олинган газнинг ҳажмини ўзгармас босимда икки марта орттириш учун уни қандай температурагача иситиш керак?

4. Температура 27,3 градус бўлганда ҳавонинг ҳажми 100 л. Температура 54,6 градус бўлганда унинг ҳажми қанча бўлади? Босим ўзгармайди.

5. Газни ўзгармас босимда иситганда  $V_t = V_0 (1 + \alpha t)$  формула билан ифода қилинадиган ҳажм ўзгариш процессини график равишда тасвирланг.

**87. Газ босимининг температурага боғлиқ бўлиши. Шарль қонуни.** Газни берк цилиндрга, масалан, Пален қозонига қамаб иситганимизда манометрга қараб газнинг босими органини кўрамиз (136-а расм). Термометрга қараб температуранинг ўзгаришини кузатганимизда, ҳажм ўзгармаганда газ босимининг органини температуранинг кўтарилишига пропорционал бўлишини аниқлаш мумкин.

Газларнинг иссиқликдан кенгайишини характерлаш учун ҳажм кенгайиш коэффициентини киргизгандек, газнинг температураси ўзгарганда босими ўзгаришини характерлайдиган катталиқни киргизайлик.

Газнинг 0 градус температурадаги босимини  $p_0$  билан,  $t$  градус температурадаги босимини эса  $p_t$  билан белгилайлик. Газни

1 градус иситганда босимнинг ҳар бир бошланғич босим бирлигига туғри келган ортиши:

$$\gamma = \frac{p_t - p_0}{p_0 t} \quad (1)$$

булади,  $\gamma$  (грекча „гамма“) катталик газ босимининг термик коэффициентини деб аталади.

Ўлчашлар ҳамма газлар босимининг термик коэффициентини катталиги бирдай бўлиб,  $\frac{1}{273}$  га тенг бўлишини кўрсатади.

(1) формуладан  $p_t$  ни топганимизда:

$$p_t = p_0 (1 + \gamma t). \quad (2)$$

(2) формулада  $\gamma = \frac{1}{273}$ ,  $t = 1$  градус деб олайлик, унда:

$$p_t = p_0 + \frac{1}{273} p_0.$$

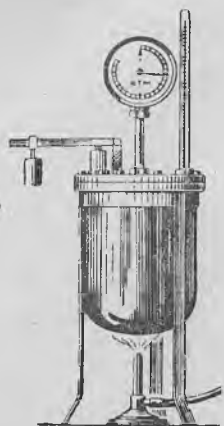
Бундан чиқадики, берилган газ мас-сасини ўзгармас ҳажмда 1 градус иситганда, газнинг босими 0 градус температурадаги босимининг  $\frac{1}{273}$  ҳиссасича ортади.

Бу қонун 1787 йилда шу қонунни кашф қилган француз олимининг номи билан Шарль қонуни деб аталади.

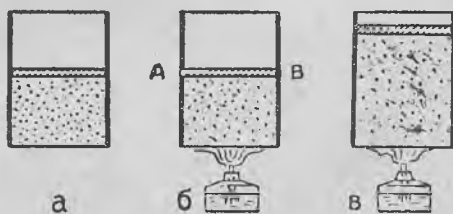
Шарль қонунидан чиқадики, газ босимининг термик коэффициентини  $\gamma$  унинг ҳажм кенгайиш коэффициентини  $\alpha$  га тенгдир. Бу тенглик Бойль—Мариотт қонунидан келиб чиқади. Буни исбот қилайлик.

Мисол учун, маълум бир газ массаси цилиндр ичида поршень тагига қамалган бўлсин (137-а расм) ва унинг шу бошланғич ҳолатда температураси 0 градус, ҳажми  $V_0$ , босими  $p_0$  бўлсин. АВ поршени маҳкамлаб қўйиб, газни  $t$  градус температурагача иситайлик (137-б расм); унда газнинг босими ортади ва  $p_t$  га тенг бўлиб қолади, ҳажми эса аввалгича қолаверади.

Шарль қонунига мувофиқ:  $p_t = p_0 (1 + \gamma t)$ .



136-а расм. Газни берк цилиндр ичига қамаб иситганда унинг босими ошади.



137-расм.

- а) газнинг бошланғич ҳолати:  $0^\circ$ ,  $V_0$ ,  $p_0$ ;  
 б) газнинг:  $t^\circ$ ,  $V_0$ ,  $p_t = p_0 (1 + \gamma t)$  катталиклар билан аниқланадиган ҳолати;  
 в) газнинг:  $t^\circ$ ,  $V_t = V_0 (1 + \alpha t)$ ,  $p_0$  катталиклар билан аниқланадиган ҳолати.

Энди поршеннинг эркин юришига йўл қўйиб, газни 0 градусдан  $t$  градусгача иситайлик (137-в расм). Газнинг босими бошланғич ҳолатда қандай бўлса, шундайлигича қолади, яъни босим  $p_0$  бўлади, ҳажми эса  $V_t$  гача ортади. Гей-Люссак қонунига мувофиқ:

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

Демак,  $t$  градус температурада берилган газ массасининг ҳажми  $V_0$ , босими  $p_t = p_0 (1 + \gamma t)$  бўлади; ўша температурада босими  $p_0$ , ҳажми  $V_t = V_0 (1 + \alpha t)$  бўлади. Бойль—Мариотт қонунига биноан:

$$p_0 V_0 (1 + \gamma t) = p_0 V_0 (1 + \alpha t),$$

бу ифодани соддалаштириб,

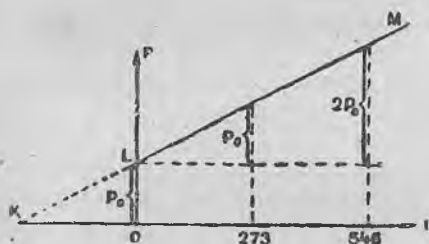
$$\alpha = \gamma$$

тенгликни ҳосил қиламиз.

Газ босимининг температурага боғлиқ бўлишини аввал жадвал, сўнгра график равишда кўрсатайлик. Бунинг учун:

$$p_t = p_0 (1 + \gamma t), \text{ яъни } p_t = p_0 + \gamma p_0 t$$

тенгламадан фойдаланайлик.



$t$	$p_t$
0	$p_0$
1	$p_0 + \gamma p_0 \cdot 1$
2	$p_0 + \gamma p_0 \cdot 2$
...	...
273	$p_0 + p_0$
...	...
546	$p_0 + 2p_0$
...	...

138-расм. Газ босимининг температурага қараб ўзгариш графиги.

Абсциссалар ўқида маълум бир шартли масштабда газнинг температураларини, ординаталар ўқида ўша температураларга мос келган, юқоридаги жадвалдан олинган босимларни кўрсатайлик.

Графикда белгиланган нуқталарни бир-бирига туташтирганимизда, газнинг ҳажми ўзгармас бўлганда босимининг температурага боғлиқ бўлишини кўрсатадиган  $LM$  тўғри чизиқни ҳосил қиламиз (138-расм).

Ҳажми доимий бўлган газ ҳолатининг ўзгариш процесси  $изохор$ <sup>1</sup> процесс деб аталади, газнинг ҳажми ўзгармасдан температурага боғлиқ равишда босими ўзгаришини тасвирлайдиган  $LM$  чизиқ эса  $изохора$  деб аталади.

<sup>1</sup> Грекча —  $изо$  — тенг,  $хора$  —  $ма$  — сизим деган сўزلардан олинган.

1-мисол. 0 градус температурада газнинг босими 780 мм симоб устуни босимига тенг. 273 градус температурада шу газнинг босими қанча бўлишини топинг.

$p_t = p_0 (1 + \gamma t)$  формулага асосан:

$$p_t = 780 \left(1 + \frac{1}{273} \cdot 273\right) = 1560 \text{ мм сим. уст.} \approx 2 \text{ ат}$$

бўлишини топамиз.

2-мисол. Агар газнинг босими 273 градус температурада 780 мм симоб устуни босимига тенг бўлса, 546 градус температурада унинг босими қанча бўлади?

Бу масалада олдин газнинг 0 градус температурадаги босимини топиш керак.  $p_t = p_0 (1 + \gamma t)$  формуладан топамизки:

$$p_0 = \frac{p_t}{1 + \gamma t} = \frac{780}{1 + \frac{1}{273} \cdot 273} = 390 \text{ мм сим. уст.}$$

Энди газнинг  $t = 546$  градусдаги босимини топиш мумкин:

$$p_t = 390 \left(1 + \frac{1}{273} \cdot 546\right) = 1170 \text{ мм сим. уст.}$$

Бойль — Мариотт қонунидек, Гей-Люссак қонуни ҳам, Шарль қонуни ҳам, газнинг хоссаларини тахминий равишдагина кўрсатади. Буни, масалан, ҳар хил газларда  $\alpha$  катталиқ  $\gamma$  катталиқдан бир оз фарқ қилишида кўриш мумкин (жадвалга қаранг).

0 градус ва 760 мм сим. уст. босими остидаги газ	$\alpha$	$\gamma$
Водород . . . . .	0,0036600	0,0036613
Гелий . . . . .	0,0035820	0,0036601
Азот . . . . .	0,0036732	0,0036744
Карбонат ангидрид . . . . .	0,0037414	0,0037262
Ҳаво . . . . .	0,0036760	0,0036750

Аниқ ўлчашлар, ҳар бир газда  $\alpha$  ва  $\gamma$  нинг қийматлари уларнинг қандай температура интервалида ва қандай босимда аниқланишига қараб, ҳар хил чиқишини кўрсатади. Аммо бу фарқ жуда ҳам оз, улар фақат аниқ ўлчашларда ҳисобга олинади.

#### 24-машқ.

1. 0 градуса босими 500 мм сим. уст. босимига тенг бўлган газ 0 градусдан 100 градусгача иситилган. Шу газнинг изохорасини чизинг.

2. Агар 0 градус температурада водороднинг босими 700 мм сим. уст. босимига тенг бўлса, унинг босими 30 градус температурада қанча бўлади? Газнинг ҳажми узгармайди.

3. Бирининг сизими 200 см<sup>3</sup>, иккинчисиники 1 л бўлган иккита колбада нормал босим остида 0 градус температурали ҳаво бор. Шу колбаларнинг оғзи беркитилиб, қайнаётган сув буғида иситилган. Колбалардаги ҳавонинг босими бир хил бўладими ёки ҳар хил бўладими?

**88. Температураларнинг абсолют шкаласи.** Газнинг температураси ўзгарганда босими ўзгариш графигини яна бир марта кўрайлик (138-расм).

Бу графикдаги  $LM$  чизиқни газнинг температуралари кўрсатилган горизонтал ўқ билан кесишгунча давом қилдирайлик; бу чизиқ ўқни  $K$  нуқтада кесиб ўтади. Графикда  $K$  нуқта газнинг босими нолга тенг бўлгандаги температурани кўрсатади. Бу температура қанча бўлади?

$p_t = p_0 (1 + \gamma t)$  тенгламага қарайлик. Бу тенгламада  $p_t = 0$  деб фарз қилайлик, яъни қуйидаги тенгликни ёзайлик:

$$0 = p_0 (1 + \gamma t).$$

0 градусда газнинг босими нолга тенг бўлмагани ( $p_0 \neq 0$ ) учун бу тенгликдан:

$$1 + \gamma t = 0,$$

бундан  $t = -\frac{1}{\gamma}$  ёки  $\gamma = \frac{1}{273}$  бўлгани учун

$$t = -273^\circ.$$

Шундай қилиб,  $-273$  градусда газнинг босими нолга тенг бўлади.

Инглиз олими Вильям Томсон (Кельвин) температураларнинг шундай шкаласини тавсия қилдики, бу шкалада ноль деб  $-273^\circ$  температура қабул қилинади. Бу шкала температураларнинг абсолют шкаласи ёки Кельвин шкаласи деган номни олди, бу шкаланинг  $-273^\circ$  га тенг бўлган ноль градуси эса температураларнинг абсолют ноли деб аталади.

Кельвин шкаласида ҳам градусларнинг катталиги Цельсийнинг юз градусли шкаласидагидек бўлади.

Бундан кейин Кельвин шкаласидаги температураларни  $T$  ҳарфи билан кўрсатамиз.

Нормал атмосфера босимида Кельвин шкаласи бўйича музнинг эриш температураси  $T_0 = 273^\circ$ , сувнинг қайнаш температураси эса  $T = 373^\circ$  бўлади.



**Вильям Томсон (Кельвин)** (1824 — 1907) — машҳур инглиз физиги. У электр ва иссиқлик назарияси соҳасида жуда муҳим кашфиётлар қилди. Унинг ихтироларидан телеграф алоқасини мукамаллаштириш устида қилган ихтироси катта аҳамиятга эга бўлди. У физикага абсолют температура тушунчасини киргизди. Абсолют температуралар шкаласининг градуслари унинг номига *Кельвин градуслари* деб аталган.

Цельсийнинг юз градусли шкаласида кўрсатилган ҳар қандай  $t$  температура абсолют температура  $T$  билан қуйидагича боғланган бўлади:

$$T = t^{\circ} + 273^{\circ};$$

$$t^{\circ} = T - 273^{\circ}.$$

### 25-машқ.

1. Цельсий шкаласи бўйича кўрсатилган:  $20^{\circ}$ ;  $-14^{\circ}$ ;  $-260^{\circ}$ ;  $125^{\circ}$  температураларни абсолют температуралар шкаласига кўчиринг.

2. Кельвин шкаласи бўйича кўрсатилган:  $15^{\circ}$ ;  $124^{\circ}$ ;  $273^{\circ}$ ;  $373^{\circ}$ ;  $1150^{\circ}$  температураларни Цельсий шкаласига кўчиринг.

**§9. Газнинг ҳажми, босими ва температураси орасидаги боғланиш. Газ ҳолатининг бирлашган қонуни.** Биз газ ҳолатини характерлайдиган учта катталикдан (ҳажм, босим ва температурадан) бири ўзгармаган процессларни кўриб чиқдик.

Биз кўрдикки, агар газнинг температураси ўзгармаса, унинг босими билан ҳажми бир-бирига Бойль — Мариотт қонуни бўйича боғланади. Босим ўзгармасдан температура ўзгарганда газнинг ҳажми Гей-Люссак қонуни бўйича ўзгаради ва, ниҳоят, газнинг ҳажми ўзгармасдан температураси ўзгарганда босими Шарль қонуни бўйича ўзгаради.

Бироқ табиатда газ ҳолатини характерлайдиган учта катталикнинг ҳаммаси бир вақтда ўзгарадиган процесслар кўп бўлади. Энди газнинг ҳажми, босими ва температураси орасидаги боғланишни аниқлаймиз.

Мисол учун, маълум бир газ массасининг ихтиёрий олинган иккита ҳолатида бу катталиклар қуйидагича бўлсин:

$$1) V_1, p_1, t_1; 2) V_2, p_2, t_2.$$

Бу ҳолатлардан  $p$ ,  $V$  ёки  $t$  ни ўзгартириб, газни истаган бир ҳолатга келтириш мумкин. Масалан, босимни ўзгартирмасдан газни 1) ва 2) ҳолатлардан температураси  $0$  градус бўладиган ҳолатларга келтирайлик.

Гей-Люссак қонунига асосан, газнинг температураси  $t_1$  дан  $0^{\circ}$  гача камайганидан кейин, унинг  $V_1$  ҳажми  $\frac{V_1}{1+\alpha t_1}$  бўлади, температура  $t_2$  дан  $0^{\circ}$  гача камайгандан кейин эса газнинг  $V_2$  ҳажми  $\frac{V_2}{1+\alpha t_2}$  бўлади. Газнинг янги ҳолатлари тубандагича ифодаланади:

$$1') \frac{V_1}{1+\alpha t_1}, p_1, 0^{\circ}; 2') \frac{V_2}{1+\alpha t_2}, p_2, 0^{\circ}.$$



Бу иккала ҳолатда температуралар бирдай, шунинг учун Бойль — Мариотт қонунига асосан:

$$\frac{V_1}{1+\alpha t_1} p_1 = \frac{V_2}{1+\alpha t_2} p_2 \quad (1)$$

деб ёзиш мумкин.

Текширилаётган газнинг ҳолатини характерлайдиган ҳамда 1 ва 2 индекслар билан кўрсатилган  $p$ ,  $V$ ,  $t$  катталикларни биз ихтиёрий танлаб олганимиздан, (1) тенглик бу газнинг истаган бир ҳолати учун тўғри бўлади. Шунинг учун:

$$\frac{pV}{1+\alpha t} = \text{const} \quad (2)$$

дейиш мумкин.

*Берилган газ массаси учун газ ҳажмининг унинг босимига кўпайтмасини кенгайтириш биномига бўлганимизда ўзгармас катталик чиқади.*

Газнинг ҳажми, босими ва температураси орасидаги биз топган бу боғланиш газ ҳолатининг бирлашган қонуни деб, (1) ёки (2) тенглик газ ҳолати тенгламаси деб аталади.

Газ ҳолати тенгламасига Цельсий шкаласи бўйича кўрсатилган  $t$  температура ўрнига абсолют шкала бўйича кўрсатилган  $T$  температурани қўйганимизда тенгламани соддалаштириш мумкин. Бунинг учун,

$$\frac{p_1 V_1}{1+\alpha t_1} = \frac{p_2 V_2}{1+\alpha t_2}$$

тенгламани ўзгартирайлик.

Бу тенгламага  $\alpha = \frac{1}{273}$  қийматни қўйганимизда,

$$\frac{p_1 V_1}{273 + t_1} = \frac{p_2 V_2}{273 + t_2}$$

ҳосил бўлади, буни 273 га қисқартирганимизда:

$$\frac{p_1 V_1}{273 + t_1} = \frac{p_2 V_2}{273 + t_2}$$

чиқади. Аммо  $273 + t_1 = T_1$  ва  $273 + t_2 = T_2$ , демак:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

деб ёзиш мумкин.

*Бу, берилган газ массасининг ҳажми билан босими кўпайтмасини абсолют температурага бўлганимизда ҳар қандай температураларда ҳам ўзгармас катталик чиқади.  $\frac{pV}{T} = \text{const}$ , деган гапдир.*

Масалан, агар  $T = 273^\circ$  температурада газнинг ҳажми  $V_0$  ва босими  $p_0$  бўлса:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{273}$$

деб ёзиш мумкин.

**90. Абсолют ноль тушунчасининг физик моҳияти.** Биз юқорида реал газлар Гей-Люссак, Шарль ва Бойль — Мариотт қонунларига фақат тақрибан бўйсунганини айтиб ўтдик. Бироқ биз шу қонунларга аниқ бўйсунадиган газни тасаввур қилишимиз мумкин. Бундай газнинг молекулалари одатдан ташқари кичкина эластик шарчалардан иборат бўлиб, буларнинг ўзаро таъсири фақат уларнинг бир-бири билан тўқнашишлари орқали рўй бериши керак. Физикада бундай газ идеал газ дейилади.

$p_t = p_0(1 + \alpha t)$  тенгламадан чиқадики,  $t = -273^\circ$  да, яъни абсолют нолда газнинг босими нолга тенг бўлади. Аммо газнинг босими ҳаракат қилаётган молекулаларнинг идиш деворларига босими-ку! Демак, абсолют ноль температурада идеал газ молекулаларининг иссиқлик ҳаракати тўхташи керак.

Тажриба кўрсатадики, паст босимларда реал газларнинг хоссалари идеал газ хоссаларига жуда ҳам яқин бўлади. Демак, абсолют ноль температурага яқин келганда реал газ молекулаларининг ҳам иссиқлик ҳаракати тўхташи керак. Бу хулоса газларгагина эмас, қаттиқ жисмларга ҳам, суюқликларга ҳам оиддир.

139-расм.  
Цилиндрдаги ҳавони тез қисганда ҳаво кучли исийди ва тез алангаланадиган модда ўт олиб кетади.

Физика бу ҳолатга эришиш мумкин эмаслигини кўрсатди, лекин унга жуда яқин келиш мумкин. Ҳозир абсолют нолдан атиги  $0,0044^\circ$  юқори бўлган температурага эришилган.

**91. Газ тез кенгайганида ва қисилганида унинг температураси ўзгариши.** Тажрибалар кўрсатадики, газ тез қисилганида унинг температураси кўтарилади, тез кенгайганида эса пасаяди.

Тубандаги оддий бир тажрибада газ қисилганида унинг температураси кўтарилишини кўрсатиш мумкин. Ичида силжий оладиган поршени бўлган қалин деворли цилиндрсимон шиша идиш олайлик (139-расм).

Идишдаги ҳавони тез қисганимизда у қаттиқ исийди ва идиш тагига солиб қўйилган, тез аланга оладиган модда (масалан, эфирда ҳўлланган пахта) ўт олиб кетади.

Бунга ўхшаган ҳодисадан, масалан, ички ёниш двигателларида — дизелларда фойдаланилади: цилиндрдаги ҳавони қисганда ёнадиган аралашма аланга олиш температурасигача исийди (двигателнинг қандай ишлашини биз кейинроқ, 131-§ да кўрамиз).

Газ тез кенгайганда эса унинг температураси пасаяди. Буни қўйидаги тажрибада кўриш мумкин. Оғзи тиқин билан беркирилган, ичида сув буғи бўлган маҳкам шиша банкага ҳаво дамлайлик. Ҳавонинг босими маълум бир даражага етганда тиқин отилиб чиқиб кетади; бунда ҳаво кенгайиб иш бажаради ва совийди, бунинг натижасида сув буғи туманга айланади (140-расм).

Газларнинг тез кенгайишида температуранинг пасайишидан газларни суюлтиришда фойдаланадилар: бу ҳақда 122-параграфда сузланади.

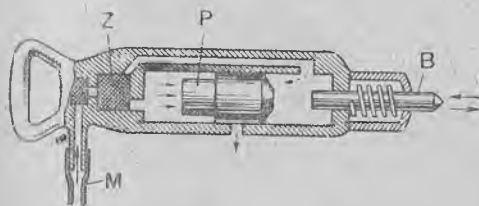
Юқорида, 71-параграфда жисм температура-сининг ўзгариши унинг ички энергиясининг ўзгариши билан боғлиқ бўлиши аниқланган эди.

Газни тез қисганда унинг температураси кўтарилганидан ички энергияси ортади. Газнинг ички энергияси уни қисишда иш бажарилганлиги натижасида ортади. Кенгайганда газ иш бажаради; бунда унинг ички энергияси камаёди, агар кенгайиш жуда тез бўлса, юқорида баён қилинган тажрибада кўрганимиздек, газнинг температураси пасаяди.

*Жисмда унинг атрофини ўраб олган бошқа жисмлар билан иссиқлик алмашмасдан буладиган процесс адиабат процесс дейилади.*

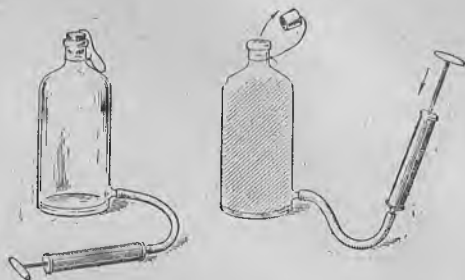
Тез бўладиган ҳамма процессларни амалда адиабат процесс деб ҳисоблаш мумкин.

92. Қисилган газларнинг қўлланилиши. Қисилган газларнинг кўпчилиги ҳозир техникада кенг қўлланилади.



141-расм. Отбой молотокнинг тузилиш схемаси.

машинналарда ишлатиладиган золотникка ўхшашган Z золотниклар қисилган ҳавони цилиндрининг гоҳ олдинги томонидан, гоҳ



140-расм. Идишдаги қисилган ҳаво тиқинни отиб ташлаб, кенгайди. Бунда у иш бажариб, совийди, бунинг натижасида идишдаги сув буғи туманга айланади.

Қисилган ҳаво, масалан, ҳар хил пневматик асбобларда: отбой молотокда, парчинлаш молотокларида, бўёқ пуркайдиган асбобларда ва бошқаларда қўлланилади.

141-расмда отбой молотокнинг тузилиш схемаси кўрсатилган. Қисилган ҳаво молотокка M шлангдан берилади. Буғ

орқа томонидан қўяди. Шунинг учун ҳаво  $P$  поршенга гоҳ бир томондан, гоҳ иккинчи томондан босади, бу эса поршень ва  $B$  молоток пикасининг (учининг) қайтма-илгариланма ҳаракатини майдонга келтиради. Пика эса кўмирга кетма-кет тез-тез уриб туради ва уни емириб туширади.

Қум оқими ҳосил қиладиган аппаратлар ҳам бор, булар қум аралашган кучли ҳаво оқими ҳосил қилади. Бундай аппаратлар биноларнинг деворини тозалашда ишлатилади. Ҳозир деворларнинг деворини бўяшда бўёқни қисилган ҳаво билан пуркайдиган махсус аппаратлар ҳам ишлатилади. Метро ва троллейбусларнинг эшиги қисилган ҳаво билан очилади ва ёпилади. Қисил-



142-расм. Темир йўл пневматик тормозининг тузилиш схемаси.

ган ҳаво транспортда тормоз ишида фойдаланилади. 142-расмда темир йўл вагонларидаги пневматик тормоздан биттасининг схематик тузилиши кўрсатилган.

Компрессор  $A$  пўлат резервуарга (идишга) магистраль бўйлаб ҳаво юборади. Тормоз цилиндрининг  $B$  поршенига ўнг ва чап томондан бирдай босим таъсир қилади; шунинг учун унга бириктирилган  $D$  тормоз қолипи ғилдиракка тегмай туради. Агар  $M$  тормоз крани очилса, босим остида бўлган ҳаво атмосферага чиқишга интилиб,  $K$  клапанни беркитиб қўяди ва, шундай қилиб, пўлат резервуарни магистралдан ажратади. Энди  $B$  поршенга чап томондан бўлган босимга қараганда ўнг томондан бўлган босим кўпроқ бўлади, шунини учун тормоз қолипи ғилдирак тўғинига қисилиб қолади. Агар  $M$  кран беркитилиб, магистралдан қисилган ҳаво юборилса, бошланғич вазият тикланади.

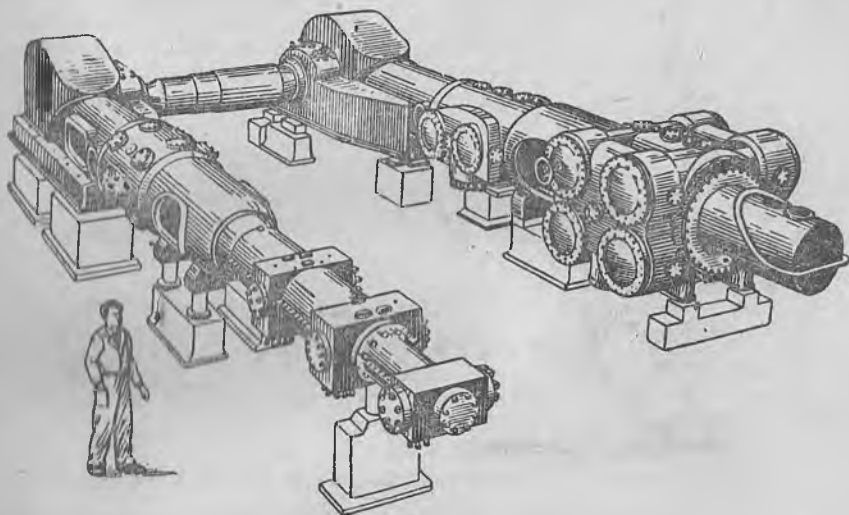
Техникада фақат қисилган ҳавогина эмас, балки баъзи бошқа газлар ҳам кўп қўлланилади. Масалан, водород, ацетилен ва кислород газ пайвандлашда қўлланилади; совитишда аммиакдан музхоналарда фойдаланилади. Газларни бир жойдан иккинчи

жойга олиб бориш қулай бўлиши учун, улар 60—200 ат босим остида маҳкам пўлат баллонларга дамланади.

Газлар кучли дам берадиган насослар — компрессорлар ёрдами билан қисилади.

143-а, б расмда компрессорнинг ишлаш схемаси кўрсатилган.

Компрессорнинг иккита клапанли ва поршеньли цилиндри бўлади, ҳаво бу клапанларнинг биридан киради, иккинчисидан чиқиб кетади. Поршень пастга қараб юрганда (143-б расм)



143-расм. Кучли компрессорнинг ташқи кўриниши.

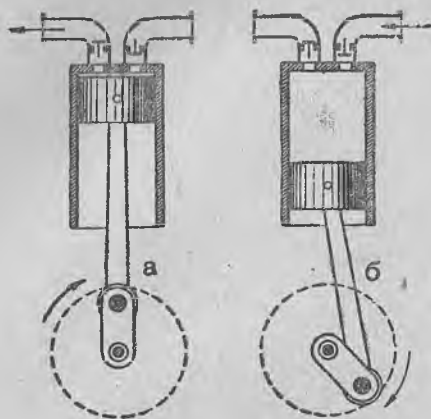
ҳаво кирадиган клапан очилади ва цилиндрга ҳаво киради; поршень юқори қараб юрганда (143-а расм) ҳаво кирадиган клапан беркилади, цилиндрдаги ҳавони поршень қисади ва ҳаво чиқадиган клапан очилиб, қисилган ҳаво газ сақланадиган пўлат баллонга ўтади.

Кўп поғонали компрессорлар деб аталадиган компрессорлар бор. Бу компрессорларда газ бирин-кетин уч ёки тўрт цилиндрда қисилади. Бундай компрессорлар босими мингларча атмосферага борган қисилган газлар ҳосил қилишга имкон беради. 143-расмда кўп поғонали компрессорлардан бирининг ташқи кўриниши тасвирланган.

26-машқ.

1. Газ ҳолати тенгламаси  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$  дан фойдаланиб, ундан Бойль — Мариотт, Гей-Люссак ва Шарль қонунларининг математик ифодаларини чиқаринг.

2. Температура 0 градус, босим 760 мм с.м. уст. бұлганда ҳавонинг ҳажми 5 л. Босим 800 мм с.м. уст., температура 20 градус бұлганда шу ҳавонинг ҳажми қанча бўлади?



143-расм. Компрессорнинг ишлаш схемаси:

босим  $p$  бўлганда шу газнинг зичлиги  $D_1$  қандай бўлади?

7. Босим ўзгармас бўлганда газнинг ҳажми абсолют температурага боғлиқ бўлиш графигини чизинг. Бу графикни  $p_t = p_0(1 + \gamma t)$  тенглама билан ифода қилинадиган графикка солиштириб кўринг (138-расм).

3. Босим 1 атмосфера, температура 15 градус бұлганда, ҳавонинг ҳажми 2 л. Агар унинг температураси 20 градус бўлиб қолса, босими қандай бўлганда ҳажми 4 л бўлади?

4. Температура 50 градус, босим 750 мм с.м. уст. босимига тенг бўлганда водороднинг ҳажми 2,5 л. Температура 0°C босим 760 мм с.м. уст. босимига тенг бўлганда шу водород массасининг ҳажми қанча бўлади?

5. Агар ички ёниш двигатель цилиндридаги ёнадиган газ аралашмаси атмосфера босимида ва 50 градус температурада 40 дм<sup>3</sup> жой эгалласа ва поршень юрганда 15 атмосфера босим остида 5 дм<sup>3</sup> гача қисилса, шу газ аралашмаси қандай температурагача исийди?

6. Агар температура 0 градус, босим  $p_0$  бўлганда газнинг зичлиги  $D_0$  бўлса, температура  $t$  градус ва

## СУЮҚЛИКЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ.

**93. Суюқликларда молекуляр ҳаракат.** Суюқликларнинг молекулалари газларникига қараганда бир-бирига анча яқин жойлашган бўлади. Масалан, сувнинг нормал босим остида қайнаш температурасидаги зичлиги унинг буғининг зичлигидан 1670 марта ёртиқ бўлишига асосланиб, шундай хулосага келиш мумкин. Шунинг учун суюқлик молекулалари ҳаракатининг характери ва унинг кўпгина хоссалари деярли даражада молекулаларнинг узаро таъсир кучига боғлиқ бўлади.

Суюқликнинг асосий хоссаси — оқувчанлик дегир. Газларга ўхшаб, ҳамма суюқликлар ҳам оқувчан бўлади; шунинг учун суюқлик қандай идишга қўйилган бўлса, уша идишнинг шаклини олади. Идишга қўйилмаган оз миқдордаги суюқлик шарсимон шаклни олади. Масалан, ёмғир томчилари, суюқлик оқими бир нарсага урилиб майдаланганда ҳосил бўлган томчилар шарсимон шаклда бўлади.

Горизонтал шиша пластинкага томизилган симобнинг катта томчиси бир оз ялпаяди, кичкина томчиси шарсимон бўлади (144-расм). Агар шарсимон томчининг устига пластинка қўйилса, пластинка оғирлигининг таъсири остида у ялпаяди. Катта томчининг бир оз ялпайиши томчи оғирлигининг суюқликдаги молекуляр кучлардан устунлик қилишидан бўлади. Агар суюқликни фақат ўзининг молекуляр кучлари таъсири остида қолдирсак, у шарсимон бўлиб қолиши мумкин. Тажриба бу фаразнинг тўғрилигини тасдиқлайди.

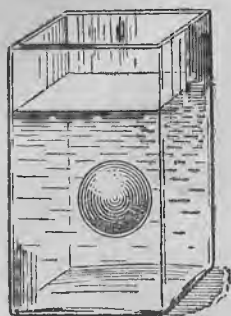
Агар тузни сувда эритиб, зичлиги анилин зичлигига барабар бўлган эритма тайёрласак ва шу эритмага озгина анилин томизсак, бу томчи эритмада шарсимон бўлиб қолади (145-расм).



144-расм. Симобнинг катта томчиси бир оз ялпаяди, кичкинаси шарсимон бўлади.

Маълумки, берилган ҳажмда шарнинг сирти энг кичик сирт бўлади. Агар суюқлик фақат ўзининг молекуляр кучлари таъсирида бўлса, у шундай шаклни оладики, ана шу шароитда унинг сирти энг кичик бўлади.

Бу ҳодиса молекуляр кучларнинг суюқликнинг сирт қатламидаги ҳар бир молекулага таъсир қилишидаги хусусиятлари туфайли юз беради.



145- расм. Сувда эритилган туз эритмасидаги анилин томчиси.

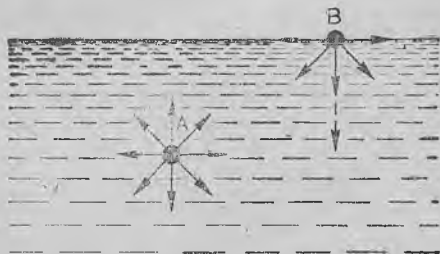
**94. Сирт таранглиги.** Молекуляр кучларнинг суюқлик ичидаги ва юзидаги молекулага таъсирини кўрайлик.

146- расмда кичкина *A* доира суюқлик ичидаги молекула, *B* доира суюқликнинг сиртидаги молекула тасвирлайди. *A* молекула шу суюқликнинг уни тортадиган бошқа молекулалари ҳар томондан ўраб олган. Ўрта ҳисоб билан олганда *A* молекулага таъсир қиладиган молекуляр кучлар бир-бири билан мувозанатлашган бўлади. *B* молекулага келганда эса гап бошқача; бу молекуланинг устида зичлиги суюқлик зичлигидан кам бўлган газ бор. Шунинг учун *B* молекулага газ молекулаларнинг кўрсатган таъсирини ҳисобга олмаса ҳам бўлади; бунда тенг таъсир этувчиси суюқликнинг ичига қараб унинг сиртига перпендикуляр йўналган суюқлик молекуляр кучларининг таъсирини қолади. Шу кучлар таъсири остида суюқлик молекулаларининг бирмунчаси сиртқи қатламдан суюқликнинг ичига киришга интилади. Бунда суюқликнинг сирт қатлами қисқаради ва ўзига хос таранг ҳолатда бўлади.

Бу қатламни шакли ва катталиги қандай бўлишига қарасан ҳам ҳар вақт таранг бўлган юпқа парда деб қарасак, суюқликнинг бу қатламининг кўп хоссаларини тушунтириш мумкин бўлади.

Бу тўғрида қуйида келтирилган совун пардалари устида қилинган тажрибалар яққол тасаввур ҳосил қилишга имкон беради.

147- расмда иккита нуқтасига ип боғланган сим ҳалқа тасвирланган. Шу ҳалқада суюқлик пардаси ҳосил қилинса, парда устида ип бемалол ётади (147-а расм). Аммо пардани ипнинг бирор томонидан тешсак, унда ип тортилади ва парда ипнинг



146- расм. Суюқликнинг ичидаги ва юзидаги суюқлик молекуласига таъсир қиладиган кучлар.



қайси томонидан тешилишига қараб, 147-б расмда кўрсатилгандек доира ёйи шаклига ёки 147-в расмдаги шаклга келади.

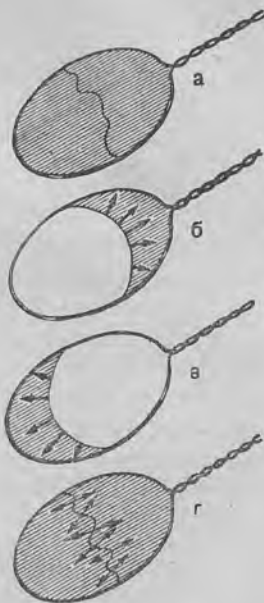
Суюқлик томонидан ипнинг бир-бирига тенг элементларига катталиклари бир-бирига тенг ва шу элементларга перпендикуляр йўналган кучлар таъсир қилади деганимизда ипнинг бу хилда тортилиши тушунилади (147-г расм). Бу кучлар сирт таранглиги кучлари дейилади.

Агар совун парда устига сувга ҳўлланган ип сиртмоқни ташласак, парда бутун бўлган вақтда сиртмоқ унинг устида эркин ётади (148- расм). Агар сиртмоқнинг ичидаги пардани тешсак, совун парда ҳар томонга баравар қисқариб, сиртмоқни тортади ва ип ҳалқа ҳосил бўлади.

Симдан қилинган ҳар хил шаклдаги каркасларда (қолипларда) совун пардалари ҳосил қилинганда, ҳар қайсиси берилган шакл учун энг кичик сиртга эга бўлган ҳар хил фигуралар ҳосил қилиш мумкин. Маълум бир шаклдаги каркасни қоплаган совун парда сирт таранглик кучларининг таъсири остида қисқариб, шу берилган шароитда бўлиши мумкин бўлган энг кичик сирт ҳосил қилади (149- расм).

Сирт таранглик кучи суюқлик сиртини чегаралайдиган чизик узунлигининг истаган бир элементига перпендикуляр бўлиб, суюқликнинг сиртига уризма бўлади. Агар суюқликнинг сирти яеси бўлса, унда сирт таранглик кучининг вектори суюқлик сирти текислигида ётади.

**95. Сирт таранглик коэффиценти.** Энди сирт тарангликнинг сон жиҳатидан бўлган характерини аниқлайлик. Тубанда



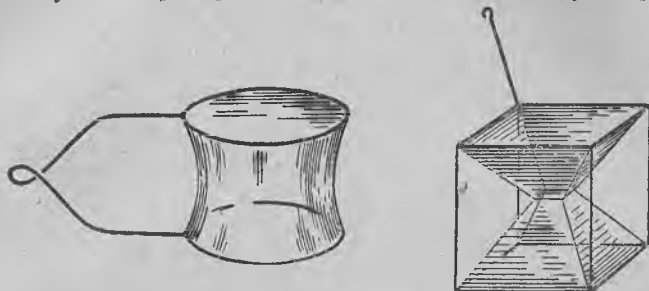
147- расм. Сирт таранглик кучи тушунчасига доир расм.



148 расм. Совун пардасида сиртмоқ бемалол ётади, ammo сиртмоқ ичидаги пардани тешсак, сиртмоқ доира шаклига келади.

*Суюқликнинг сирти* 1463

баён этилган тажрибани қилайлик. *B* бюреткага (бир учи тор шиша найга) сув қуйиб, *K* кранни бюреткадан сув аста-секин томиб турадиган қилиб салгина очайлик (150- расм). Бунда биз ҳар бир томчи аста-секин ўса бориб, узилиши ва тушишини кўрамиз. Агар бюретка учининг проекциясини экранга туширсак, томчи ўсган сари сув томчиси билан бюретка учи орасида



149- расм. Парда қисқариб, булиши мумкин булган сиртлардан энг кичкинасини олади.

аста-секин ингичкалашиб бораётган шейка (бўйин) ҳосил бўлишини кўрамиз. *C* томчи *AB* шейканинг айланаси бўйлаб узилади (151- расм). Демак, бу айлана томчи узилган пайтда сирт қатламининг чегараси бўлади. Томчини ушлаб турувчи

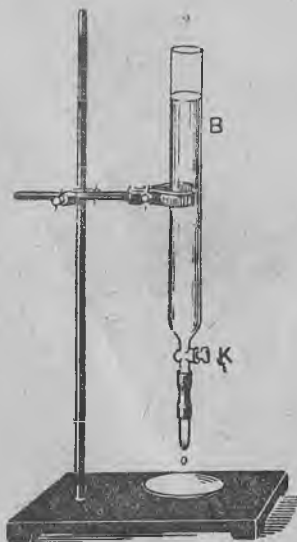
юқорига йўналган сирт таранглик кучи бу айлана бўйлаб таъсир қилади.

Сирт таранглик кучлари чизиқ узунлиги бўйлаб тақсим қилинган бўлади, шу сабабли чизиқ узунлиги бирлигига таъсир этувчи сирт таранглик кучининг катталиги биз қидирган сон характеристикани аниқлаш учун хизмат қилиши мумкин.

Сирт таранглик кучининг суюқлик сирт қатлами чегараси узунлигига бўлган нисбати билан ўлчанадиган катталик сирт таранглик коэффициентини дейилади.

Сирт таранглик коэффициентини  $\sigma$  (грекча „сигма“) ҳарфи билан белгилайлик. Унда таърифимизга мувофиқ:

$$\sigma = \frac{F}{l},$$



150- расм. Бюреткадан оқиб чиқаётган сув томчиси секин-аста ўсади, узилади ва тушади.



151- расм. Томчи бўйин айланаси бўйлаб узилади.

бунда  $F$  — сирт таранглик кучи,  $l$  — сирт қатлам чегарасининг узунлиги. Агар кучни диналарда, узунликни сантиметрларда ифодаласак,  $\sigma$  бунда  $\frac{\text{дина}}{\text{см}}$  ларда ўлчанади.

Энди тажрибамизда сувнинг сирт таранглик коэффициентини қандай ҳисоблаш кераклигини кўрайлик.

Томчининг  $P$  оғирлиги  $F$  сирт таранглик кучидан катта бўлиб қолган вақтда томчи узилиб тушади. Агар  $AB$  шейканиннг радиуси  $r$  бўлса,  $l = 2\pi r$ .

Томчи узилиб тушадиган пайтда  $F = P$  бўлгани учун, биз

$$\sigma = \frac{P}{2\pi r}$$

деб ёза оламиз.

50—100 томчини тарозида тортиб бир томчининг ўртача оғирлигини топамиз ва  $r$  ни найнинг ички радиуси деб қабул қилиб (ҳақиқатда  $r$  бу радиусдан кичикроқ бўлади), бу формуладан  $\sigma$  нинг тақрибий қийматини топиш мумкин.

Қуйидаги жадвалда баъзи суюқликлар сирт таранглик коэффициентининг қийматлари келтирилган:

Суюқлик	°С градусларида температура	$\frac{\text{дин}}{\text{см}}$ ларда сирт таранглиги	Суюқлик	°С градусларида температура	$\frac{\text{дин}}{\text{см}}$ ларда сирт таранглиги
Сув . . . . .	0	75,5	Симоб . . . . .	20	470
Сув . . . . .	18	74	Суюқ қўрғошин . . . . .	336	442
Сув . . . . .	35	70	Суюқ темир . . . . .	1267	963
Сув . . . . .	100	58,8	Суюқ пластина . . . . .	2000	1819
Совуш эритмаси . . . . .	20	40	Суюқ водород . . . . .	-253	2,1
Сирт . . . . .	20	22	Суюқ гелий . . . . .	-269	0,12
Фир . . . . .	25	17			

Жадвалдан кўринадики, температура кўтарилганда сувнинг сирт таранглиги камаяди; бу, бошқа суюқликларга ҳам оиддир.

Эритилган металлларда сирт таранглик жуда ҳам катта бўлиб, суюлтирилган газларда, айниқса, суюқ гелийда жуда кам бўлади.

Сирт тарангликнинг катталигига ҳар хил сабаблар таъсир қилади. Суюқликка озгина бошқа нарса аралашганда унинг сирт таранглиги жуда ўзгариб кетади, кўпинча камаяди. Амалда суюқликнинг бу хоссаси билан ҳисоблашишга тўғри келади; жумладан, сирт таранглик коэффициентини аниқлашда жуда ҳам тоза суюқликлардан фойдаланиш керак.

Агар сув юзига майда камфара бўлакларини ташласак, бу бўлаклар мураккаб ва жуда чалкаш ҳаракатлар қилади. Бу ҳаракатларнинг сабаби нима?

Камфара бўлакларининг шакли нотўғри бўлганидан сув юзиди улар ҳар хил эрийди. Сув юзиди камфара аралашмаси ҳосил

бўлиши эса сувнинг сирт таранглигининг катталигини ўзгартиради, камфара қанча кўп эриса, бу ўзгариш шунча катта бўлади. Бу ажойиб ҳаракат камфара бўлақларини ўраб олган сув сирт таранглигининг катталигида фарқ бўлиши туфайли майдонга келади.

**96. Ҳўллаш.** Сувли стаканга туширилган тоза шиша пластинкани сувдан чиқариб олганимизда, пластинка сувдан ҳўл бўлиб чиққанини кўрамиз. Парафин ёки ёғ суркалган картон пластинкага эса сув ёпишмайди.

Қаттиқ жисм суюқликка текканда ё ҳўлланади, ё ҳўлланамайди. Сув тоза шишани ҳўллайди, аммо парафинни ҳўлламайди; симоб руҳни ҳўллайди, аммо чўянли ҳўлламайди.

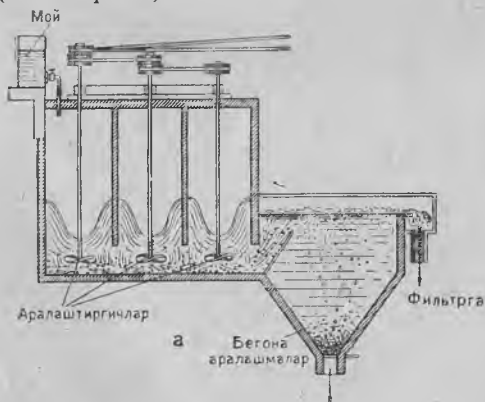


152- расм. *a* — қаттиқ жисмни ҳўллайдиган суюқлик қаттиқ жисмнинг устида ёйилиб кетади; *б* — ҳўлламайдиган суюқлик ёйилмайди.

Суюқликнинг қаттиқ жисмни ҳўллаши шундан келадикки, қаттиқ жисм молекулалари билан қаттиқ жисмни ҳўллайдиган суюқлик молекулалари орасидаги тутиниш суюқлик молекулалари орасидаги тутинишга қараганда кучлироқ бўлади.

Суюқлик қаттиқ жисмни ҳўлламаганда суюқлик молекулаларининг бир-бирини тортиш кучи уларнинг қаттиқ жисм молекулаларига тортилиш кучидан каттароқ бўлади.

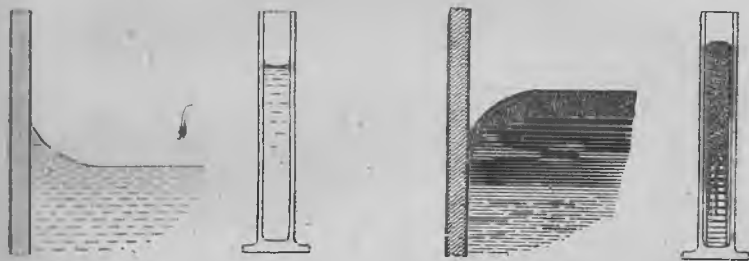
Қаттиқ жисмдан қилинган пластинкага бир оз суюқлик томизганда суюқлик молекулаларининг қаттиқ жисмга тортилишидаги бу фарқ аниқ кўринади. Агар суюқлик қаттиқ жисмни ҳўлласа, у, қаттиқ жисмнинг юзига ёйилиб кетади (152-*a* расм). Агар суюқлик қаттиқ жисмни ҳўлламаса, томчи ҳосил бўлади (152-*б* расм).



153- расм. *a* — флотацион қурилманинг схемаси; *б* — ичида ҳаво бўлган мой пардасига мегалл парчалари ёпишиб, сувнинг бетига чиқади; сегона жинс эса идишнинг тагига утиради.

Ҳар хил суyoқликларнинг турли қаттиқ жисмларни бирдай ҳўлламаслиги рудаларни бойитиш, яъни рудалардан сапоат учун аҳамияти бўлмаган минералларни ажратишда фойдаланилади (бу минераллар бегона аралашмалар дейилади). Тажриба кўрсатадики, бундай минералларнинг (кварц, силикатлар, темир оксидлари ва бошқаларнинг) сиртида сув ёйилиб кетиб жуда юққа парда ҳосил қилади (сув бу минералларни ҳўллайди). Агар шу минералларнинг парчаларини сувга ташласак, бу парчаларга ҳаво пуфаклари ёпишмайди.

Қимматбаҳо минералларнинг (қўрғошин ялтироғи, мис колчедани, олтингурут, графит ва бошқаларнинг) сиртида эса сув томчи ҳосил қилади (ҳўлламайди), мойли суyoқликлар эса юққигина парда ҳосил қилади. Бундай минералларнинг майда парчалари сув ичида сузиб юрган ҳаво пуфакларига ёпишади.



154-а расм. Суyoқлик қаттиқ жисмни ҳўлласа, идиш деворлари ёнида у бир оз кўтарилади. Тор идишларда бу суyoқликнинг сирти ботиқ бўлади.

154-б расм. Суyoқлик ҳўлламаса, идиш деворлари ёнида у бир оз пасаяди. Тор идишларда бу суyoқликнинг сирти қаварик бўлади.

Рудани бойитиш учун, у толқон қилиб майдаланади; бу кўкун сув билан мойга қориштирилади. Бунда мой парда ичидаги ҳаво пуфакларидан иборат кўпик ҳосил бўлади. Бу пардага қимматбаҳо минерал парчалари ёпишиб, кўпик билан бирликда қалқиб чиқади, ҳаво пуфаклари ёпишмагани учун кўтарилмаган бегона аралашмалар камеранинг тагига чўқади (153-б расм). Ҳар хил рудаларни бойитиш ва ҳар хил металлларни бир-биридан шу усул билан ажратиш флотация дейилади (инглизча флотин — қалқиб чиқиш деган сўздан олинган).

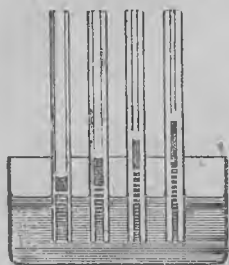
Бир томондан, суyoқлик молекулалари орасидаги тутиниш кучлари, иккинчи томондан, қаттиқ жисм молекулалари билан суyoқлик молекулалари орасидаги тутиниш кучларининг бир-биридан фарқ қилиши суyoқлик сиртининг идиш деворлари ёнида букилишига сабаб бўлади.

Суyoқлик қаттиқ жисмни ҳўллаганда қаттиқ жисм молекулалари билан суyoқлик молекулалари орасидаги тутиниш куч-

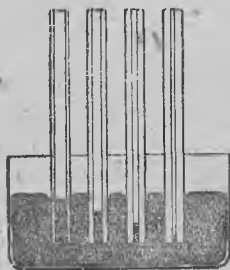
лари идиш ёнида суюқликни бир оз кўтарилади ва суюқликнинг юзи ботиқ бўлади (154-а расм). Бунинг аксича, суюқлик қаттиқ жисми хўлламаганда суюқлик молекулалари орасидаги тутиниш кучлари суюқликнинг ичига томон йуналган бўлиб, уни идиш деворларидан ичкарига қараб итаради ва суюқликнинг сирти қавариқ бўлади (154-б расм).

**97. Капиллярлик.** Бир булак қанд, гишт, босма қоғоз, сочиқ ва бошқа бир қатор жисмлар сувни ўзига шимиб олади.

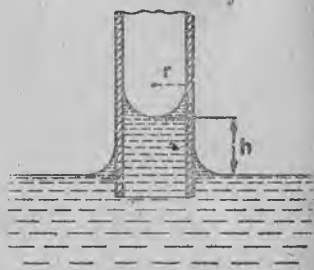
Бу қандай тушунтирилади? Бу жисмларнинг ҳаммасида жуда ингичка найларга ўхшаган жуда кўп майда каналлар бўлади.



155-расм. Хўллайдиган суюқликнинг юзи капилляр найларда кенг идишлардагига қараганда баландроқ туради.



156-расм Хўлламайдиган суюқликнинг юзи капилляр найларда кенг идишлардагига қараганда пастроқ бўлади.



157-расм. Баландлиги  $h$  бўлган суюқлик устунини капилляр найда радиуси  $r$  бўлган айлана бўйлаб таъсир қилган сирт таранглик кучи ушлаб туради.

Бундай найлар капилляр найлар деб аталади (латинча капиллус — соч деган сўздан олинган).

Бир нечта шиша капилляр найнинг учини сувли идишга ботирайлик. Бу найларда сувнинг юзи идишдаги сувнинг юзидан анча баланд кўтарилади ва най қанча ингичка бўлса, сув шунча юқори кўтарилади (155-расм). Агар шундай найлар симобли идишга ботирилса, улардаги симобнинг юзи идишдаги симоб юзидан паст бўлади (156-расм).

Капилляр найлардаги суюқликнинг бутун юзи эгри бўлади, уни мениск деб атайдилар. 155 ва 156-расмлардан кўринадики, суюқлик найни хўллаганда, мениск ботиқ бўлади, хўлламаганда — қавариқ бўлади.

Капилляр найларда суюқликнинг кўтарилиш баландлигини ҳисоблаб топиш осон.

157-расмда суюқликка ботирилган капилляр найнинг кесими катта қилиб кўрсатилган. Суюқликнинг сирти най ичига  $2\pi r$  айланада туради, бунда суюқлик сиртининг четлари деярли вертикал бўлади. Сирт таранглик кучи шишага ёпишган суюқлик пардасининг  $2\pi r$  айланасининг узунлиги бўйлаб вертикал йуналишда таъсир қилади. Агар сирт таранглик коэф-

коэффициент  $\sigma$  бўлса, суюқликнинг сирти четларини ушлаб турган бутун куч  $2\pi r\sigma$  га тенг бўлади, бунда  $r$  — най ички каналнинг радиуси. Бу куч баландлиги  $h$ , оғирлиги  $\pi r^2 Dg$  бўлган суюқлик устунини ушлаб туради, бунда  $D$  — суюқликнинг зичлигидир.

Найдаги суюқлик мувозанатда бўлгани учун,

$$2\pi r\sigma = \pi r^2 h Dg,$$

бундан

$$h = \frac{2\sigma}{rDg}.$$

*Капилляр найда суюқликнинг кўтарилиш баландлиги сирт таранглик коэффициентига тўғри пропорционал бўлиб, найнинг радиусига ва суюқликнинг зичлигига тескари пропорционалдир.*

Бу формулани қаттиқ жисмини ҳўлламайдиган суюқликка ҳам татбиқ қилиш мумкин, фақат бунда гап суюқликнинг кўтарилиши устида эмас, пастга тушиши устида боради.

Серковак жисмларнинг суюқликни шимиб олиши, масалан, суюқликнинг иилик бўйлаб кўтарилиши, пойдевордан нам кўтарилиши, тупроқдан сувнинг кўтарилиши капиллярлик туфайли юз беради. Тупроқнинг капиллярлиги ундаги намни сақлашда жуда катта аҳамиятга эгадир, бу фактга қишлоқ хўжалигида жиддий эътибор беришга тўғри келади.

Капилляр ҳодисалар айниқса биологияда катта роль ўйнайди. Ўсимлик ва ҳайвон тўқималарининг кўпчилигида капилляр томирлардан иборат жуда кўп ҳар хил каналлар бўлади. Озиқ моддалар шарбатининг ўсимликнинг илдизидан танасининг энг юқорисигача чиқишидек биологик ҳодисалар шу томирларда суюқликларнинг ҳаракати туфайли бўлади.

Суюқликнинг капилляр кўтарилиши қишлоқ хўжалигида ҳисобга олинадиган фактордир. Масала шундаки, тупроқдаги нам капиллярлар бўйлаб кўтарилиб, ер бетига чиқади ва буғланади. Буғланишни камайтириш учун капиллярларни бузиш керак. Бунинг учун ерни ҳайдайдилар.

Баъзан бунинг аксича, намни капиллярлар бўйлаб ер юзига чиқариш керак бўлади. Унда ерни бостириб текислайдилар, шундай қилганда капилляр каналларнинг сони ортади.

### 37-машқ.

1. Сувнинг сирт таранглиги  $\sigma = 74 \frac{\text{дн}}{\text{см}}$ . Радиуси 0,05 мм бўлган капилляр найда сув қандай баландликка чиқади?

2. Диаметри 1 мм найда сув 30,05 мм баландликка кўтарилади. Шу сонларга қараб сувнинг сирт таранглигини топинг.

## ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ.

**98. Кристалл ва аморф жисмлар.** Қаттиқ жисмлар икки хил бўлади: кристалл жисмлар ва аморф жисмлар. Жисмларнинг шу икки хили физик хоссалари жиҳатидан қараганда бир-биридан катта фарқ қилади.

Бир жинсли кристалл жисмнинг асосий аломати унинг физик хоссаларининг: иссиқликдан кенгайиши, иссиқлик ўтказувчанлиги, электр ўтказувчанлиги, механик маҳкамлиги ва бошқа хоссаларининг ҳар йўналишда ҳар хил булишидир. Кристалларнинг бу хоссаси анизотропия дейилади<sup>1</sup>.

Гипс пластинка ва шиша пластинка олиб, иккаласини ҳам юпқа мум ёки парафин қатлами билан қоплайлик-да, уларга қиздирилган нинанинг учини тегизайлик (158-расм). Нина пластинкага теккан *O* нуқта атрофида парафин эрийди, бунда парафин эриган юзнинг чегараси кристалл гипс пластинкада эллипс бўлади (158-а расм), шиша пластинкада эса доира бўлади (158-б расм).

Бу тажриба, иситганда гипс кристаллида энергиянинг шишадагидек ҳамма йўналишда бирдай тарқалмасдан, ҳар йўналишда ҳар хил тарқалишини кўрсатади.

Кристаллнинг муҳим ташқи аломати унинг мунтазам геометрик шаклда булишидир, шу билан бирга кристалл шаклнинг характерли аломати шундан иборатки, бир модда кристалларининг ёқлари орасидаги мос бурчаклар бирдай булади.

Кристалл жисмларга мисол қилиб металллар, ош тузи, тўтиё, кварц, аччиқ тош ва бошқаларнинг кристалларини кўрсатиш мумкин. 159-расмда тоғ хрустали кристаллари оиласи кўрсатилган.

Агар жисм бир кристаллдан иборат бўлса, у монокристалл дейилади (монос — бир деган сўз).

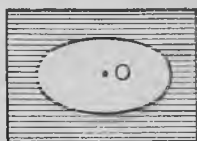
Жисм тартибсиз жойлашган ва бир-бирига ёпишиб ўсган майда кристалллардан иборат бўлса, у поликристалл жисм дейилади (поли — кўп деган сўз). Майда кристалларнинг тар-

<sup>1</sup> Анизотропия грекча анизос — текисмас, тропос — бурилиш деган сўзлардан олинган.

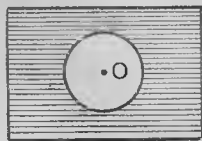


тибсиз жойлашуви сабабли поликристалл жисмнинг физик хоссалари ҳамма йўналишларда бир хил бўлади.

Поликристалл жисмларга металлар киради. Баъзан қаттиқ тобланган чўян, пўлат ва қуйма жезларнинг синган жойида майда кристалларини оддий кўз билан қараганда ҳам кўриш мумкин. Баъзи металларнинг кристалл тузилишини микроскоп ёрдами билан кўриш мумкин. Аммо баъзи поликристалл жисмлар шундай майда кристалллардан иборат бўладикки, бу кристаллларни ҳаттоки микроскоп ёрдами билан ҳам кўриб бўлмайди.



а



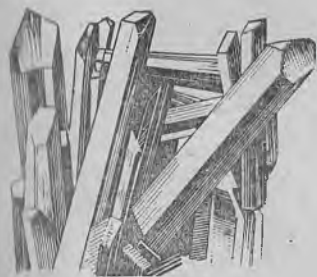
б

158-расм. Қиздирилган нинани тегизганда пластинкага суркалган парафин эрийди.

Аморф<sup>1</sup> жисмларнинг кристалллардан фарқи шундаки, уларнинг физик хоссалари ҳамма йўналишларда бирдай бўлади.

Аморф жисмларга мисол қилиб қора мум ва шишани кўрсатиш мумкин.

Қора мум парчасига болга билан урганимизда, у майдаланиб кетади, яъни мўрт қаттиқ жисмга ўхшайди, шу билан бирга унда суюқликларда бўладиган хоссалар ҳам кўринади. Масалан, қаттиқ мум парчалари горизонтал сиртда секин ёйилиб кетади; тўнтариб қўйилган бочкадаги мум секин оқиб чиқади. Идишга солиб қўйилган мум парчалари секин-аста ёйилиб



159-расм. Тоғ хрустали кристаллари оиласи.

кетади ва идиш шаклини олади. Мум устига қўйилган оғир жисм секин-аста унга чўкади, мумнинг остига солинган енгил жисмлар бир қанча вақт ўтиши билан унинг бетига чиқади. Шу хоссаларига қараб мумни жуда ҳам қуюқ ва ёпишқоқ суюқлик дейиш мумкин.

Шиша анча пишиқ ва қаттиқ бўлади, яъни қаттиқ жисмлар учун характерли бўлган хоссаларга эга бўлади. Аммо молекуляр тузилиши жиҳатидан қараганда уни қаттиқ жисмларга киргизгандан кўра суюқликлар қаторига киргизиш мумкин.

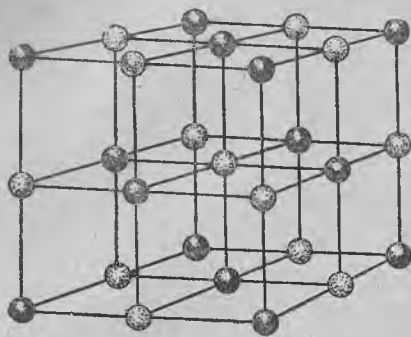
Ҳозирги вақтда аморф жисмлар ҳар хил пластмассалар тарзида техникада ва турмушда кўп қўлланилади.

Шундай ҳоллар ҳам буладикки, бир модданинг ўзи ҳам кристалл ҳолатда, ҳам аморф ҳолатда бўлиши мумкин. Масалан, шакар кристалл тузилишлидир. Аммо шу шакар эритилса,

<sup>1</sup> Аморф сўзи грекча бўлиб, шаклсиз демакдир.

тиниқ обидандонга айланади, обидандон эса аморф моддадир. Вақт ўтиши билан у „шакар боглаб“ қолади—кристалл шакар қатлами билан қопланади.

Агар  $300^{\circ}$  дан бир оз ортиқроқ иситилган олтингугуртни совуқ сувга қуйсак, юмшоқ аморф олтингугурт ҳосил бўлади, бу олтингугурт вақт ўтиши билан кристалл олтингугуртга айланади.



● Cl    ● Na  
160-расм. Ош тузининг фазовий панжараси.

дан бошланган текширишлар кристаллларнинг мунтазам шакли кристалл ичида атомларнинг тартибли қаторларга жойлашувидан келишини исбот қилди.

Агар кристаллларнинг атомларини бир-бирига тўғри чизиқлар билан туташтирсак, фазовий панжара деб аталадиган панжара ҳосил бўлади. Кристаллни ташкил қилган айрим атомлар панжара ҳосил қилган чизиқларнинг кесишган нуқталарида—тугунларда жойлашган бўлади. Кўпинча фазовий панжаранинг тугунларида мусбат ёки манфий зарядли атомлар—ионлар бўлади. 160-расмда ош тузи фазовий панжарасининг схемаси тасвирланган. Ҳар бир мусбат Na иони манфий Cl ионлари орасида жойлашган ва ҳар бир манфий Cl иони мусбат Na ионлари орасида жойлашган. Na ва Cl ионларини бири-бири атрофида туришга мажбур қилган кучлар—электр тортиш кучларидир.

Кристаллларнинг турли-туман шаклларда бўлиши фазовий панжаранинг турли шаклларда бўлишидан келади.

Фазовий панжаранинг тузилиши ўзгарганда, жисмнинг физик хоссалари ҳам ўзгаради. Модданинг бир неча хил кристалл ҳолатга эга бўлиш хоссаси полиморфизм дейилади. Бир неча хил кристалл ҳолатларда бўлиши мумкин бўлган моддага мисол қилиб углеродни кўрсатиш мумкин. Углерод атомлари 161-а расмда кўрсатилгандек жойлашса, қаттиқ олмос ҳосил бўлади; олтибурчак ҳосил қиладиган занжир равишида жойлашганда (161-б расм) графит ҳосил бўлади. Графит олмосга

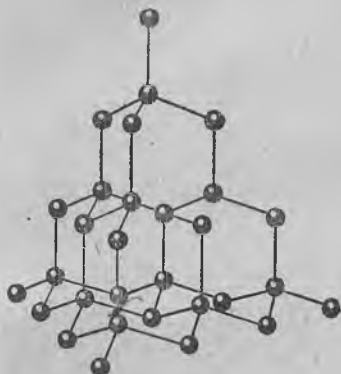
Вақт ўтиши билан шишада ҳам кристалланиш юз беради, буни шишанинг баъзи жойларида хира доғлар ҳосил бўлишида кўриш мумкин.

Бу кузатишлардан қаттиқ жисмнинг аморф ҳолати турғун ҳолат эмас, деган хулоса чиқариш мумкин. Кўп ҳолларда аморф жисм секин-аста кристалл жисмга айланади.

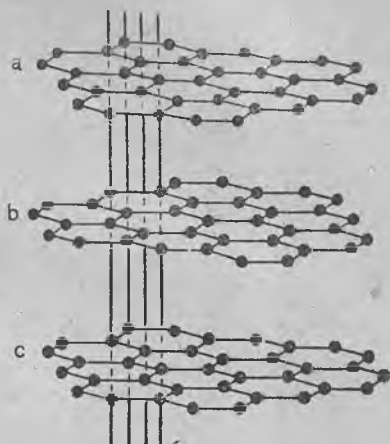
**99. Фазовий панжаралар.** Кристалларни рентген нурлари ёрдами билан 1912 йилдан

қараганда анча юмшоқ бўлади. Графитда занжир қатламлари бир-бирига нисбатан осон силжийди, графитнинг мойлайдиган материал сифатида ишлатилиши ушанга асослангандир.

Ташқи таъсир (босим, температура таъсири) остида модданинг кристалл структураси ўзгариши мумкин. Масалан, темир ва пўлатнинг майда кристаллари катта кристалларга айланиши



161-а расм. Олмоснинг фазовий панжараси.



161-б расм. Графитнинг фазовий панжараси.

мумкин. Айниқса титратмали зарбаларга учрайдиган темир йўл рельслари, кўприклар ва вагон ўқларида бу процесс тез бўлади. Кристалларнинг катталиги модданинг маҳкамлигига катта таъсир қилади. Масалан, майда кристаллардан иборат пўлат йирик кристаллардан иборат пўлатга қараганда маҳкамроқ бўлади.

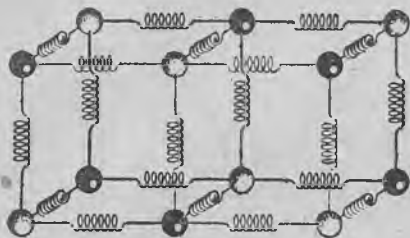
**100. Қаттиқ жисмларнинг деформацияси.** Суюқлик молекулалари орасида бир-бирини тортиш кучларидан ташқари итариш кучлари ҳам таъсир қилиши мумкин бўлганидек, қаттиқ жисм молекулалари ёки атомлари орасида ҳам бир-бирини тортиш кучларидан ташқари итариш кучлари таъсир қилиши мумкин. Зарралар бир-бирига яқин келтирилганда уларнинг бир-биридан итарилиш кучи ортиб кетади ва зарралар бир-бирига қанча яқин келтирилса, бу итарилиш шунча кучли бўлади. Жисми чўзганимизда зарралар орасида таъсир қиладиган тортиш кучлари устунлик қилади. 162-расмда кўрсатилган механик модель кристалл панжарасининг тугунларида жойлашган ва мувозанат вазияти атрофида тебранган кристалл зарраларининг ўзаро таъсир характерини яққол кўрсатиб беради.

Кристаллга бўлган ҳар қандай ташқи таъсир, масалан, механик таъсир кристалл панжарасининг мувозанат ҳолатини бузади. Бу таъсир кристалл ичида зарраларнинг силжишига сабаб

бўлади, бу эса жисмнинг шакли ёки ҳажми ўзгаришига, яъни деформацияга олиб келади.

Жисм деформациясининг катталиги нимага боғлиқ бўлишини текширайлик. Деформация катталиги деганда жисмнинг чўзилиши, қисилиши, эгилиши ва шу сингариларнинг катталигини тушуниш керак. Қуйидаги тажрибани қилайлик:

Юққа ёғоч чизғичнинг иккала учини иккита таянч устига қўйайлик. Бунда чизғич деярли тўғри, горизонтал ётади. Энди унинг ўртасига бирорта юк қўйайлик. Бунда чизғич эгилади ва юк кўпроқ қўйилган сари кўпроқ эгилади.



162-расм. Фазовий панжара тугунларида жойлашган ва мувозанат вазияти атрофида тебранадиган кристалл панжараси зарраларининг ўзаро таъсирини кўрсатадиган механик модель.

Резинка ипга ҳар хил юклар осганимизда, юк қанча оғир бўлса, резинка шунча кўпроқ чўзилишини кўраимиз.

Демак, деформациянинг катталиги таъсир қилган кучнинг катталигига боғлиқ экан.

Юқорида баён қилинган тажрибани қалинроқ чизғич устида қилганимизда, бирдай юк қўйганда деформациянинг камроқ бўлишини кўраимиз. Худди шунга ўх-

шаш, йўғонроқ резинка ип маълум бир куч таъсир қилганда ингичка резинкага қараганда камроқ чўзилади.

Юққа чизғични яна иккита таянч устига қўйиб, юкни унинг ҳар хил жойларига қўйиб кўрайлик; бунда деформация катталиги ҳар хил бўлишини кўраимиз.

Агар ёғоч чизғич ўрнига шундай катталиқда бошқа материалдан қилинган чизғич олиб ва унинг устида юқорида айtilган тажрибаларни қилиб кўрсак, деформация жисмнинг қандай материалдан қилинишига боғлиқ бўлишини исбот қилиш мумкин.

Шундай қилиб, тажрибалар кўрсатадики, *деформациянинг катталиги жисмнинг ўлчамларига, куч жисмнинг қаерига таъсир қилишига, кучнинг йўналишига ва жисмнинг қандай материалдан тайёрланишига боғлиқ бўлади.*

**101. Эластиклик ва пластиклик.** Юқорида жисмнинг қандай материалдан тайёрланган бўлиши унинг деформацияси катталигига кўп таъсир қилишини кўрдик.

Материалнинг ғоят муҳим хоссалари қаторига унинг эластиклиги ва пластиклиги киради. Бу хоссалар материалнинг қандай хоссалари ва булар техникада қандай роль ўйнайди? Яна тажриба қилайлик. Ёғоч чизғични бир оз букайлик-да, қўйиб юборайлик. Бунда унинг тўғриланиб қолиб, аввалги шаклига қайтишини кўраимиз. Демак, куч таъсири ости-

да чизғич деформацияланиб, деформацияловчи кучнинг таъсири тўхтагандан кейин деформация батамом йўқолади.

Кучларнинг таъсири тўхтагандан кейин йўқоладиган деформациялар эластик деформациялар деб аталади.

Маълум бир материалдан қилинган жисмлар кучлар таъсири остида деформацияланиб, деформацияловчи кучларнинг таъсири йўқолгандан кейин шакли ва ҳажмини тиклайди. Мазкур жисмлар қилинган материалнинг бу хоссаси эластиклик дейилади.

Егоч чизғич устида қилган тажрибамизни қайтарайлик, аммо бу гал уни кўпроқ эгайлик, бунда ҳам чизғич тўғриланади-ю, аммо тамом тўғриланиб етмайди. Ундаги деформация тамом йўқолмайди. Кучларнинг таъсири йўқолгандан кейин жисмда қоладиган деформация қолдиқ деформация деб аталади.

Материалдаги қолдиқ деформация унинг пластиклик деб аталган хоссасини характерлайди.

Эластиклик ва пластиклик ҳамма қаттиқ жисмларга хосдир.

Агар пўлат пружинага юк оссак, унча кўп чўзилмаганда у илгариги ўлчами ва шаклига батамом қайтади; агар у жуда кўп чўзилса, унда қолдиқ деформация юз беради. Масалан, резинка цилиндрни жула қаттиқ қиссак, у аввалги ўлчамларига қайтиб келмайди ва бочкасимон бўлиб қолади.

Иккинчи томондан, агар қўрғошиндан қилинган чизғични бир оз букиб туриб, қўйиб юборсак, у тамом тўғриланади. Қўрғошиндан қилинган спирални бир оз чўзиб туриб, қўйиб юборсак, яна аввалги ҳолига қайтади. Бу ҳолларда қўрғошинда эластиклик хоссалари рўй беради.

Шунинг учун материалларни эластик ва пластик материаллар деб иккига бўлиш шартлидир. Бироқ амалда шу хилда иккига бўлинади.

*Брусочка осилган юкнинг брусочкнинг кўндаланг кесим юзига бўлган нисбати билан ўлчанадиган катталиқ кучланиш дейилади ва одатда  $\frac{кГ}{с.м^2}$  ёки  $\frac{кГ}{м.м^2}$  ларда ифода қилинади.* Жисмга қўйилган юкни олгандан кейин жисмда қолдиқ (пластик) деформациянинг биринчи аломатлари рўй берадиган энг кам кучланиш эластиклик чегараси деб аталади.

Шакллари ва ўлчамлари бирдай бўлган, аммо ҳар хил материаллардан қилинган жисмларнинг эластиклик чегараси ҳар хил бўлади. 176-бетдаги жадвалда баъзи материалларнинг эластиклик чегараси кўрсатилган.

Эластик жисмнинг деформацияси вақтида майдонга келади-ган куч эластиклик кучи дейилади. Эластиклик кучи ташқи кучга қаршилиқ кўрсатади. Жисмнинг деформацияси қанча катта бўлса, эластиклик кучи ҳам шунча катта бўлади. Эластик жисмда юз берган деформация йўқолиши билан эластиклик кучи ҳам йўқолади.

Материал ва уни ишлаш усули	$\frac{кг}{см^2}$ ларда, эластиклик чегараси
Прокат қилинган углеродли пўлат	2570
Болгалаган углеродли пўлат . . .	1860
Юмшатишган никель ванадийли пўлат . . . . .	5830
Чўзилган темир . . . . .	3160
Тобланган кольчугалюминий . . . . .	1900—2300
Совуқ ҳолда прокат қилинган коль- чугалюминий . . . . .	3500—5000
Қурғошин . . . . .	25
Толаси бўйлаб дуб ёғочи . . . . .	250

**102. Деформация турлари.** Жисмларда пайдо бўладиган эластик деформациялар жуда ҳам хилма-хил бўлиши мумкин. Деформацияларнинг тўртта асосий хили бўлади: **чўзилиш** (ёки қисилиш), **силжиш**, **буралиш** ва **эгилиш**.

Шу деформацияларнинг ҳар қайсисини алоҳида кўриб чиқайлик.

1. **Чўзилиш.** Тўғри  $AB$  стерженга унинг ўқи бўйлаб қарама-қарши томонларга йўналган, катталиклари бирдай  $P$  кучлар қўййлик (163-а расм). Бу кучлар стерженни чузади. Стерженнинг  $A$  учини қўзғалмайдиган қилиб маҳкамлаб, иккинчи  $B$  учига куч қўйиш мумкин (163-б расм), бунда ҳам натижа биринчи ҳолдагидек бўлади.

Стерженга таъсир қилган  $P$  куч қанча катта бўлса, стержень шунча кўпроқ чўзилади.

Энсиз резинканинг устига кичкина квадратлар чизайлик (164-а расм) ва уни 164-б расмда кўрсатилгандек чўзайлик. Бунда энсиз резинка чўзилиши билан бирга унинг кўндаланг ўлчамлари камайганини (ингичкалашганини) кўрамиз. Бу тажриба жисмини узунасига чўзганда унинг узайишини, аммо кўндаланг ўлчамлари кичрайишини кўрсатади.

Юк кўтарадиган ва ташийдиган қурилмалардаги, кўприклардаги трослар, канатлар ва занжирлар, поезд вагонлари орасидаги илгаклар, бинокорликдаги ферма балкалари ва шу сингарилар чўзилиш деформациясига учрайди.

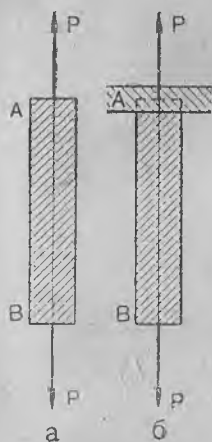
Агар  $AB$  стерженга бир-бирига қараб йўналган кучлар таъсир қилса (165-расм), стержень қисилади. Бунда стержень қисқаради, кўндаланг ўлчамлари эса катталашади (йўғонлашади).

Қисилиш деформацияси чўзилиш деформациясининг тескарисини эканлиги кўриниб турибди.

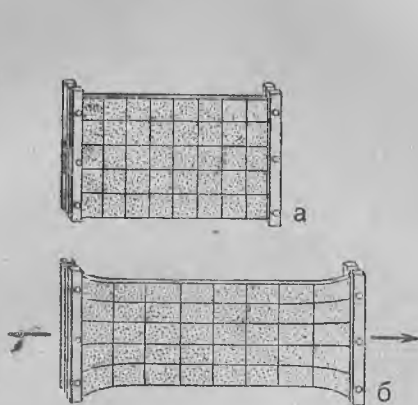
Устунлар, колонналар, деворлар, биноларнинг асослари (пой-деворлари), бинокорлик фермаларининг стерженлари ва шу сингарилар қисилиш деформациясига учрайди.

2. **Силжиш.** Жисмга унинг бир қисмини иккинчисига нисбатан 166-расмда кўрсатилгандек силжитишга уринадиган

кучлар таъсир қилиши мумкин; бу ҳолда жисмда юз берган деформацияни силжиш дейдилар. Китобни стол устига қўйиб, устки қисмини жойидан қўзғалмайдиган тубига нисбатан параллел равишда силжитганимизда силжиш деформацияси



163-расм. Кучлар таъсирида стержень чузилади.



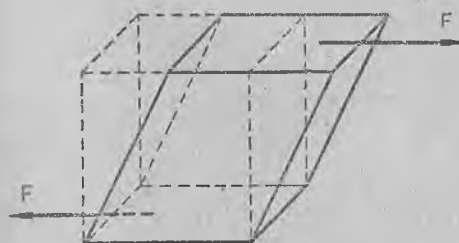
164-расм. Резинкани чўзганда унга чизилган квадрат катакчалар тўғри тўртбурчакка айланади.



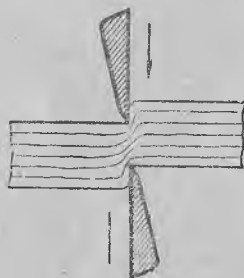
165-расм. Кучлар таъсирида стержень қисилади.

тўғрисида тасаввур ҳосил қилишимиз мумкин. Бунда китобнинг ҳамма варақлари бир-бирига нисбатан силжийди.

Агар брусочка бир-бирига қарама-қарши йўналган ва унинг бир қисмини иккинчисига нисбатан 167-расмда кўрсатилгандек



166-расм. Силжиш деформацияси.

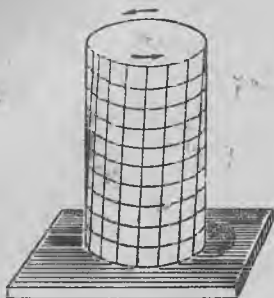


167-расм. Қирқилиш.

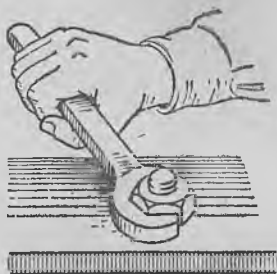
силжитадиган кучлар таъсир қилса, бу кучлар етарли даражада катта бўлганда брусоч қирқилади. Буюмни қайчи билан қирқилганда ҳам шу ҳодиса бўлади.

Айрим металл конструкцияларни бирлаштирадиган болт ва парчи михлар силжиш деформациясига учрайди.

3. Буралиш. Агар бир учи маҳкамланган стерженга унинг ўқиға перпендикуляр текисликда жуфт куч таъсир қилса, бунда буралиш деб аталадиган деформация ҳосил бўлади.



168- расм. Бурашда жисмининг қатламлари бир-бирига нисбатан бурилади.



169- расм. Буралиш деформациясига мисол.

Буралишда жисмининг айрим қатламлари бир-бирига параллеллигича қолади, аммо бир-бирига нисбатан бурилади (168- расм). Буралиш деформацияси, масалан, гайкаларни бурашда рўй беради (169- расм).

Машиналарнинг валлари, ўқлари ва шу сингарилар шундай деформацияга учрайди.

4. Эгилиш. Бир учи маҳкамланиб иккинчи учига юк қўйилган брусок эгилади. Брусокнинг тўғри чизик ўқи эгри чизик ўққа айланади. Ўққа перпендикуляр йўналишдаги энг катта эгилиш эгилиш стреласи дейилади. Агар брусокнинг иккала учи иккита таянчга қўйилиб унга куч таъсир қилса, брусок ҳам эгилади (170- расм). Агар брусок бўйлаб параллел чизиқлар ўтказсак, бундай эгилишда бу чизиқлар



170- расм. Эгилганда брусокнинг ботиқ томони қисилади, қавариқ томони чўзилади.

брусокнинг ботиқ томонида қисқаради, қавариқ томонида эса узаяди. Бу 171- расмда яққол кўрсатилган. Иккала четки қатламлар орасида фақат шакли ўзгариб, узунлиги ўзгармасдан қолган қатлам бўлади. Бу қатлам нейтрал қатлам дейилади. Нейтрал қатламга яқин қатламлардаги модда деярли чўзилиш ёки қисилиш деформациясига учрамайди. Шунинг учун эгилиш деформациясига учрайдиган яхлит брусоклар ўрнига трубалар олинади, балкаларни бир таврли ( $T$  ҳарфига ўхшатиб) ёки

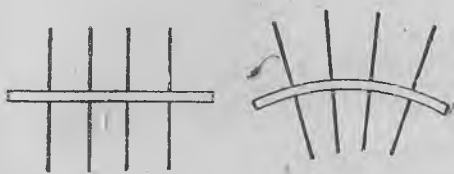


икки таврли қилинади (172-расм). 172-расмнинг ўнг томонида рельснинг кўндаланг кесими кўрсатилган.

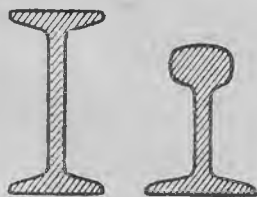
Икки таврли балка аслда, биз юқорида кўрганимиздек, деформацияга учрамайдиган ўрта қатламнинг бир қисми олиб ташланган тўғри бурчак кесимли кенг балкадир. Шунинг учун бинокорликда бундай материаллар ишлатилганда бинокорлик ишларининг сифатига зарар келтирмасдан материал кўп тежаллади.

Стерженлар ўрнига трубалар ишлатилганда фақат материал тежалишгина эмас, кўп қурилма ва машиналар енгил ҳам бўлади.

Маълумки, ҳайвон суяқларининг тузилиши найсимон бўлиб, бу уларнинг енгил булишига сабаб бўлади.



171-расм. Кегайларнинг жойлашуви эгилаётган жисмнинг бир томони чўзилиб, иккинчи томони қисилишини кўрсатади.



172-расм. Чапда икки таврли темир балканинг кесими, ўнгда рельснинг кесими.

Кўпиңча амалда юз берадиган деформация бир неча хил асосий деформацияларнинг бир вақтда қўшилишининг натижасидан иборатдир.

Ҳар қандай деформацияни иккита энг оддий деформация чўзилиш (ёки қисилиш) ва силжиш деформацияси деб қараш мумкин. Чўзилиш деформациясида жисмга таъсир қилган кучлар жисмнинг кўндаланг кесими юзига перпендикуляр йўналган бўлади, силжиш деформациясида эса кучлар бу юзга уринма бўйлаб таъсир қилади.

**102а. Қаттиқлик.** *Материалнинг қаттиқлиги дегандан унинг ўзига бошқа бир қаттиқроқ материалнинг ботиб киришига қаршилик кўрсатиш қобилияти тушунилади.*

Қаттиқликни материалдан ҳар хил иншоотларда фойдаланиш ҳамда кескич асбоблар — парма, кескич фреза ва шу сингариларни тайёрлашда ҳисобга олиш керак бўлади.

Металларнинг қаттиқлигини аниқлашнинг бир неча усули бор. Энг кўп қўлланиладиган усуллардан бири синалаётган металлга тобланган кичкина пўлат шарни босиб киритишдан иборатдир.

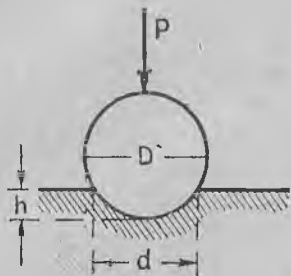
Агар диаметри  $D$  бўлган тобланган кичкина пўлат шар синалаётган материалга 172-а расмда кўрсатилгандек  $P$  куч билан босиб киргизилса, шар металлга маълум бир  $h$  чуқурликка ботиб киради ва унда диаметри  $d$  бўлган доиравий чуқурча равишида из қолдиради.

Қаттиқликни характерлайдиган катталиқ  $H_n$  билан белгиланади ва қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$H_B = \frac{P}{S} \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2},$$

бунда  $P$  —  $\text{кг}$  лар ҳисобида шарга бўлган нағрузка;  $S$  — чуқурчанинг  $\text{мм}^2$  ларда ҳисобланган қизи.

Кўпинча тайёр буюмларнинг қаттиқлиги текшириб кўрилади. Буюм қанча юққа бўлса, шунча кичикроқ шар олинади ва буюмга шунча камроқ куч билан босиб киргизилади.



172-а расм. Қаттиқликни аниқлаш.

Қуйидаги жадвалда баъзи металларнинг қаттиқлигини характерлайдиган қийматлар берилган.

Кристалл жисмларнинг қаттиқлиги улар сиртининг ҳолатига кўп боғлиқдир. Кристаллларнинг сиртида одатда майда-майда ёриқлар, дарз кетган жойлар бўлади, буларнинг катталаниши кристаллларнинг қаттиқлигини камайтиради. Текширишларда аниқ-

ланганки, кристаллни баъзи моддаларнинг эритмаларига ҳўллаганда бу эритмалар кристаллнинг сиртидаги ёриқларга кириб, кристаллнинг емирилишига сабаб бўлади, яъни кристаллнинг қаттиқлигини камайтиради. Кристаллнинг қаттиқлиги шу хилда камайиш ҳодисасидан қаттиқ тоғ жинсларини пармалашда фойдаланилади.

**1026. Гук қонуни.** Деформацияларнинг биз 102-параграфда текширган ҳамма турларига инглиз олими Гук (1635—1703) топган битта умумий қонуни татбиқ қилиш мумкин.

Гук қонуни тубандагича таърифланади:

*Эластиклик йўқолгунча деформация катталиги деформацияловчи кучга пропорционал бўлади.*

Масалан, чўзадиган ёки қисадиган куч қанча катта бўлса, стержень ҳам шунча кўп чўзилади ёки қисилади; тўсиннинг эгилиш катталиги унга таъсир қилган кучга пропорционал, силжиш бурчаги жисмга таъсир қилувчи куч катталигига пропорционал ва ҳоказо.

Гук қонунининг чўзилиш деформациясига татбиқ қилинишни синчиклаброқ кўриб чиқайлик.

Материал	Қаттиқлик, $\frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$ лар ҳисобида
Пулат . . . . .	150—300
Қаттиқ пулат . . . . .	850 гача
Чўян . . . . .	130—300
Алюминий . . . . .	45
Мис . . . . .	60
Подшипникларга ишлатилдиган оқ металл	20—28

172-б расмда бўш учига  $P$  юк боғлаб тик осилган сим кўрсатилган.

Масалан, симнинг бошланғич узунлиги  $l_0$ , чўзилгандан кейинги узунлиги  $l$  дейлик.

$l-l_0$  катталиқ симнинг чўзилишидаги абсолют узайиш дейилади. Берилган юк таъсирида абсолют узайиш симнинг бошланғич узунлигига боғлиқ бўлади. Сим қанча узун бўлса, абсолют узайиш шунча катта бўлади. Демак, абсолют узайиш модда деформациясининг ўлчови бўлолмайди. Шунинг учун деформация ўлчови қилиб симнинг дастлабки узунлиги бирлигига нисбатан узайиши, яъни  $\frac{l-l_0}{l_0}$  катталиқ қабул қилинади.

Бу катталиқ нисбий узайиш дейилади.

Симнинг кўндаланг кесим юзини  $S$  билан белгилайлик.  $P$  юкни симнинг кесим юзи  $S$  га бўлганимизда кучланишнинг катталигини топамиз, уни  $\sigma$  ҳарфи билан белгилайлик.

Шундай қилиб,

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

Чўзилиш деформацияси учун Гук қонуни тубандагича ёзилади: *эластиклик йўқолгунча нисбий узайиш кучланишга пропорционал бўлади*, яъни:

$$\frac{l-l_0}{l_0} = \alpha \sigma. \quad (2)$$

$\alpha$  катталиқ чўзилиш коэффициенти деб аталади.

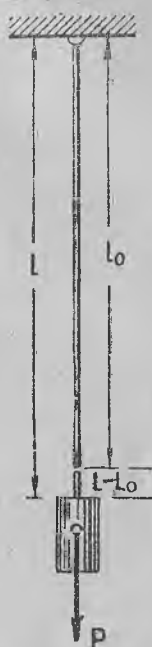
$\sigma = 1 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$  бўлганда,  $\alpha = \frac{l-l_0}{l_0}$  бўлади, яъни *кучланиш бирга тенг бўлганда буйига чўзилиш коэффициенти сон жиҳатидан нисбий узайишга тенг бўлади*.

(2) формуладаги  $\sigma$  ўрнига унинг (1) тенгликдан олинган ифодасини қўяйлик:

$$\frac{l-l_0}{l_0} = \alpha \frac{P}{S} \quad \text{ёки} \quad l-l_0 = \alpha \frac{P \cdot l_0}{S}.$$

Техникага доир адабиётда ҳисоблаш чўзилиш коэффициенти бўйича эмас,  $E = \frac{1}{\alpha}$  катталиқ бўйича олиб борилади; бу катталиқ эластиклик модули деб аталади.

Бу катталиқнинг физик маъноси нима? Буни конкрет мисолда кўриб чиқайлик.



172-б расм. Гук қонунига доир.

Узунлиги 5 м, кесими 2 мм<sup>2</sup> симга 40 кг юк осилганда 5 мм узайган. Симнинг чўзилиш коэффициентни ва эластиклик модулини топинг:

$$l - l_0 = \frac{\alpha Pl_0}{S} \text{ формуладан}$$

$$5 \text{ мм} = \alpha \frac{40 \text{ кг} \cdot 5000 \text{ мм}}{2 \text{ мм}^2}; \alpha = \frac{5 \text{ мм} \cdot 2 \text{ мм}^2}{40 \text{ кг} \cdot 5000 \text{ мм}} = \frac{1}{20000} \frac{\text{мм}^3}{\text{кг}}$$

булишини топамиз.

Бу мисолни ечишда биз кесими 1 мм<sup>2</sup> булган симга 1 кг юк осганда, у бошланғич узунлигининг  $\frac{1}{20000}$  қисмича узайганини топдик. 20000  $\frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$  юк осилганда эса сим икки марта уза-

Материаллар	$E \left( \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \text{ ларда} \right)$
Пўлат . . . . .	$2,0 - 2,2 \cdot 10^6$
Мис . . . . .	$10^6$
Чуян . . . . .	$0,75 - 1,6 \cdot 10^6$
Алюминий . . . . .	$0,7 \cdot 10^6$
Қурғошин . . . . .	$1,7 \cdot 10^5$
Ёғоч . . . . .	$10^5$

яр эди. Демак, *эластиклик модули симни икки марта узайтириш учун унга қўйиш керак булган кучланишни кўрсатади*. Амалда бундай юкнинг бўлиши ҳеч мумкин эмас, чунки резинкадан бошқа ҳамма материаллар бундай чўзилишдан анча илгарияқ узилиб кетади.

Баъзи материаллар учун эластиклик модулининг қиймати ушбу жадвалда келтирилган.

### 28-машқ.

1. Узунлиги 16 м булган думалоқ пўлат брусга ( $d = 2 \text{ см}$ ) 3,6 Т куч таъсир қилиб, чўзаётир. Шу бруснинг чўзилиши ва ундаги кучланишни топинг.

2. Пўлат симга 32 кг куч таъсир этганда, у 2 мм узайди. Деформация ҳосил этувчи кучнинг бажарган ишини ҳисобланг.

**103. Маҳкамлик. Маҳкамлик запаси.** Ҳар қандай иншоот ёки буюмга қўйилган биринчи талаб — **маҳкамлик дидр**. *Материалнинг маҳкамлиги деб, унинг ташқи кучлар таъсирида бузилмасдан қаршилик кўрсата олиш хоссасини айтилади.*

Деформацияга учраган материални емира оладиган кучланиш **маҳкамлик чегараси** дейилади.

183-бетдаги жадвалда баъзи материалларнинг маҳкамлик чегараси кўрсатилган.

Ҳар хил иншоотларда синиш ва емирилишлар юз бермаслиги учун деталларга қўйилган юклар уларнинг маҳкамлик чегарасига тенг ёки яқин булиши ярамаслиги, албатта, ўз-ўзидан тушунилади. Амалда йўл қўйилган кучланиш маҳкамлик чегарасининг фақат бирор қисмини ташкил қиладиган қилиб танлаб олинади.

Материалнинг номи	Маҳкамлик чегараси ( $\frac{кг}{см^2}$ ларда)	
	Чўзилишда	Қисилишда
Таркибида 0,14% карбон булган пулат	5000	4000
0,96% карбонли асбобсозлик пулат . . . . .	9500	6700
Пулат сим . . . . .	8000	—
Чўян . . . . .	1000—2200	3700—8800
Мис . . . . .	2400	4200
Қурғошин . . . . .	130—220	—
Дуб . . . . .	700	700
Қарагай . . . . .	700	200
Фишт . . . . .	20	60

Маҳкамлик чегараси йўл қўйилган кучланишдан неча марта катта эканлигини кўрсатган сон маҳкамлик запаси ёки хафсизлик коэффициентини деб аталади.

Ҳар хил иншоотларда маҳкамлик чегарасини махсус давлат органлари белгилайди. Мазкур органлар бу муҳим масалани ҳам техник, ҳам иқтисодий маълумотлардан фойдаланиб ҳал қиладилар. Масалан, пулатда маҳкамлик запаси ўрта ҳисоб билан 2,5 дан тортиб 4 гача, темирда 4 дан 5 гача, чўянда 6 дан 8 гача, ёғочда 8 дан 10 гача олинади.

Маҳкамлик запаси иншоотнинг қандай иншоот бўлишига ва унга тушадиган нагруканинг характериға қараб танланади. Нагрукка ўзгармайдиган бўлганда маҳкамлик запаси нагрукка ўзгарувчан бўлгандагига қараганда камроқ олинади, айниқса ҳар хил зарбалар ейдиган иншоотларда маҳкамлик запаси катта бўлади.

## 29-машқ.

1. Иккита симнинг узунлиги бир хил бўлиб, бирининг кўндаланг кесими иккинчисиникидан икки марта катта. Биринчи сим  $12 \frac{кг}{юк}$  юк осканда узилиб кетади. Иккинчи симни узиниш учун қандай куч керак?

2. Симнинг кўндаланг кесими  $0,00258 \text{ см}^2$ . У  $22,7 \frac{кг}{куч}$  куч таъсирида узилиб кетади. Шу симнинг маҳкамлик чегарасини топинг.

3. Агар тор материалнинг маҳкамлик чегараси  $80 \frac{кг}{мм^2}$  бўлса, диаметри  $0,1 \text{ см}$  бўлган торни узиниш учун қандай куч керак?

4. Эни  $160 \text{ мм}$ , қалинлиги  $12 \text{ мм}$  булган пулат полосани (тасмани)  $F = 20 \text{ Т}$  куч чўзади. Агар шу полоса қилинган пулатнинг маҳкамлик чегараси  $4200 \frac{кг}{см^2}$  бўлса, шу полосанинг маҳкамлик запаси қандай? Эластиклик чегараси  $1800 \frac{кг}{см^2}$ .

5. Кучланиш эластиклик чегарасидан утмаганда энг кам маҳкамлик запаси қанча бўлади?

**103а. Материалларни ишлаш ва ишлатишда уларнинг хоссаларининг аҳамияти.** Металлар бошқа материалларга қараганда жуда маҳкам бўлади, шунинг учун машина, механизм ва кўп иншоотларнинг деталлари одатда металлдан ясалади.

Кесувчи асбоб ва бошқа асбоблар тайёрлаш учун махсус асбобсоз пўлат ишлатилади. Масалан, ўлчов асбоблари хром,



173-а расм. Штамповка схемаси.

никель, молибден, марганец қотиштирилган махсус нов пўлатдан қилинади. Бундай пўлатлар тоблангандан кейин жуда маҳкам бўлади.

Машинасозликда материалнинг эластиклик хоссаларининг аҳамияти жуда каттадир. Машина ишлаган вақтда унинг деталларига турли кучлар таъсир қилиб, шу куч таъсирида

бу деталлар деформацияланади. Бу деформациялар қолдиқ деформация бўлмаслиги зарур эканлиги ўз-ўзидан тушунилади, чунки, акс ҳолда, машина бузиларди: машинанинг баъзи деталлари қисқариб, баъзилари бунинг аксича, чўзиларди, баъзилари букилиб қоларди ва ҳоказо. Оқибатда машина ишламай қурди.

Металларни босим остида ишлашда: прокаткада, чўзишда, штамповкада, болғалашда ва шу сингариларда металлларнинг пластиклик хоссаларидан кенг фойдаланилади.

Болғалаш деб металлнинг босим остида шундай ишланишига айтиладики, бу хилда ишлаш натижасида металлнинг шакли ҳам, структураси ҳам ўзгаради.

Болғалаш икки хил бўлади: эркин болғалаш ва штампларда болғалаш қилиш.

**Штамповка.** Деталларни штамповка қилиш одатда (механик ёки гидравлик) пресс ва молотларда пўлат штамплар ёрдами билан бажарилади. Масалан, тахта металл форманинг икки ярми: штамп билан матрица орасига ўрнатилади (173-а расм). Гидравлик ёки бошқа махсус пресс штампга босади. Тахта металл букилиб, қолдиқ деформация натижасида керакли шаклни олади.

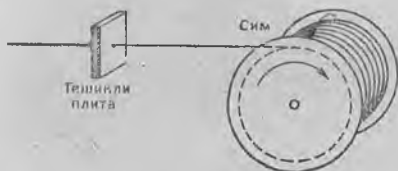
Турли материалларни: пўлат, жез, алюминий, пластмасса, картон ва шу сингариларни штамплаш мумкин. Идиш-товоқ, автомобиль ва самолёт корпусларининг қисмлари, соат механизмининг деталлари ва шу сингарилар штамповка қилинади.

**Чўзиш (волочение)** деб металлни босим остида шундай ишлашга айтиладики, бунда ишланаётган металл, металл пластинкалардаги (волочительная доскалардаги) борган сари кич-

рая борган бир қатор тешиклардан ўтказилиб, чўзилади. Тешиклар (кўзчалар) қаттиқ пулатда конуссимон қилиб очилган бўлади.

Турли нав симлар, диаметри кичикроқ трубалар, ўлчамлари аниқ ва турли профилли хивичсимон материал ва бошқалар чўзиб тайёрланади.

173-б расмда чўзиш схемаси кўрсатилган сим платадаги конуссимон тешикдан ўтказиб тортилади.



173-б расм. Чўзиш (волочение) схемаси.



173-в расм. Прокатка схемаси.

Прокатка. Керак бўлган профилли металл олиш учун у прокатка қилинади. Пулат қуймалардан, шунингдек, рангли металллар ва қотишмалардан тахталар, навли ва фасонли профиллар ва шу сингарилар прокатка қилиб тайёрланади.

Прокатканинг маҳсулоти тайёр буюмлар (рельс, тўсин, труба ва ҳоказо) ёки болғаланиш, штамповка, чўзиш ёки кесиб ишлаш учун тайёрланган заготовкalar бўлади.

Прокатка процесси чўғлантирилган қўйма ёки заготовка — болванкани (173-в расм) прокат станогининг айланиб турган иккита валик орасидан ўтказишдан иборатдир. Бунда заготовканинг шакли ўзгаради ва олдин белгилаб қўйилган ўлчамгача ингичка тортади ва узаяди.

Чўғлантирилган металл одатда жуда пластик бўлади. Температураси пасайганда металлнинг пластиклиги камаяди ва қийинлик билан деформацияланади. Шунинг учун металл ва қотишмаларни иссиқ ҳолда прокат қилишга тиришадилар. Совуқ ҳолда прокатка қилиш фақат юпқа, нозик буюмлар (металл тасмалар, пружиналар учун листлар ва шу сингариларни) тайёрлашдагина қўлланилади.

Солиштирма оғирлиги кам бўлиб, анча маҳкам, пишиқ бўлган ёғоч жуда ҳам қимматли қурилиш материалидир. Ёғоч ишшоотларнинг камчилиги — уларнинг кўп чидамаслиги ва кўпинча қўпол бўлишидир.

Кейинги йилларда сунъий материаллар — пластик массалардан (пластмассалардан) турли-туман буюмлар қилинадиган бўлиб қолди. Буларни тайёрлаш учун ҳар хил смолалар ишлатилади. Масалан, синмайдиган шиша — плексиглас смоладан тайёрланади, бу смолани ишлаб чиқариш учун ацетон, метил спирт ва цианид кислота ишлатилади.

Пластмасса буюмларни асосан пресслаб қилинади, баъзан қуйилади.

Пластмассаларнинг узилишда маҳкамлиги  $300-600 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$  лар чегарасида ва қисилишда эса бундан икки-уч марта ортиқ бўлади. Пластмассаларга доир тўлиқроқ маълумот дарсликнинг илова қисмида берилади.

---



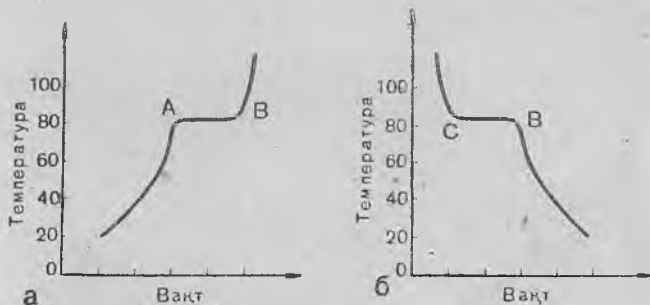
**МОДДА АГРЕГАТ ҲОЛАТИНИНГ ЎЗГАРИШИ.**

**104. Жисмларнинг эриши.** Модданинг қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтиш процесси эриш дейилади.

*Мазкур модда эриган температура шу модданинг эриш температураси ёки эриш нуқтаси деб аталади.*

Кристалл моддаларнинг, масалан, темир, мис, кумуш, симоб, музнинг аниқ маълум эриш температураси бўлади.

Агар бирор кристалл жисмни иситсак, унинг температураси эрий бошлаган пайтгачагина кўтарилганини кўраемиз: эриётганда жисмнинг температураси кўтарилмайди. *Кристалл жисм эриётганда, яъни у, ҳам суюқ, ҳам қаттиқ ҳолатда бўлган вақтда жисмнинг температураси ўзгармайди.*



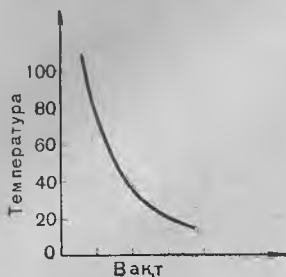
174-расм. Нафталининг эриш температураси графиги (а) ва қотиш температураси графиги (б).

Жисмнинг ҳаммаси суюлгандан кейин иситганимизда суюқликнинг температураси кўтарилади. 174-а расмда мисол тариқасида нафталининг эриш графиги кўрсатилган. Нафталининг эриш процессига эгри чизиқнинг АВ қисми тўғри келади. Нафталининг қотиш процесси графиги эса 174-б расмда тасвирланган. Қотиш процессига эгри чизиқнинг СВ қисми тўғри келади.

174-расмдан кўринадики, нафталин қандай температурада эриса, ўша температурада қотади. Истаган бир кристалл жисм туғрисида ҳам шундай хулоса чиқариш мумкин.

*Кристалл қаттиқ жисмлар ҳар бир модда учун аниқ маълум температурда эрийди ва қотади.*

Аморф жисмлар, масалан, смола, мум, канифоль, шиша ва шу сингариларга келганда гап бошқача бўлади. Уларни иситганда секин-аста юмшаб, температураси тўхтовсиз ўзгара боради. Қотиш вақтида аморф жисмларнинг температураси тўхтовсиз пасая боради (175-расм). Демак, *аморф жисмларнинг аниқ маълум эриш ва қотиш температураси бўлмайди.*



175-расм. Қотаётган смола температурасининг ўзгариш графиги.

Кристалл жисмларнинг эришини молекуляр-кинетик назария асосида тушунтириш мумкин. Биз юқорида (69-параграфда) температура кўтарилганда модда зарралари тартибсиз ҳаракатининг ўртача тезлиги ортади, деган эдик. Бунинг натижасида қаттиқ жисмларда зарраларни бир-бирига боғлаган ва унинг маълум бир хилда тузилишига, структурасига сабаб бўлган кучлар заифлашади. Эриш температурасига яқин келганда бу кучлар шунча заифлашадики, қаттиқ жисмнинг структураси бузилади, кристаллларнинг фазовий панжараси емирилади—модда суюлади.

#### Ҳар хил моддаларнинг эриш ва қотиш температуралари

Модданинг номи	Эриш ва қотиш температураси (°С градусларида)	Модданинг номи	Эриш ва қотиш температураси (°С градусларида)
Кумир . . . . .	3800	Магний . . . . .	650
Вольфрам . . . . .	3370	Рух . . . . .	419
Платина . . . . .	1774	Қўрғошин . . . . .	327
Тоза темир . . . . .	1530	Висмут . . . . .	271
Оқ чуян . . . . .	1200	Қалайи . . . . .	232
Мис . . . . .	1083	Калий . . . . .	63
Олтин . . . . .	1063	Сув . . . . .	0
Жез . . . . .	1000	Симоб . . . . .	—39
Кумуш . . . . .	961	Кислород . . . . .	—219
Бронза . . . . .	900	Водород . . . . .	—257
Алюминий . . . . .	658	Гелий . . . . .	—272

**105. Солиштирма эриш иссиқлиги.** Эриш вақтида кристалл жисмнинг фазовий панжараси бузилади, бунга бирор ташқи манбадан маълум миқдорда энергия сарф бўлади. Бунинг натижасида эриш процессида жисмнинг ички энергияси кўпаяди.

*Жисмнинг эриш температурасида қаттиқ ҳолдан суюқ ҳолга ўтиши учун керак бўлган иссиқлик миқдорини эриш иссиқлиги дейилади.*

Қотиш процессида эса, бунинг тескарисича, жисмнинг ички энергияси камаяди; бунда энергиянинг бир қисми ажралиб чиқади ва атрофидаги жисмларга ўтади.

Эришда жисмнинг ютган иссиқлик миқдори шу жисмнинг қотишда чиқарган иссиқлик миқдорига тенг бўлади. Бу фактда энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланиш ва сақланиш қонуни намоён бўлади.

Кўпинча катта қўл ва дарёларга яқин жойларда об-ҳавонинг исийш ва совиишидаги кечикишлар муз эриганда энергиянинг ютилиши, сув музлаганида эса бу энергиянинг ажралиб чиқишидан бўлади.

Ҳар хил моддаларнинг эриш иссиқлиги одатда шу модда массаси бирлигини эритиш учун керак бўлган иссиқлик миқдори билан характерланади.

*Эриш температурасидаги модда массаси бирлигини қаттиқ ҳолдан суюқ ҳолга келтириш учун керак бўлган иссиқлик миқдорини солиштирма эриш иссиқлиги дейилади.*

Солиштирма эриш иссиқлиги  $\frac{\text{кал}}{\text{г}}$  ёки  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$  ларда; СИ бирликлар системасида  $\frac{\text{жс}}{\text{кг}}$  ларда ифода қилинади;  $1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ ж}$  ёки  $1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ ж}$ .

Қийин эрийдиган моддаларнинг солиштирма эриш иссиқлигини аниқлаш оғир экспериментал масала, аммо тез эрийдиган моддаларнинг солиштирма эриш иссиқлигини калориметр ёрдами билан аниқлаш мумкин. Мисол учун муз олиб, бу ишнинг қандай бажарилишини кўрсатайлик.

Калориметрға температураси  $t^\circ$  бўлган  $m_1$  грамм сув қуяйлик; сувнинг солиштирма иссиқлик сифимини  $c_1$  билан белгилайлик. Калориметрнинг массаси  $m_2$  грамм, солиштирма иссиқлик сифими  $c_2$  бўлсин. Калориметрға эрий бошлаган, яъни температураси  $0^\circ\text{C}$  бўлган  $m$  грамм муз ташлайлик. Сувни қориштириб туриб, ҳамма муз эриб бўлгунча қараб турайлик ва ирлашманинг охириги температураси  $\theta^\circ$  ни (грекча „тэта“) белгилаб олайлик. Шу маълумотларга қараб, музнинг солиштирма эриш иссиқлигини топиш мумкин; уни  $\lambda$  (грекча „ламбда“) билан белгилайлик.

Музнинг  $0^\circ\text{C}$  температурали сувга айланганда олган иссиқлигининг миқдори:

$$Q = \lambda m.$$

Эриган муздан ҳосил бўлган сувнинг  $0^\circ\text{C}$  дан  $\theta$  гача исиганган олган иссиқлик миқдори:

$$Q_1 = c_1 m (\theta - 0^\circ) = c_1 m \theta.$$

Тажрибагача калориметрда бўлган сувнинг берган иссиқлик миқдори:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_1 - \theta).$$

Калориметрнинг ички идиши берган иссиқликнинг миқдори:

$$Q_3 = c_3 m_3 (t_1 - \theta).$$

$$Q + Q_1 = Q_2 + Q_3.$$

$$\lambda m + c_1 m \theta = c_1 m_1 (t_1 - \theta) + c_2 m_2 (t_1 - \theta);$$

$$\lambda = \frac{c_1 m_1 (t_1 - \theta) + c_2 m_2 (t_1 - \theta) - c_1 m \theta}{m}$$

Тажрибалар музнинг солиштирма эриш иссиқлиги  $80 \frac{\text{кал}}{2}$ , СИ системасида эса  $80 \cdot 4186,8 \frac{\text{Жс}}{\text{кг}} \approx 335 \cdot 10^3 \frac{\text{Жс}}{\text{кг}}$  бўлишини кўрсатади.

#### Ҳар хил моддаларнинг солиштирма эриш иссиқлиги

Моддаларнинг номи	Солиштирма эриш иссиқлиги ( $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$ ларда)	Моддаларнинг номи	Солиштирма эриш иссиқлиги ( $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$ ларда)
Алюминий . . . . .	92,4	Платина . . . . .	27
Муз . . . . .	80	Кул ранг чўян . . . . .	23
Никель . . . . .	65	Қалайи . . . . .	14
Темир . . . . .	66	Қўрғошин . . . . .	6,3
Мис . . . . .	42	Симоб . . . . .	2,8

106. Эриш ва қотиш вақтида жисмлар ҳажмининг ўзгариши. Тажириба жисм эриётганда унинг ҳажми ўзгаришини кўрсатади. Эриётганда кўп моддаларнинг ҳажми ортади, қотаётганда эса бу моддаларнинг ҳажми кичрайдди. Аммо эриётганда ҳажми кичрайдди, қотаётганда эса ортадиган моддалар ҳам бор. Бундай моддаларга мисол қилиб музни кўрсатиш мумкин, муз эриётганда унинг ҳажми тахминан 10% камайдди ( $0^\circ\text{C}$  да музнинг зичлиги тахминан 0,9, сувники эса тахминан 1). Маълумки, муз ва сувнинг бу хоссаи табиатда ва техникада жуда катта аҳамиятга эгадир. Сувга қараганда музнинг зичлиги кам бўлгани сабабли муз сувнинг бетида сузиб юради. Муз иссиқликни кам ўтказганлигидан тагидаги сувни музлаш температурасигача совитдан сақлайди. Шунинг учун балиқлар ва сувда яшайдиган бошқа ҳайвонлар қишки совуқларда ҳалок бўлмайди.

Водопровод трубалари совуқдан сақланиши керак, чунки музнинг ҳажми трубадаги сувнинг ҳажмидан катта бўлгани учун сув музлаб қолганда труба лар ёрилиб кетиши мумкин.

Босим ўзгарганда жисмларнинг эриш температураси ҳам ўзгаради. Эриш вақтида ҳажми катталашадиган моддаларнинг эриш температураси босим ортганда кўтарилади; эриш вақтида ҳажми кичрайдиган муз ва чўян сингари моддаларнинг эриш температураси эса босим ортганда пасаяди.

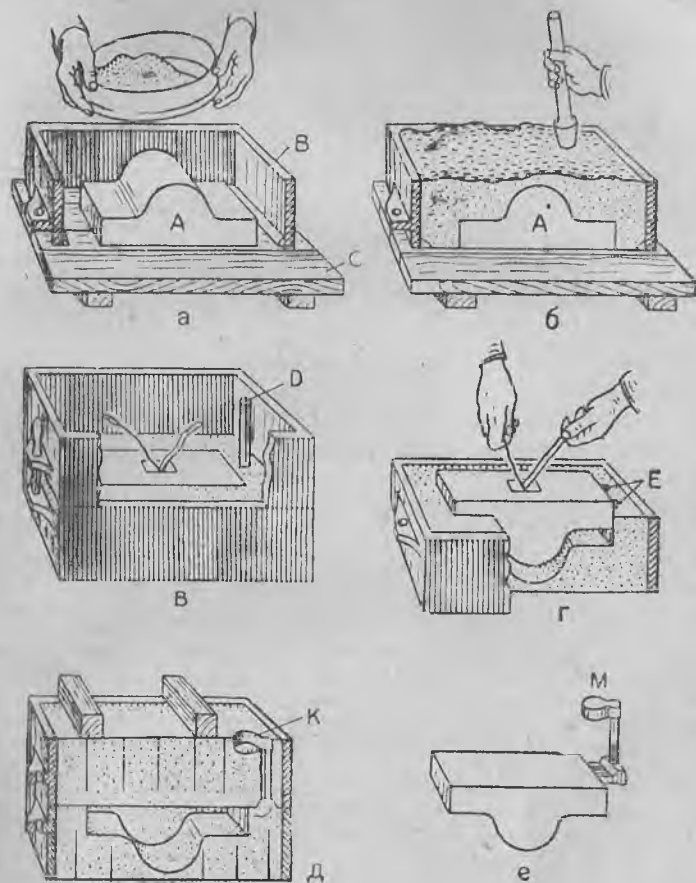
Босим жуда катта бўлганда, минг атмосфераларга етганда моддаларнинг кўп хоссалари кескин ўзгариб кетади.

Кўп моддаларга махсус тузилган пресслар ёрдами билан ўн мингларча, ҳаттоки, юз мингларча атмосфера босим берилган. Бундай ҳаддан ташқари катта босимларда баъзи моддаларда бир қатор ғалати хоссалар кўринади. Масалан, нормал босимдаги ҳажмининг  $\frac{3}{4}$  ҳиссасигача қисилганда сув иссиқ бўлса ҳам қотиб қолади; катта босим остида мис юмшоқ сариқ ёғдек оқади, водород эса қалинлиги 5 см бўлган пўлат пластинкадан ўтиб кетади.

107. **Металл қуйиш.** Металл қуйиш заводларида металллардан ҳар хил буюмлар қуйиш металлларнинг эриш ва қотиш хоссасига асослангандир.

Бу металл қуйиш корхоналарда махсус формаларга эриган металлларни қуйиб, ҳар хил қуйма деталлар олинади.

Қуйма деталлар ҳар хил станокларда, машиналарда ва механизмларда кўп қўлланилиб, уларнинг 50% дан тўғриб 85% гача оғирлигини ташкил қилади.



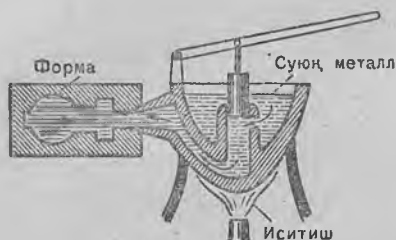
176-расм. Деталь қуйишнинг кетма-кет босқичлари.

Қуйиш йўли билан шакли ва улчамлари ҳар хил бўлган турли-туман деталлар тайёрлаш мумкин. Шакли мураккаб бўлган деталларни тайёрлашнинг бирдан-бир йўли—қуйишдир.

Бирорга детални қуйиш учун аввал ёғочдан ёки металлдан унинг моделини тайёрлайдилар. 176-расмдаги А моделнинг шакли тайёр қуйма шаклига мосдир.

Совиганда ҳамма металлнинг чизиқли ўлчамлари камайганлиги учун модель қуймадан бир оз (усадкача) каттароқ қилинад<sup>1</sup>. Турли металл ва қотишмаларда чўкини 1% дан тортиб 2,5% гача боради.

Деталнинг *A* модели модель ости шчитоги деб аталган *C* шчитокка ўрнатилади (176-расм, *a*) ва усти *B* опока билан беркитилади. Опока чўян, пулат ёки алюминий қотишмаларидан ясалган туби йўқ яшиқдан иборат бўлади. Қуйманинг шакли қандай бўлишига қараб опокалар тўғри тўртбурчак, думалоқ ёки фасонли бўлиши мумкин.



177-расм. Босим остида қуйиш схемаси.

Опокага қум, лой ва бошқа материаллардан иборат формовка аралашмаси тўлдирилади. Аралашма составига кирган ташкил этувчиларнинг процент нисбати қуйманинг хилига қараб бўлади. Формовка аралашмаси маҳкам, ўтга чидамли, пластик ва газ ўтказадиган бўлиши керак.

Модель шчитокка ўрнатилиб устига опока ёпилгандан кейин, опокага формовка аралашмаси тўлдириб шиббалайдилар (176-б расм). Шиббалагандан кейин формовка аралашмасининг ортиқчасини опока юзидан чизғич билан қириб ташлайдилар. Сўнгра опокани тўнтариб, унинг устига иккинчи (устки) опокани қўядилар ва формога металл тўлдириш учун тешик ҳосил қиладиган *D* стояк моделини ўрнатадилар (176-в расм).

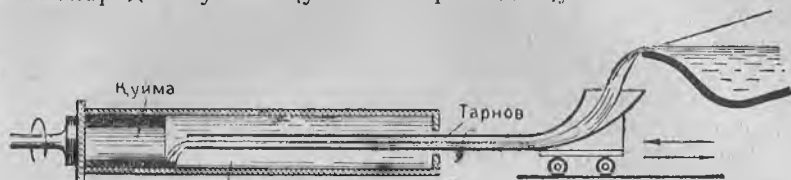
Биринчи опокадек иккинчи опокага ҳам формовка аралашмасини тўлдириб, шиббалайдилар. Сўнгра устки опокани олиб қўйиб, стояк моделини чиқариб оладилар ва форманинг иккала ярми ажралиш текислигида стоякни форма бўшлиғи билан туташтирадиган *E* каналларни очадилар. Шундан кейин формадан моделни чиқариб оладилар (176-г расм). Сўнгра форманинг пастки ярмига усткисини ёпадилар (176-д расм). Юқори опока билан пасткисини бир-бирига маҳкамлайдилар, форманинг устига юк қўйиб, *K* тешиқдан формага эриган металл қўйиб тўлдирадилар. 176-е расмда стоякда қотиб қолган ортиқча *M* металл бўлган қуйма кўрсатилган; бу ортиқча металл кейин қирқиб ташланади.

Форманинг маҳкамлиги ва газ ўтказувчанлигини ошириш учун металл қуйишдан олдин уни ҳавода махсус печларда қуритадилар.

177-расмда босим остида қуйиш кўрсатилган. Эриган металл махсус қисқич машина ёрдами билан 5 атмосферадан тортиб 60

<sup>1</sup> Усадка — қуйманинг чуқиши.

атмосферагача босим остида металл (пўлат) формага тўлғазилади. Эриган металл бунда формани яхши тўлғазиб, унинг конфигурациясига аниқ туғри келади. Босим остида қуйиш эриш температураси унча юқори бўлмаган рангли металл қотишмаларидан кўплаб қуйма тайёрлашда қўлланилади.



Айланадиган форма  
178-расм. Марказдан қочма қуйиш схемаси.

178-расмда марказдан қочма қуйиш схемаси кўрсатилган.

Марказдан қочма қуйишда суяқ металл тўлғазилган форма тез айланади; бунда металл форманинг ҳамма ўнқир-чўнқирларини зич тўлғади. Айланиш вақтида майдонга келган кучларнинг таъсири моддаларни зичликларига қараб қатлам-қатлам қилиб ажратгани сабабли, металлдаги газ ундан енгил бўлгани учун ички қатламликда қолади; шунинг учун қуймада зарарли газ коваклари бўлмайди.

**108. Қотишмалар ва уларнинг техникада қўлланилиши.** Эритилган металлларни бир-бирига аралаштириш мумкин. Бу аралашмалар қотиб қолгандан кейин қотишма ҳосил бўлади.

Қотишмалар техникада кўп ишлатилади. Темир билан углерод қотишмасидан иборат бўлган пўлатни ҳамма яхши билади.

Қотишмаларнинг физик хоссалари шу қотишмага кирган моддаларнинг физик хоссаларига қараганда бошқача бўлади. Одатда қотишма ўзининг таркибига кирган моддаларга қараганда қаттиқроқ ва маҳкамроқ бўлади.

Пўлатнинг махсус навлари хром, никель, ванадий, молибден сингари баъзи бир нодир металллар аралашган темир ва углерод қотишмасидан иборат бўлади.

Бу қотишмалардан баъзилари жуда маҳкам, баъзилари эса қаттиқ ёки жуда эластик бўлади. Масалан, зангламайдиган пўлат химиявий жиҳатдан жуда чидамли бўлиб, ҳатто кислотага текканда ҳам химиявий реакцияга киришмайди.

Алюминийнинг бошқа металллар аралашган қотишмалари маҳкам қотишмалар қаторига киради. Айниқса 94% алюминий, 5% мис, 0,5% магний, 0,5% марганецдан иборат бўлган дюралюминий жуда маҳкам бўлади. Унинг эриш температураси 650°C. Дюралюминийнинг солиштирма оғирлиги пўлатникига қараганда уч марта кам бўлиб, узувчи кучга кўрсатган қаршилиги биг яхши нав пўлатникидек бўлади. Кольчугалюминий ҳам худди шундай хоссаларга эгадир. Бундай қотишмалар ҳам

маҳкам, ҳам енгил бўлиши керак бўлган буюмларга, масалан, автомобиль, самолётларнинг айрим қисмларига ишлатилади.

Кема корпуси ёки двигателининг муҳим қисмларини тайёрлашда алюминий ва унинг қотишмаларини ишлатганда кема анча енгиллашиб, тоннажи ортади (кўпроқ юк кўтарадиган бўлади). Алюминий ва унинг қотишмалари саноатнинг ҳар хил соҳаларида йилдан-йил кўпроқ ишлатилмоқда.

Қотишмаларнинг эриш температураси одатда уларнинг таркибидаги асосий қисмларини ташкил қилган моддаларнинг эриш температурасидан паст бўлади.

Эриш температураси жуда паст бўлган қотишма тайёрлаш мумкин. Масалан, икки ҳисса висмут ( $t_{эп} = 271^{\circ}\text{C}$ ), бир ҳисса қалайи ( $t_{эп} = 232^{\circ}\text{C}$ ) ва бир ҳисса қўрғошиндан ( $t_{эп} = 327^{\circ}\text{C}$ ) иборат қотишма  $95^{\circ}\text{C}$  температурадаёқ эрийди. Бу қотишмадан ясалган чой қошиқ қайнаётган сувда эриб кетади. Шундай қотишмалардан буғ қозон клапанларининг сақлагич тиқинлари пасайдилар. Агар қозондаги сувнинг юзи (баландлиги) нормадан пасайса, тиқин сувдан чиқиб қолиб, тез қизийди ва эриб кетади. Натижада буғ ўчоққа чиқиб, ундаги оловни ўчиради, шундай қилиб, қозоннинг портлаш хавфи бартараф қилинади.

Осон эрийдиган қотишмалар ёнғинга қарши турли-туман сақлагич асбобларда ҳам ишлатилади.

Турмушда турли металл буюмларни кавшарлашда ишлатиладиган припой икки ҳисса қўрғошин ва бир ҳисса қалайдан иборатдир. Бу қотишманинг эриш температураси  $180^{\circ}\text{C}$ , яъни қалайи ва қўрғошиннинг эриш температурасидан анча пастдир.

Подшипникларга осон эрийдиган қотишма — баббит қуйилади. Масалан, автомобиль ва тракторлар двигателининг айланадиган валлари ўрнатилган подшипникларга баббит қуйилган бўлади. Агар бирор сабаб билан мой камайиб, етарли бўлмай қолса, валнинг подшипникка ишқалиши кучайиб, температуранинг кўтарилиши натижасида баббит қистирма эрийди, вал эса бутунлигича қолади.

### 30-машқ.

1.  $0^{\circ}\text{C}$  температурада 10 кг музни сувга айлантириш учун қанча иссиқлик керак?

2. Температураси  $-8^{\circ}\text{C}$  бўлган 150 кг музни температураси  $0^{\circ}\text{C}$  бўлган сувга айлантириш учун қанча иссиқлик керак?

3. Температураси  $-4^{\circ}\text{C}$  бўлган 20 кг музни температураси  $100^{\circ}\text{C}$  бўлган сувга айлантириш учун қанча иссиқлик керак?

4. Банкада температураси  $18^{\circ}\text{C}$  бўлган 2 кг сув бор. Агар шу банка совитгич аралашмага ботирилиб, ундаги ҳамма сув  $0^{\circ}\text{C}$  даги музга айлантирилса, сув аралашмага қанча иссиқлик беради?

5. Оғирлиги 200 г бўлган мис калориметрга температураси  $16^{\circ}\text{C}$  бўлган 100 г сув қуйилган. Сувга 9,3 г оғирликдаги  $0^{\circ}\text{C}$  температурали муз парчаси солинганда, у тамом эриб кетган. Сувнинг охири температураси  $9^{\circ}\text{C}$  бўлиб қолган. Шу сонларга асосан музнинг солиштирма эриш иссиқлигини топинг.

6. Температураси  $20^{\circ}\text{C}$  бўлган 1 кг темирни эритиш учун қанча иссиқлик керак?



**109. Буғланиш.** Сууюқлик молекулалари тўхтовсиз ҳаракатда бўлади. Уларнинг ўртача кинетик энергиясининг қиймати сууюқликнинг температурасига мос келади. Тартибсиз ҳаракат қилаётган молекулалар бир-бири билан тўқинишадилар, натижада молекулаларнинг бир қисми қолган молекулаларнинг ўртача кинетик энергиясидан ортиқроқ энергияга эга бўлиб қолади. Молекуляр кучларни енгиш учун етарли миқдорда ортиқча энергия олган ва сууюқлик сиртига келиб қолган бундай молекулалар сууюқликдан чиқиб кетиши мумкин. Сууюқликдан учиб чиққан молекулалар йиғиндисини шу сууюқликнинг буғи дейилади, модданинг сууюқ ҳолдан газсимон ҳолга ўтиш процессининг ўзини эса буғ ҳосил бўлиш дейилади.

*Сууюқлик юзидан ҳар қандай температурада буғ ҳосил бўлиши буғланиш дейилади.*

Сууюқликларгина эмас, қаттиқ жисмлар ҳам, масалан, нафталин ва камфара буғланади. Муз ҳам буғланади. Музлаб қолган ҳўл кирнинг қуриши ўшандан бўлади. Қаттиқ жисмларнинг буғланиши возгонка ёки сублимация дейилади.

**110. Буғланиш вақтида совиш.** Сууюқлик буғга айланганда унинг молекулалари сууюқлик сирт қатламидаги тутиниш кучларини енгиб, иш бажаради.

Сууюқлик ичидан тезлиги катта бўлган молекулалар чиқиб кетганлиги сабабли, қолган сууюқлик молекулаларининг ўртача тезлиги ва уларнинг кинетик энергияси камаяди. Шунинг учун *сууюқликка ташқаридан энергия келиб турмаганидан, буғланиш сууюқликнинг ички энергиясини камайтиради, сууюқлик совийди.*

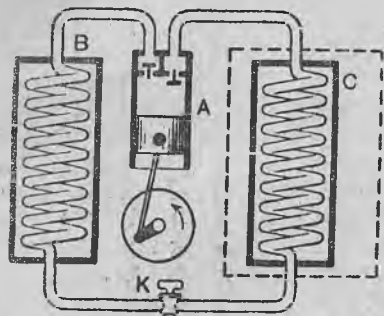
Буғланиш вақтида жисмнинг совишини термометрнинг шарига дока ёки пахта ўраб, эфирга ҳўллаганда кузатиш осон. Тез буғланаётган эфир термометр шари ички энергиясининг бир қисмини олиб қўяди, натижада шарнинг температураси анча пасаяди. Агар ёғоч тахтага юпқагина қатлам қилиб сув қўйиб, унинг устига эфир қўйилган стаканни қўйсақ-да, эфир устидан ҳўно нуфласак, эфир тез буғланади ва температура шундай пасийиб кетадики, натижада стакан тагидаги сув музлаб, стакан тахтага ёпишиб қолади.

Сууюқлик буғланганда унинг совишидан турмушда кенг фойдаланилади. Тез бузиладиган озиқ-овқатларни ташишда вагонларни совитиш учун махсус қурилмаларда сууюқ аммиак ёки сууюқ карбонат ангидридни буғлантирадилади.

Совитгич қурилмаларда муз ҳосил қилиш учун туз эритмисидан ўтган илон из трубаларда (змеевикда) сууюқ аммиак буғланиб, эритмани  $0^{\circ}\text{C}$  дан паст совитади. Туз эритмасига сув тулганилган пўлат формалар (юпқа листлардан қилинган идишлар) уриатилади; ёнидан совуқ эритма оқиб ўтаётган шу формаларда сув музлайди.

Ҳозирги вақтда турмушда электр холодильниклар кўп ишлатилмоқда. Компрессион холодильникнинг ишлаш принципини курайлик (178-а расм). Бу холодильник учта асосий қисмдан: *A* компрессор, *B* конденсатор ва *C* буғлатгичдан иборатдир.

Змеевик-конденсаторда *A* компрессор ёрдами билан газ ҳолатдан суюқ ҳолатга ва суюқ ҳолатдан газ ҳолатга осон айланадиган бирор моддани қисадилар. Бу моддалар (техникада бу моддалар совиткич агент деб аталади) сифатида: аммиак, фреон-12 (дифтордихлорметан— $CF_2Cl_2$ ), сульфит ангидрид ва бошқалар ишлатилади.



178-а расм. Компрессион совиткичнинг (холодильникнинг) схемаси.

Қисилганда совиткич агент газ ҳолатидан суюқ ҳолатга ўтади. Шу билан бир вақтда компрессор змеевик буғлатгичда сийракланиш ҳосил қилади. Унга регулировчи *K* вентиль орқали совиткич суюқ агент ўтиб туради. Унда агент тез буғланади. Буғланишда энергияни у *C* змеевик деворларидан, унга тегиб турган ҳаводан, совиткич камерадаги маҳсулотлардан олади. Бунинг натижасида совиткич камерада температура пасаяди ва озиқ-овқат совийди. Компрессор электр двигатель ёрдами билан ишлайди.

Иссиқ мамлакатларда сувни одатда серковак сопол идишларда (кўза, хум ва шунга ўхшашларда) сақлайдилар. Идишнинг тешикларидан сизиб чиқаётган сув буғланади, бунинг натижасида идишдаги сув совуқлигича қолаверади.

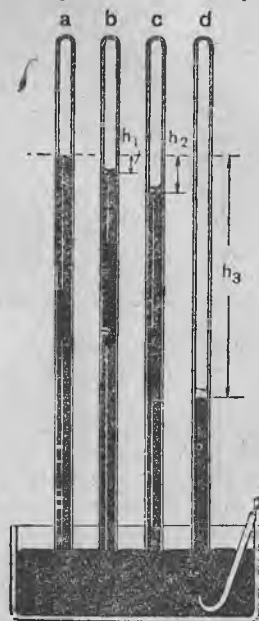
**III. Тўйинтирувчи буғ.** Суюқликдан учиб чиққан молекулалар ўзларининг иссиқлик ҳаракати ва ҳавонинг ҳаракати туфайли, аста-секин атрофга тарқалади. Шунинг натижасида бутун суюқлик буғланиб тамом бўлмагунча суюқликнинг очиқ сиртидан буғланиш давом этаверади.

Энди суюқлик ёпиқ идишда деб фараз қилайлик. Бундай идишда буғ ҳосил бўлиш билан бирга, бунинг аксича, буғнинг суюқликка айланиши ҳам бўлиб туради. Буғ молекулаларининг бир қисми иссиқлик ҳаракати натижасида суюқлик сиртига яқин келиб қолиб, суюқликка қайтади. Бироқ бошқа суюқликдан учиб чиққан молекулаларнинг сони суюқликка қайтган молекулалар сонидан купроқ бўлади. Шунинг учун идишдаги буғнинг зичлиги аста-секин орта боради. Буғнинг зичлиги ортган сари суюқликка қайтиб тушаётган буғ молекулаларининг сони ҳам орта боради. Ниҳоят, шундай бир пайт келиб қоладики, унда вақт бирлиги ичида суюқликдан учиб чиққан молекулаларнинг сони суюқликка қайтиб тушган молекулалар сонига тенг бўлади. Шу пайтдан бошлаб, суюқлик устидаги буғ молекулаларининг сони ўзгармас бўлиб қолади. Буғ билан суюқлик орасида динамик (ҳаракатчан) мувозанат деб аталган мувозанат майдонга келади. *Ўз суюқлиги билан динамик мувозанатда бўлган буғ тўйинтирувчи буғ дейилади.*

112. Тўйинтирувчи буғнинг босими. Ичида суюқлик бўлган ёпиқ идишда суюқлик билан буғ орасида динамик мувозанат майдонга келишини биламиз. Температура кўтарилганда суюқликдан учиб чиқиш учун етарли энергияга эга бўлган суюқлик молекулаларининг сони ҳам ортади. Бунда, суюқликнинг буғланиш тезлиги ортади, буғ билан суюқлик орасидаги мувозанат бузилади ва суюқлик устидаги буғнинг миқдори ортади. Бу эса тўйинтирувчи буғнинг зичлиги ва босими ортишига сабаб бўлади.

Шундай қилиб, *тўйинтирувчи буғнинг температураси кўтарилганда босими ортади.*

Бирдай температурада ҳар хил суюқликларнинг тўйинтирувчи буғининг босими уларнинг табиатига (жинсига) боғлиқ булади. Бу боғланишни қуйидаги тажрибада кўрсатиш мумкин. Симобли идишга симоб тўлдирилган бир нечта барометрик най туширилади (179-расм). Бунда *a* най барометр бўлади. Томизғич ёрдами билан *b* найга сув киритилади, бу сувнинг бир қисми „торичелли бўшлиғи“ да буғланади, бир қисми эса симоб теңасида суюқлигича қолади (бу, симоб устида тўйинтирувчи сув буғи борлигини кўрсатади). *c* найга спирт, *d* найга эса эфир киритилади. „Торичелли бўшлиғи“ даги симобнинг тўйинтирувчи буғининг босими жуда ҳам оз бўлганидан, барометрдаги симоб баландлиги билан қолган учта найнинг ҳар биридаги симоб баландликлари орасидаги айирма шу суюқликнинг тўйинтирувчи буғининг босимини кўрсатади.



179-расм. Сув, спирт ва эфирнинг тўйинтирувчи буғи босимини улчашда ишлатиладиган асбоб.

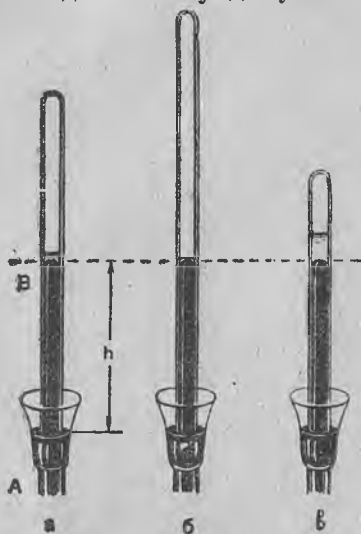
Тажриба эфир буғининг босими энг кўп бўлиб, спирт буғинини ундан камроқ, сув буғиники ундан яна ҳам кам бўлишини кўрсатади. 20°C да шу моддаларнинг тўйинтирувчи буғларининг эластиклиги қуйидаги сонлар билан ифода қилинади (шунинг билан симоб устунини ҳисобиди):

Сув . . . . .	$h_1 = 17,5$
Спирт . . . . .	$h_2 = 44,5$
Эфир . . . . .	$h_3 = 437$

113. Тўйинтирувчи буғнинг босими ва зичлиги унинг ҳажмига боғлиқ бўлмаслиги. Чуқур *A* идишга симоб қуйиб, унга симоб тўлдирилган узун *B* найни туширайлик. 180-расмда шу найнинг юқори қисми учта вазиятда тасвирланган.

В найга шунча эфир юборайликки, унинг бир қисми буғланиб, бир қисми симоб сиртида суюқлигича қолаверсин. Суюқ эфир тешида босими  $H-h$  булган тўйинтирувчи буғ бўлади, бунда  $H$ —атмосфера босими,  $h$ —найдаги симоб устунининг баландлиги. Тажриба давомида асбобнинг температурасини ўзгартирмасдан сақлаймиз<sup>1</sup>.

Энди  $B$  найни юқори кўтарайлик. Бу билан биз буғнинг эгаллаган ҳажмини орттираимиз. Биринчи пайтда буғнинг зичлиги камаяди. Аммо бунда буғ билан суюқлик орасидаги динамик муво-



180-расм. Найнинг учала ҳар хил вазиятида ҳам симоб бир текисликда қолаверади.

занат дарҳол бузилади. Суюқликка қайтиб тушаётган буғ молекулаларининг сони суюқликдан учиб чиқаётган молекулалар сонидан кам бўлиб қолади. Буғнинг зичлиги аввалгидек бўлиб қолгунча суюқлик буғланаверади. Симоб устунининг баландлиги аввалгича қолади; демак, эфир буғининг ҳажми ортганда босими ўзгармайди, симоб устидаги суюқ эфирнинг миқдори эса камаяди (180-б расм).

Энди найни идишга чуқурроқ ботирайлик; бу билан биз буғнинг эгаллаган ҳажмини камайтираимиз, бунинг натижасида биринчи пайтда буғнинг зичлиги ортади ва симоб устуни бир оз пастга тушади. Бунда буғ билан суюқлик орасидаги ҳаракатчан мувозанат бузилиб, натижада буғнинг бир қисми суюқликка ўтади. Симоб устидаги суюқ эфир устуни

ортади, симоб устунининг баландлиги эса яна аввалгича қолаверади, яъни эфир буғининг босими ўзгармайди (180-в расм).

Суюқлик ва буғнинг температураси ўзгармаса, суюқлик бор вақтда тўйинтирувчи буғ эгаллаган ҳажм камайтирилса ҳам, орттирилса ҳам тўйинтирувчи буғнинг зичлиги ва босими ўзгармайди.

**Берилган температурада суюқликнинг тўйинтирувчи буғининг босими ўзгармас катталиқдир; бу босим фақат температура ўзгаргандагина ўзгаради.**

114. **Тўйинтирмайдиган буғ.** Бирор суюқликнинг буғи эгаллаган фазода шу суюқликнинг буғланиши давом эта олса, бу фазодаги буғ тўйинтирмайдиган буғ дейилади.

<sup>1</sup> Суюқ эфир устунчасининг оғирлигини ҳисобга олмасак ҳам бўлади, чунки унинг оғирлиги симоб устунининг оғирлигига қараганда жуда камдир.

Тўйинтирмайдиган буғнинг ҳажмини ўзгартирганимизда биз унинг босими ўзгаришини пайқаймиз: ҳажмини кичрайтсак, босими ортади, ҳажмини орттурсак, босими камаяди.

Мисол учун,  $B$  найни шундай баланд кўтарайликки, унда тўйинтирмайдиган буғ ҳосил бўлсин (181-*a* расм). Бу буғнинг босими  $H - h$  бўлади, бунда  $H$  — атмосфера босими. Агар энди найни туширсак, ундаги симоб ҳам пастга тушади:  $h_1 < h$  (181-*b* расм), бу эса буғ босимининг ортганини кўрсатади ( $H - h_1 > H - h$ ). Буғ то тўйинтирадиган бўлгунча босими ортиб бораверади. Бунда симоб устида суюқлик пайдо бўлади (181-*в* расм). Буғ тўйинтирадиган бўлиб қолган пайтдан бошлаб унинг босими ўзгармас бўлиб,  $H - h_2$  бўлади. Бу босим берилган температурада буғнинг энг катта босими бўлади.

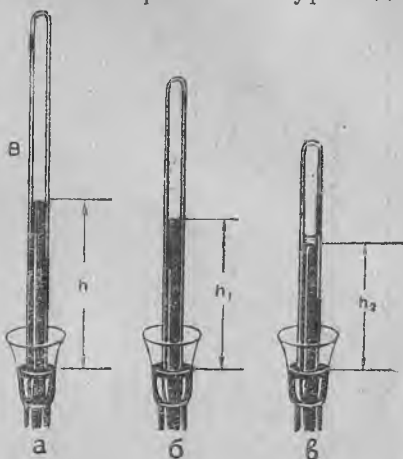
**Маълум бир температурада босими энг катта бўлган буғ тўйинтирадиган буғдир.**

$B$  найни тушираверсак, ниҳоят шундай пайт келадикки, жуда катта босим берилса ҳам, симоб устида ҳажми жуда кам узгарадиган суюқлик ҳосил бўлади.

Тўйинтирмайдиган буғни ўзгармас температурада ҳажмини камайтириш йўли билан суюқликка айлантириш график усулда  $ABCD$  эгри чизиқ равишида ифода қилинади (182-расм). Бу эгри чизиқнинг  $AB$  қисми тўйинтирмайдиган буғга,  $B$  нуқта — тўйинтириш ҳолатига,  $BC$  чизиқ — буғнинг суюқликка айланишига ва  $CD$  — суюқликка мос келади.  $ABCD$  эгри чизиқ суюқлик ва буғнинг изотермаси деб аталади.

Тўйинтирмайдиган буғни тўйинтириш ҳолатига фақат унинг ҳажмини камайтириш йўли билангина эмас, балки температура-сини пасайтириш йўли билан ҳам келтириш мумкин. Масалан,  $B$  найнинг ташқи томонига эфир сепсак (181-*a* расм), эфир бўғланиб, найни совитади, бунинг натижасида тўйинтирмайдиган буғ тўйинтириш ҳолатига келиб, қисман суюқликка айланади (181-*в* расм).

Совуқда ташқаридан иссиқ уйга олиб кирилган совуқ буюм-ларнинг терлаши, туман, шудринг ҳосил бўлиши ва шу кабилар буғнинг шу хоссаси туфайли бўлади. Шундай қилиб, буғни тўйинтирмайдиган ҳолатдан тўйинтирадиган ҳолатга икки



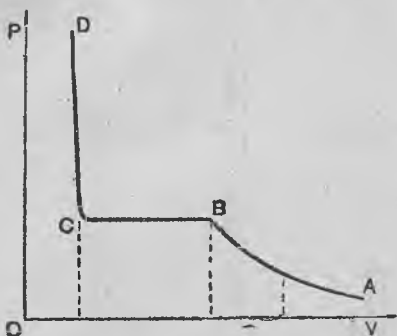
181-расм. Тўйинтирмайдиган буғнинг тўйинтирадиган буғга айланишини кўрсатиши.

йўл билан: 1) температурани пасайтириш ва 2) босимни орттириш (ҳажми камайтириш) билан келтирилади.

Бунинг аксича, тўйинтирадиган ҳолатдан тўйинтирмайдиган ҳолатга: 1) температурани ўзгартирмасдан босимни камайтириш (ҳажми орттириш) ва 2) буғнинг температурасини кўтариш йўли билан келтирилади.

Агар тўйинтирадиган буғ қамалган найни эҳтиётлик билан иситсак (180-расм), симоб устидаги суюқлик аста-секин буғланади ва иситишни давом эттирсак, симоб устидаги буғ тўйинтирмайдиган буғ бўлиб қолади.

Техникада тўйинтирадиган буғни қиздириш йўли билан ҳосил қилинган тўйинтирмайдиган буғ ўта қиздирилган буғ дейилади. Ҳозир буғ двигателларида фақат температураси  $150^{\circ}$  дан тортиб  $600^{\circ}\text{C}$  гача бўлган ўта қиздирилган буғ ишлатилади.



182-расм. Тўйинтирмайдиган буғнинг суюқликка айланиш графиги.

115. Қайнаш. Сувни колбада иситиб, унинг температурасини ва унда бўлаётган ҳодисаларни кузатиб борайлик.

Аввал сув ичида газ пуфакчалари пайдо бўла бошлашини кўрамиз. Идиш деворлари ва сув ютган ҳаво шундай пуфакчалар равишида ажралиб чиқади. Ҳар бир пуфакча ичида сув буғлангани учун бу пуфакчаларда ҳаводан ташқари яна тўйинтирадиган сув буғи ҳам бўлади.

Сувни исита берганимизда ичида буғ бўлган ҳаво пуфакчалари борган сари катталашади ва кўпаяди. 183-расмда пуфакчалардан бирининг аста-секин ўсиш стадиялари (босқичлари) тасвирланган. Пуфакча маълум катталиққа эришгандан кейин (183-а расм), у идиш деворларидан узилиб кетади (183-б расм).

Кўтарилаётган пуфакчалар сувнинг юқори, совуқроқ қатламларига ўтганда кичрәяди, чунки улардаги буғ сувга айланиб, унда фақат озгина ҳаво қолади, сув бетига ўша ҳаво чиқади (183-в расм).

Ҳамма суюқлик етарли даражада исиганда, пуфакчалар суюқликнинг юқори қатламларида йўқолмайди, юқорига кўтарилган сари ушиб боради ва суюқлик бетига чиққандан кейин ёрилиб, ўзида бўлган буғни чиқаради (183-г расм). Буғнинг суюқлик ичида ва сиртида бир вақтда ҳосил бўлиши қайнаш дейилади.

Қайнаш вақтида пуфакча ичидаги тўйинтирувчи буғнинг босими ташқи атмосфера босимини енгиш учун етарли бўлиши турган гап, шунинг учун ҳам пуфакчалардаги буғ таш-

қарига чиқади. Демак, *суюқлик шундай температурада қайнайдики, бунда суюқликнинг тўйинтирувчи буғининг босими унинг очиқ бетига таъсир қилган ташқи босимга тенг бўлади.*

Бундан, суюқликка бўлган босим камайса, унинг қайнаш температураси пасайиши, босим ортганда эса кўтарилиши лозим, деган хулоса чиқади. Бу хулосанинг тўғрилигини тажриба тасдиқлайди.

Совуқ сув қуйилган стаканни ҳаво насосининг қалпоғи остига қўяйлик. Қалпоқ ичидаги ҳавонинг сийраклашуви маълум даражага етганда, совуқ сув шарақлаб қайнай бошлайди.

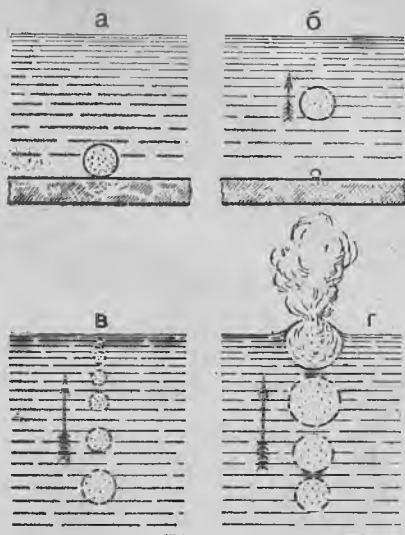
Агар соат ойнасига сув томизиб, уни ҳаво насосининг қалпоғи тагига қўйсак, қалпоқ ичидаги ҳаво сийраклаштирилганда сув олдин қайнаб, сўнгра музлаб қолади. Нега шундай бўлади? Бунинг сабаби буғланиш ва қайнаш учун сувнинг ички энергияси сарф қилинишидир; шунинг учун сув томчисининг температураси  $0^{\circ}\text{C}$  гача пасаяди ва сув музлайди.

Маълумки, денгиз сатҳидан юқори кўтарилган сари ҳавонинг босими камайа боради. Демак, баланд кўтарилган сари суюқликнинг қайнаш температураси пасайиши лозим. Бу тажрибада тасдиқланади. 184-расмда денгиз сатҳидан ҳисобланган баландлик ортган сари сувнинг қайнаш температураси ўзгариши график равишда тасвирланган.

Қайнаш температураси суюқликнинг табиатига боғлиқдир. Масалан, атмосфера босимида симоб  $357^{\circ}\text{C}$  температурада, керосин навига қараб  $170\text{--}260^{\circ}\text{C}$  да, спирт  $78^{\circ}\text{C}$  да, эфир  $35^{\circ}\text{C}$  да, суюқ аммиак —  $33,4^{\circ}\text{C}$  да қайнайди.

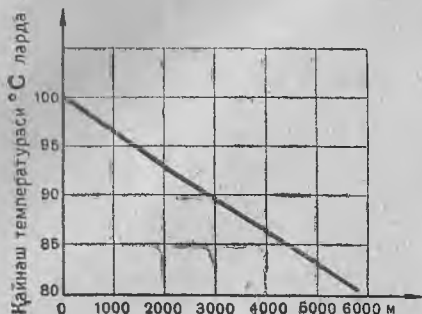
Берилган суюқликнинг қайнаш температураси ташқи босимгагина боғлиқ бўлмасдан, суюқликка аралашган бошқа моддаларга ҳам боғлиқдир.

Суюқликда қаттиқ модда эриган бўлса, ҳамма вақт унинг қайнаш температураси кўтарилади. Масалан, 12% ли ош тузи эритилган сув  $102^{\circ}\text{C}$  да қайнайди. Агар эритманинг концентрацияси 40% га етказилса, қайнаш температураси  $108^{\circ}\text{C}$  га чиқади.



183-расм. *а* — ҳаво пуфакчасининг ичидаги суюқлик буғланиши натижа-сила пуфакчанинг ўсиши; *б* — пуфакчанинг узилиши ва пушт ҳосил бўлиши; *в* — пуфакчанинг кўтарилиши; *г* — суюқликнинг қайнаши.

116. Буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги. Суюқлик массаси бирлигини қайнаш температурасида бугга айлантириш учун керак бўлган иссиқлик миқдорига буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги дейилади.



184-расм. Денгиз юзидан ҳисобланган баландлик ошган сари сувнинг қайнаш температураси пасайиш графиги.

Буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги  $\frac{\text{кал}}{г}$  ва  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$

ларда, СИ системасида эса  $\frac{\text{ЖС}}{\text{кг}}$  да ифодаланади. Бу системада сувнинг буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги  $L = 539 \cdot 4186,8 \frac{\text{ЖС}}{\text{кг}} \approx 2258 \cdot 10^3 \frac{\text{ЖС}}{\text{кг}}$ .

Қуйидаги жадвалда баъзи суюқликларнинг атмосфера босимида қайнаш температурасида буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги қанча бўлиши кўрсатилади.

Моддалар	$\frac{\text{кал}}{г}$ ҳисобида буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги	Моддалар	$\frac{\text{кал}}{г}$ ҳисобида буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги
Сув . . . . .	539	Эфир . . . . .	84
Аммиак . . . . .	327	Углерод сульфид . . . . .	84
Спирт . . . . .	204	Скипидар . . . . .	70
Бензин . . . . .	95	Симоб . . . . .	69

Бир суюқликнинг ўзининг буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги ҳар хил температурада ҳар хил бўлади. Бу, сув учун берилган қуйидаги жадвалдан кўриниб турибди.

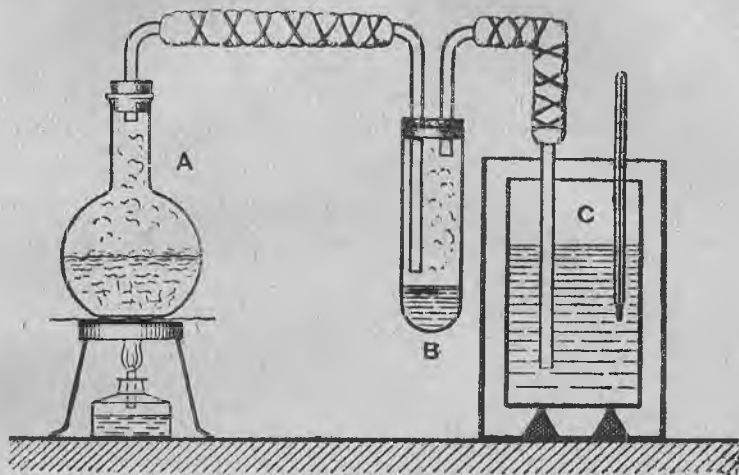
Температура, °С	0	50	100	150	200	250	300	350	374
Солиштирма буг ҳосил бўлиш иссиқлиги ( $\frac{\text{кал}}{г}$ ларда)	595	568	539	506	468	408	330	210	0

Жадвалдан температура кўтарилган сари буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигининг камайиши кўринади.

Буг суюқликка айланганда буг ҳосил бўлиш иссиқлиги ажралиб чиқади. Буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигини тажрибада топиш ана шунга асосланган. Шу тажриба учун қилинган қурилма 185-расмда тасвирланган.



Буг *A* колбадан *B* пробирка орқали сув қуйилган *C* калориметрга ўтади, унда сувга айланади ва калориметрдаги сувни иситади. Калориметрга буг юборилмасдан олдин унда бўлган сувнинг массасини  $m$ , аралаштиргич билан калориметрнинг массасини  $m_1$ , сувнинг солиштирма иссиқлик сиғимини  $c$ , калориметрнинг солиштирма иссиқлик сиғимини  $c_1$ , калориметр-



185-расм. Сувнинг солиштирма буг ҳосил бўлиш иссиқлигини аниқлаш учун ишлатиладиган қурилма.

даги сувнинг бошланғич температурасини  $t_1$ , калориметрдаги сувга юборилган буг массасини  $m_2$  (бу бугнинг массаси калориметрдаги сувнинг тажрибадан олдинги ва кейинги массалари орасидаги айирмасига қараб топилади), сувнинг қайнаш температурасини  $t_2$ , калориметрдаги сувнинг охири температурасини  $\theta$ , сувнинг изланаётган солиштирма буг ҳосил бўлиш иссиқлигини  $L$  билан белгилайлик.

Буг юборилганда сув ва калориметрнинг олган иссиқлик миқдори:

$$Q = cm(\theta - t_1) + c_1m_1(\theta - t_1). \quad (1)$$

Бугнинг сувга айланганда берган иссиқлиги  $Lm_2$  бўлади. Ҳосил бўлган суюқликнинг бундан кейин конденсация температурасидан охири температурасигача совиганда чиқарган иссиқлигининг миқдори  $cm_2(t_2 - \theta)$  бўлади.

Ажралган барча иссиқлик:

$$Q = Lm_2 + cm_2(t_2 - \theta). \quad (2)$$

(1) ва (2) тенгликларнинг ўнг томонларини тенглаштириб, иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$cm(\theta - t_1) + c_1m_1(\theta - t_1) = Lm_2 + cm_2(t_2 - \theta).$$

Бундан  $L$  нинг катталигини ҳисоблаш учун формула ҳосил қиламиз:

$$L = \frac{1}{m_2} [cm(\theta - t_1) + c_1m_1(\theta - t_1) - cm_2(t_2 - \theta)].$$

### 31-машқ.

1. 0°C температурали 1 г сувни 100°C температурали буғга айлантириш учун керак бўлган иссиқлик миқдорини топинг.

2. Температураси 100°C бўлган 100 г сув буғи сувга айланиб, ўшандан ҳосил бўлган сув 20°C гача совиганда қанча иссиқлик чиқади?

3. Сувнинг буғ ҳосил бўлиш солиштира иссиқлиги эфирниқидан кўп. Не га қўлимизни эфир билан ҳўлласак, сувга қараганда эфир кўпроқ совитади?

4. 0°C температурали 30 кг сув қўйилган идишга температураси 100°C бўлган 1,85 кг сув буғи юборилди, натижада сувнинг температураси 37°C га чиқди. Сувнинг буғ ҳосил бўлиш солиштира иссиқлигини топинг.

5. 0°C температурали 1 кг музни 100°C температурали буғга айлантириш учун қанча иссиқлик керак?

6. Температураси -10°C бўлган 5 кг музни нормал босимда аввал 100°C ли буғга айлантириб, сўнгра уни 150°C гача иситиш учун ҳаммаси бўлиб қанча иссиқлик керак? Ўзгармас босимда сув буғининг солиштира иссиқ-

лик сизими  $0,49 \frac{\text{ккал}}{2 \cdot \text{град}}$  ёки  $2051,5 \frac{\text{ж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ .

7. Температураси 0°C бўлган 100 кг музни буғга айлантириш учун неча килограмм тошқумир ёқиш керак? Ўчоқнинг фойдали иш коэффициентини 70%. Қўмирнинг иссиқлик бериш қобилияти  $7000 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$  ёки  $29,3 \cdot 10^6 \frac{\text{ж}}{\text{кг}}$ .

✓117. Ҳавонинг намлиги. Сув ҳавзалари юзидан ва ўсимликлардан узлуксиз равишда сув буғланиб туриши сабабли, бизни ўраб олган атмосфера ҳавосида ҳамма вақт сув буғи бўлади. Ҳавонинг маълум бир ҳажмида сув буғи қанча кўп бўлса, буғ тўйинтириш ҳолатига шунча яқин бўлади. Иккинчи томондан ҳавонинг температураси қанча юқори бўлса, уни тўйинтириш учун буғ шунча кўп керак бўлади.

Берилган температурадаги ҳавода бўлган буғ миқдорига қараб, ҳавонинг намлик даражаси ҳар хил бўлади. Ҳавонинг намлигини аниқлаш атмосферада бўладиган ҳар хил ҳодисаларни текшириш, баъзи бир ишлаб чиқариш, гигиена ва шу сингарилар учун ғоят катта аҳамиятга эгадир.

**1 м<sup>3</sup> ҳаводаги сув буғининг граммлар билан ҳисобланган миқдорига ҳавонинг абсолют намлиги<sup>1</sup> дейилади.**

<sup>1</sup> Метеорологияда маълум бир температурада ҳаводаги сув буғининг миллиметрларда ҳисобланган симоб устуни билан кўрсатилган босимини абсолют намлик дейиш қабул қилинган.

Ҳавонинг абсолют намлигини билган билан ҳавонинг нақадар нам ёки қуруқ булишини аниқлай олмаймиз. Бунда яна ҳавонинг температурасини ҳам ҳисобга олиш керак. Агар температура паст бўлса, ҳаводаги сув буғи ҳавони тўйинтиришга яқин бўлиши мумкин, яъни бунда ҳаво нам бўлади. Температура юқорироқ бўлганда эса ўша миқдордаги сув буғи ҳавони тўйинтиришдан узоқ бўлиб, ҳаво қуруқ бўлади.

Ҳавонинг намлик даражаси ҳақида ҳукм юргизиш учун ҳаводаги сув буғи ҳавони тўйинтиришга қанчалик яқин ёки узоқ булишини билиш керак. Бунинг учун ҳавонинг нисбий намлиги деган тушунча киритилади.

*Маълум бир температурали ҳаводаги абсолют намликнинг буғ тўйинтирадиган бўлганда ўша температурада 1 м<sup>3</sup> ҳавони тўйинтириш учун керак бўлган буғ миқдорига нисбати ҳавонинг нисбий намлиги дейилади.*

Сув буғи молекулалари ҳам ўзини газ молекулаларидек тутади, шунинг учун газнинг босими билан зичлиги орасида 85-параграфда аниқланган боғланиш қандай бўлса, буғда ҳам бу боғланиш худди шундай бўлади. Шунга асосан нисбий намликни *маълум бир температурадаги ҳавода бўлган сув буғи босимининг ўша температурадаги ҳавони тўйинтирадиган буғ босимига нисбати деб таърифлашимиз мумкин.*

Агар  $D_0$  — ҳавони тўйинтириш учун керак бўлган буғ миқдори,  $D$  — ҳавода ҳақиқатда мавжуд бўлган буғ миқдори бўлса, берилган температурадаги нисбий намлик:

$$f = \frac{D}{D_0}$$

бўлади.

Шундай қилиб, ҳавонинг нисбий намлигини топиш учун унинг абсолют намлигини берилган температурада 1 м<sup>3</sup> ҳавони тўйинтириш учун талаб қилинган буғ миқдорига бўлиш керак экан.

$D_0$  берилган температурада энг катта қийматга эга бўлгани учун нисбий намлик ҳамма вақт тўғри каср бўлади. Уни одатда процентларда ифода қиладилар:

$$f = \frac{D}{D_0} \cdot 100\%.$$

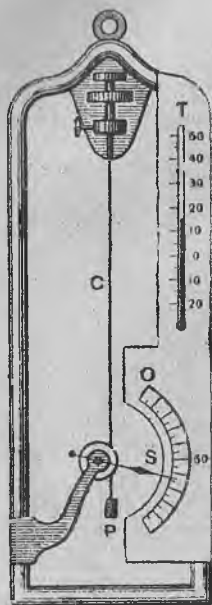
Турар жойларда нормал намлик 60—70% ҳисобланади.

118. **Ҳавонинг намлигини топиш усуллари.** Агар нам ҳавони совитсак, маълум бир температурага етганда ҳавода тўйинтирадиган буғ ҳосил бўлиб қолади ва совитишни давом эттираверсак буғ шудринг равишида туша бошлайди.

Ҳаводаги сув буғи тўйинтирувчи буғга айлангандаги температурани шудринг нуқтаси дейилади.

Ҳавонинг температурасини билганимизда ва шудринг нуқтасини аниқлаганимизда, ҳавонинг намлигини ҳисоблаш осон. Масалан, агар шудринг нуқтаси  $8^{\circ}\text{C}$ , ҳавонинг температураси  $15^{\circ}\text{C}$  бўлса, махсус жадвалдан фойдаланиб (бу жадвал масалалар тўпламларида ва справочникларда бўлади),  $8^{\circ}\text{C}$  да ҳавони тўйинтирадиган буғнинг миқдорини топамиз; у,  $8,3 \frac{2}{\text{м}^3}$  бўлади, мана шунинг ўзи ҳавонинг абсолют намлиги бўлади.  $15^{\circ}\text{C}$  да тўйинтирувчи буғ миқдорини аниқлаб (у,  $12,8 \frac{2}{\text{м}^3}$  бўлади), абсолют намликни шу миқдорга бўлганимизда ҳавонинг нисбий намлигини топамиз. Бу мисолда:

$$f = \frac{8,3}{12,8} \cdot 100 \approx 64\%.$$



186-рasm. Соч гигрометр.

**119. Соч гигрометр.** Ҳавонинг намлигини аниқлайдиган асбоблар гигрометр дейилади. Уларнинг тузилиши ҳар хил бўлиши мумкин.

186-расмда соч гигрометрнинг тузилиш схемаси тасвирланган. Намлик ўзгарганда кишининг ёғдан тозаланган сочининг узунлиги ўзгаради: намлик ошганда у узаяди, намлик камайганда қисқаради.

Агар шундай *C* сочининг бир учини металл рамкага маҳкамлаб қўйиб, енгил блокка ўрасак, иккинчи учига эса *P* юк оссак, сочининг узунлиги ўзгарганда блокка ўрнатилган *S* кўрсаткич ҳаракатга келади.

Асбобни олдиндан даражалаб олсак, шу асбоб ёрдами билан тўғридан-тўғри нисбий намликни топа оламиз.

Соч гигрометр намликни жуда аниқ билиш талаб этилмаганда қўлланилади.

**120. Август психрометри<sup>1</sup>.** Бу асбоб иккита бир хил *A* ва *B* термометрдан иборат (187-рasm). *B* термометрнинг шари *M* дока билан ўралган бўлиб, доканинг бир учи сувли *C* стаканга туширилган. Стакандаги сув дока бўйлаб юқори кўтарилади, шунинг учун дока доимо ҳўл бўлади. Шари қуруқ бўлган иккинчи термометр ҳавонинг температурасини кўрсатади. Ҳаво

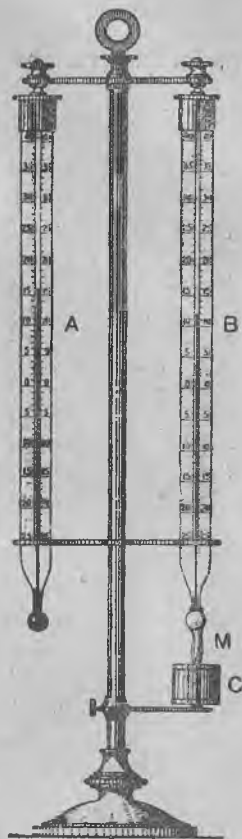
<sup>1</sup> Психрометр грекча психриа — совуқ ва метро — ўлчаётirman деган сўزلардан олинган.

сув бугига тўйинган бўлса, иккала термометр ҳам бир хил температурани кўрсатади: иккала термометр ҳам бир хил шароитда бўлади. Агар ҳаво сув бугига тўйинмаган бўлса, *B* термометрнинг шарига ўралган докадан сув буғланади ва ҳавонинг температураси пасаяди. Температуранинг пасайиши то сувнинг буғланиши сабабли унинг ички энергиясининг камайиши атрофдан келган энергия давом этади.

Шундай қилиб, одатдаги шароитда ҳўлланган термометр билан қуруқ термометрнинг кўрсатишида психрометрик айирма деган айирма бўлади. Психрометрик айирма қанча катта бўлса, албатта, ҳаво ўшанча қуруқ бўлиши ва бунинг аксинча, у қанча кам бўлса, ҳавонинг нисбий намлиги ўшанча кўп бўлиши ўз-ўзидан тушунилади.

Назарияга асосланиб (бу назарияни бу ерда кўриб ўтирмаймиз), махсус психрометрик жадваллар тузилади, шу жадваллардан фойдаланиб қуруқ ва ҳўлланган термометрларнинг кўрсатишларига асосан ҳавонинг нисбий намлигини жуда тез топиш мумкин.

Ҳавонинг намлигини жуда аниқ билиш талаб этилса, одатда Август психрометридан фойдаланилади. Метеорологияда атмосферада бўлаётган ҳодисаларни ўрганиш ва об-ҳавони олдиндан айтиш учун ҳавонинг намлигини билиш жуда муҳимдир.



187- расм. Август психрометри.

### 32- машқ.

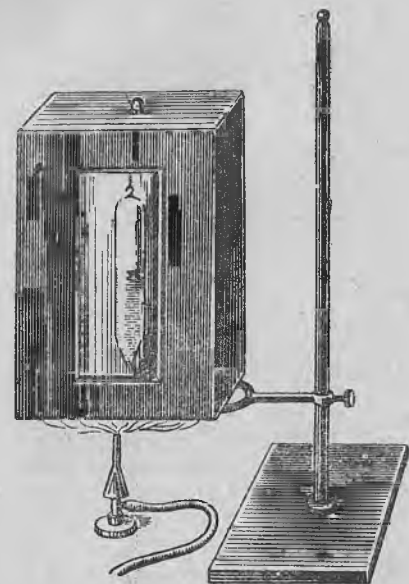
1. Ҳавонинг абсолют намлиги  $10 \frac{г}{м^3}$ . Температура  $12^\circ$ ,  $18^\circ$ ,  $24^\circ\text{C}$  бўлганда ҳавонинг нисбий намлиги қанча бўлади?
2. Уйда нисбий намлик  $f = 60\%$ , температура  $16^\circ\text{C}$ . Ялтироқ металл буюмда шудринг пайдо бўлиши учун буюмни қандай температурагача совитиш керак?
3. Қуруқ термометр  $20^\circ\text{C}$ , ҳўллангани эса  $15,5^\circ\text{C}$  ни кўрсатиб турибди, ҳавонинг нисбий намлигини топинг.
4. Температура  $10^\circ\text{C}$  бўлганда ҳавонинг нисбий намлиги  $80\%$ . Агар температура  $20^\circ\text{C}$  гача кўтарилса, нисбий намлик қандай ўзгаради?
5. Идишдаги ҳавонинг температураси  $t = 15^\circ\text{C}$ ; ҳавонинг нисбий намлиги  $f = 63\%$ , ҳавони кальций хлорид билан қуритилганда, идишнинг оғирлиги  $3,243$  г камайган. Шу идишнинг ҳажмини топинг.

**121. Критик температура.** Босимни орттириб ва, шу билан бирга, температурани пасайтириб, тўйинтирмайдиган буғни тўйинтирадиган ҳолга келтиргандек, одатдаги газларни ҳам тўйинтирадиган ҳолга келтириш, сўнгра суюқлириш мумкин, деган фикр кўпдан бери маълум. Шу усулни қўллаб инглиз олими Фарадей бир неча газни: аммиак, карбонат ангидрид, хлор ва бошқаларни суюқликка айлантирган. Бироқ, бир қанча газ, масалан, кислород, азот, водород, карбон (II)-оксид, азот (II)-оксид ва метан каби газлар ҳаттоки босим 3000 атмосферагача кўтарилиб,

температурасини —  $110^{\circ}\text{C}$  гача пасайтирилганда ҳам суюқликка айланмаган. Бу ҳодисанинг сабабларини билиш керак эди.

Газларни суюқлириш проблемаси билан улуғ рус олими Д. И. Менделеев ҳам шуғулланган. Д. И. Менделеевдан илгари ўтган олимлар газларни суюқлириш ҳақидаги мулоҳазаларида бу процесснинг тўйинтирмайдиган буғни суюқликка айлантириш процессига ўхшаш бўлишига асосланган бўлсалар, Менделеев бунинг тескараси бўлган процесс шароитига — суюқликнинг буғга айланиш шароитига эътибор қилди.

Шу шароитни ўрганиб Менделеев, ҳар бир модда учун ўзига хос бир температура борки, бу температурада модданинг суюқлик ҳолати билан газсимон ҳолати орасида фарқ



188- расм. Критик ҳолатни ўрганишда ишлатиладиган асбоб.

йўқолади, деган хулосага келди. Шу температурани Менделеев абсолют қайнаш температураси деб атади. Кейинчалик уни критик температура дейиладиган бўлди.

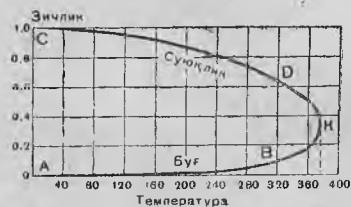
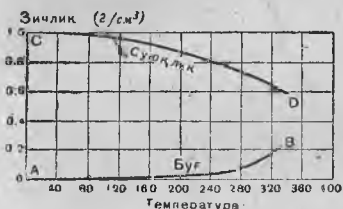
Бу қандай температура? Бу саволга жавоб бериш учун қуйидаги тажрибани қиламиз.

Ҳажмининг бир қисмини суюқлик эгаллаган бўлиб, қолган қисми тўйинтирувчи буғ билан тўлган, кавшарланган найни ҳаво ваннасига жойлаштирайлик (188- расм) ва уни иситайлик. Иситганда найдаги суюқликнинг ҳам, буғнинг ҳам зичлиги ўзгаради. Мисол тариқасида температура ўзгарганда сув ва сув буғининг зичлиги ўзгариш графикларини чизайлик. Бунинг учун абсциссалар ўқида температурани, ординаталар ўқида суюқлик ва буғнинг зичлигини кўрсатайлик (189-а расм).

Сууюқлик исиганда кенгайиши сабабли сууюқликнинг зичлигини температурага боғлиқ равишда кўрсатадиган  $CD$  эгри чизик температура кўтарилган сари сууюқликнинг зичлиги камайиши кўрсатиб, пастга тушади.

Температура кўтарилганда сууюқликининг буғланиши тезланганлигидан буғнинг зичлиги ортади. Буғ зичлигининг шундай ортиши графикда  $AB$  эгри чизик билан тасвирланган.

$AB$  эгри чизик  $CD$  эгри чизикдан пастга жойлашади, чунки ҳар қандай температурада ҳам модданинг буғсимон ҳолатидаги зичлиги сууюқ ҳолатидаги зичлигидан кам бўлади.



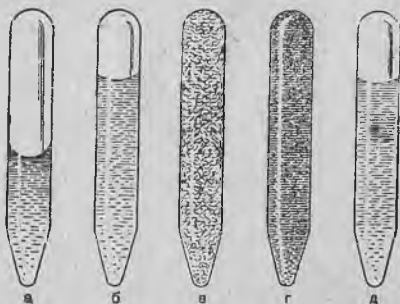
189-расм. Исиганда сув ва буғ зичлигининг узгариш графиги.

Температура кўтарилган сари сууюқликнинг зичлиги камаяди, буғнинг зичлиги эса ортади.  $CD$  эгри чизик пастга тушади,  $AB$  эгри чизик эса юқори кўтарилади. Ҳар иккала эгри чизик бир  $K$  нуқтада бирлашади (189-б расм), бу нуқта критик нуқта дейилади, эгри чизиклар бирлашадиган температурани эса критик температура дейилади.  $K$  критик нуқтага модданинг критик ҳолат деган махсус бир ҳолати мос келадики, бунда сууюқлик билан унинг тўйинтирадиган буғи орасида ҳеч қандай фарқ қолмайди.

Критик ҳолатдаги модданинг босими критик босим ва солиштирма ҳажми (масса бирлигининг ҳажми) критик ҳажм дейилади.

Ҳар хил моддаларнинг критик температураларини аниқлаш соҳасида систематик текшириш ишларини биринчи бўлиб рус олимларидан М. П. Авенариус, А. И. Надеждин ва бошқалар олиб бордилар.

Эфирнинг критик ҳолатини Авенариус 188-расмда тасвирланган асбобда текширган. Ҳаво ваннага жойлаштирилган кичкина найда эфир қисман сууюқ, қисман газсимон ҳолатда булган. Уй температурасида бу иккала ҳолатни ботиқ мениск



190-расм. Эфирнинг критик ҳолатини текшириш тажрибасига доир.

бир-биридан кескин равишда ажратиб турган (эфир шишани ҳўллайди. 190-а расм). Найни иситганда ботиқ чегара аста-секин туғрилиши боради (190-б расм) ва эфирнинг критик температурасида (194°C) бирданига йўқолиб кетади. Шу температурада ва бундан юқори температураларда найдаги эфир бир жишли ҳолатда булади (190-в расм). Сўнгра найни аста-секин совитганимизда эфирнинг критик ҳолатини кузатиш мумкин (190-г расм), бунда найдаги эфир қорамтир бўлиб қолади, унда кейин эса суюқликни буғдан ажратадиган чегаранинг пайдо бўлишини кўриш мумкин (190-д расм).

Қуйидаги жадвалда баъзи моддаларнинг критик температураси ва критик босими берилади:

Моддалар	Критик температура, °С ларда	Критик босим (ат ларда)
Сув . . . . .	374	218
Спирт . . . . .	243	63
Эфир . . . . .	194	35
Карбонат ангидрид . .	31	73
Кислород . . . . .	—119	50
Азот . . . . .	—147	33,5
Водород . . . . .	—240	12,8
Гелий . . . . .	—268	2,25

**122. Газларни суюлтириш.** Ҳар бир модданинг критик температураси борлиги топилиши билан баъзи газларни узоқ вақтлар суюқ ҳолга келтириб бўлмаганининг сабаби жуда аниқ бўлиб қолди: бу газларнинг критик температураси жуда паст экан. Бу газларни суюлтириш учун олдин уларни критик температурадан паст совитиш лозим эди.

1883 йилда—244°C да водород суюлтирилди. 1910 йилда Голландия олими Камерлинг-Оннес қайнаш температураси — 269°C бўлган суюқ гелий ҳосил қилди.

Суюлтирилган газларни тез буғлантириш йўли билан қаттиқ ҳолга келтирилди. 1913 йилда Камерлинг-Оннес қаттиқ водород ҳосил қилди. Унинг эриш температураси — 257,1°C экани маълум бўлди.

Кейинчалик — 271,9°C ва 26 атм босимда қаттиқ гелий ҳосил қилинди. Шундай қилиб, ҳозир Ер юзида маълум бўлган барча моддалар суюқ ва қаттиқ ҳолга келтирилди.

Нормал босимда баъзи моддаларнинг қайнаш ва қотиш температураси қуйидаги жадвалда берилади (С градусларда).

Суюқ ҳавони уни ташкил этувчи газларга ажратиш осон. Суюқ ҳаво буғланганда аввал қайнаш температураси паст-



Моддалар	Хлор	Кислород	Азот	Водород	Гелий
Қайнаш температураси	-33,8	-183	-195	-253	-269
Қотиш температураси	-102	-219	-210	-257	-271,9 (26 ат)

роқ бўлган неон, азот, кейин аргон, кислород ва бошқалар бугланади. Шу йул билан ҳосил қилинган газлар техникада кўп қўлланилади. Масалан, кислород ацетилен (ёки водород) билан аралаштириб металлларни қирқиш ва пайванд (сварка) қилишда ишлатилади.

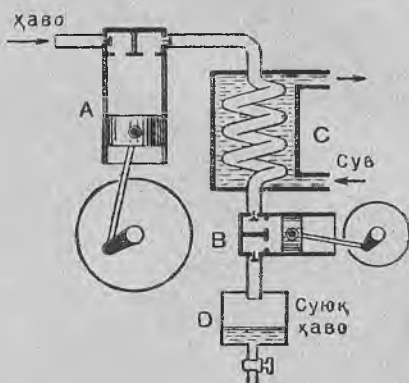
Домналардаги процессларда ҳам дамлаш учун кислород ишлатилади. Аргон ва неон электр лампаларга тўлдириш учун кетади; азот аммиак ҳосил қилиш учун ишлатилади ва ҳоказо. Ана шунинг учун саноатда суюқ ҳаво ҳосил қилишнинг аҳамияти каттадир.

Саноатда суюқ ҳаво ҳосил қилиш учун фойдаланиладиган машиналарнинг тузилиши ҳавонинг тез кенгайганда совитишига асосланган. Ҳавони суюлтирадиган машинанинг схемаси 191-расмда тасвирланган. Ҳаво ташқаридан *A* компрессорга сўрилади ва уни поршень ўнларча атмосфера босим остида қисади.

Компрессорда қисилган ҳавони *C* змеевикда сув совитади; кейин у, кенгайтиргич *B* (детандер) га ўтади, унда кенгайиб ва кенгайишда иш бажариб, критик температурадан паст температурагача совийди. Детандернинг поршени орқага қайтганда ҳаво суюқликка айланиб, *D* идишга тўпланади.

Совет олими П. Л. Капица илгарилама-қайтма ҳаракат қиладиган поршенли цилиндр ўрнига сиқилган ҳаво билан айланадиган турбина (турбодетандер) татбиқ қилди. Бу қурилма бошқа система машиналарга қараганда анча унумли ва фойдали бўлиб чиқди.

Машиналарда совитгич сифатида қайнаётган суюқ ҳаво ишлатиб, суюқ водород ҳосил қилинади. Бу энг энгил суюқлик бўлиб, унинг зичлиги  $0,07 \frac{г}{см^3}$ . Суюқ водородни паст босимда буглантириб, температурани янада пасайтириш мумкин, темпе-



191-расм. Суюқ ҳаво ҳосил қиладиган машинанинг тузилиш схемаси.

ратура — 257° С гача тушганда водород қаттиқ ҳолатга айланади, бу ҳолатда унинг зичлиги  $0,08 \frac{2}{\text{см}^3}$  бўлади. Бу температурада гелийдан бошқа барча моддалар суюқ ва қаттиқ ҳолда бўлади. Кўп уринишлардан кейин гелий ҳам суюлтирилди. Бунинг учун гелийни олдин қайнаётган суюқ водород билан совитишга тўғри келди.

**123. Суюлтирилган газларнинг хоссалари.** Суюлтирилган газлар тез буғланади. Уларни сақлаш учун Дьюар иккаласининг орасидаги ҳаво сўриб олинган қўш қават деворли махсус шиша идишлар ясади. Шундай қилинганда иссиқлик бу идиш ичидаги моддадан ташқи ҳавога иссиқлик ўтказиш ва конвекция йўли билан ўтмайди дейиш мумкин. Нур ютиш йўли билан исишни камайтириш учун идишнинг деворлари кўзгудек қилинади. Дьюар идишларидан бири овқатни иссиқ сақлаш учун ишлатиладиган термосдир.

Суюлтирилган газлар температурасида жуда кўп моддалар қаттиқ ҳолга келади. Масалан, махсус формага қўйилган симоб устига суюқ ҳаво қўйиб, ялтироқ симоб болғача ҳосил қилиш, бу болғача билан кичкинароқ михни тахтага қоқиш мумкин. Суюқ ҳаво қўйилган стаканга музлаш температураси — 114°С бўлган спирт қўйилган пробиркани ботириб, қаттиқ спирт ҳосил қилиш мумкин.

Суюлтирилган газлар температурасида кўп моддаларнинг физик хоссалари анча ўзгариб кетади. Масалан, симоб ва рух чўкичланидиган бўлиб қолади; пластик металл — қўрғошин — пўлатдек эластик бўлиб қолади; қўрғошиндан қилинган қўнғироқ жаранглайди. Одатдаги температурада эластик бўлган баъзи жисмлар суюлтирилган газларда совитилса, шишадек мўрт бўлиб қолади. Масалан, суюқ ҳавода совитилган резинка парчаси тез синади, резинка коптокка урсак, у майда-майда бўлиб кетади. Абсолют нолга яқин температураларда кўпчилик моддаларнинг электр токка қаршилиги нолгача пасаяди. Фанда бу ҳодиса *ўтаўтказувчанлик* деб аталади.

Суюлтирилган ҳавода кислород жуда кўп бўлганидан, ёнишга яхши ёрдам қилади. Суюқ ҳавога ҳўлланган пахта порохдек ўт олиб кетади. Суюқ ҳаво шимдирилган кўмир кукунининг портлаш кучи динамитдан қолишмайди.

---

000000  
и улуго

Х II Б О Б.

**ИССИҚЛИК ДВИГАТЕЛЛАРИ.**

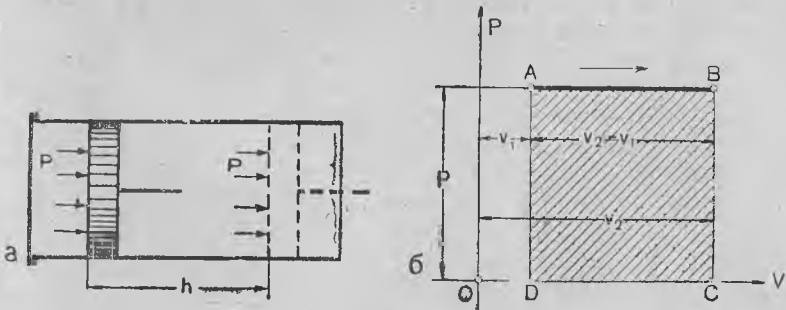
**124. Газнинг кенгайишда бажарган иши.** Кенгайишда газнинг бажарган ишини энг оддий ҳолларда қандай ҳисоблашни кўрайлик.

Цилиндр ичида юзи  $S$  бўлган поршень остида босими  $p$  бўлган бирор газ бор деб фараз қилайлик (192-а расм). Газнинг поршенга таъсир қилган кучи  $F = p \cdot S$  формуладан топилади. Агар газ ўзгармас босимда иситилса, у кенгайди, поршень  $h$  қадар силжийди.

Газ бунда  $A = pSh$  иш бажаради. Аммо  $Sh = V_2 - V_1$  газ ҳажмининг ортишидир: демак,

$$A = p(V_2 - V_1).$$

Газнинг изобар кенгайишда бажарган иши газнинг босими билан ҳажми ошуви кўпайтмасига тенг бўлади.



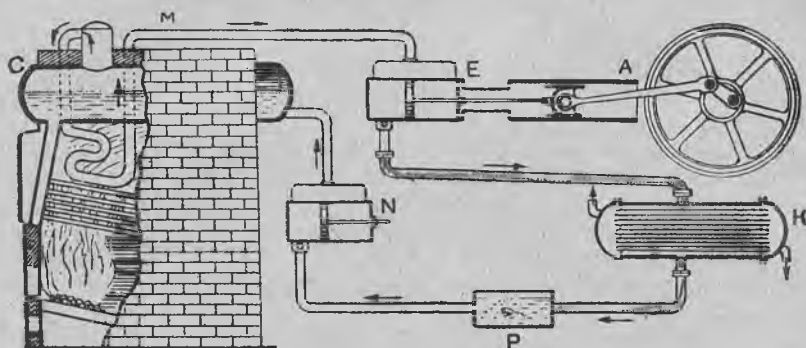
192-расм. Газнинг изобар кенгайишда бажарган ишини ҳисоблаш.

Газнинг изобар кенгайишда бажарган иши график равишда асоси  $V_2 - V_1$ , баландлиги  $p$  бўлган  $ABCD$  тўғри тўртбурчак юзи билан тасвирланади (192-б расм).

**125. Иссиқлик двигатели.** Иссиқлик двигателининг ишлаши учун зарур шартлар. Иссиқлик двигатели деб шундай машинага айтиладики, бунда ёқилги ёнганда ҳосил булган энергия механик энергияга айланади.

Иссиқлик двигателларида иш бажарадиган моддани ишловчи жисм ёки ишловчи модда дейилади. Буғ двигателларида шундай ишловчи модда буғ бўлиб, ички ёниш двигателларида эса газ бўлади.

Икки хил иссиқлик двигатели: ички ёниш двигатели ва буғ двигатели бор. Уларнинг тузилишини биз кейин кўрамиз, ҳозир эса ёнган ёқилгининг энергиясини машина ва механизмлар ишига айлантириш учун зарур бўлган умумий шартларни аниқлайлик. Бу шартлар ҳамма иссиқлик двигателларига тааллуқдир. Бу шартларни биз схемаси 193-расмда тасвирланган буғ-куч қурилмасининг ишлаш мисолида аниқлаймиз.



193-расм. Буғ-куч қурилмасининг схемаси.

Буғ-куч қурилмасининг қисмларидан бири *C* буғ қозони бўлган ўчоқдир (қозоннинг тузилиши 128-параграфда тушунтирилади). Қозонда ҳосил бўлган буғ босим остида *M* труба бўйлаб буғ машинанинг *E* цилиндрига ўтади. Бунда буғ кенгайди ва поршенни суриб, иш бажаради. Поршеннинг қайтма-илгарилама ҳаракати *A* узатиш механизми воситаси билан маховикни айланма ҳаракатга келтиради, маховик эса станоклар, қишлоқ хўжалик машиналари, ток генераторлари ва шу сингариларнинг ишловчи қисмларини ҳаракатга келтиради.

Ишини бажарган буғ конденсатор деган махсус қурилмага келади, бунда буғ оқар сув билан совитилиб турган трубалардан ўтиб, ички энергиясининг бир қисмини йўқотади ва сувга айланади. Бу сув аввал *P* бакка боради ва унда тозаланади, кейин *N* насос ёрдами билан яна қозонга қўйилади.

Демак, буғ-куч қурилмасининг асосий қисмлари: иситгич (қозон билан ўчоқ), иш бажарадиган моддаси (буғи) бўлган цилиндр ва совитгич (конденсатор) дир. Тажриба кўрсатадики, ҳар қандай двигатель шу қисмлар бўлгандагина ишлай олади.

Иссиқлик двигателлари ишининг хусусияти шундаки, бунда ишловчи модданинг иситгичдан олган энергиясининг бир қисми албатта совиткичга (конденсаторга) берилади.

Фараз этайлик, ишловчи модда иситгичдан  $Q_1$  калория исиқлик олсин. Бу исиқликнинг бир қисми машинада механик иш бажаришга кетиб, қолган қисми, масалан,  $Q_2$  калория ишловчи моддадан совитгичга ўтсин. Бу процесс схематик равишда 194-расмда тасвирланган: иш фақат ички энергиянинг ўзгариш миқдори  $Q_1 - Q_2$  айирмаси ҳисобига бажарилади.

*Ҳеч бир исиқлик двигателида ҳам ишловчи модданинг иситгичдан олган исиқлик миқдорининг ҳаммаси механик энергияга айланимайди. Исиқлик миқдорининг бир қисмини совитгич албатта ютади.* Исиқлик двигатели ишининг энг муҳим хусусияти шундан иборатдир.

76-параграфда ҳаракатдаги жисмларнинг механик энергияси энергиянинг ҳамма айланишларида ҳам тўлиқ равишда жисмларнинг ички энергиясига айланиши кўрсатилган эди.

Бунинг аксича, жисмнинг ички энергияси механик энергияга айланишида гап бошқача бўлади. Тажриба кўрсатадики, масалан, буғ ёки газнинг ички энергияси қисмангина механизмларнинг ҳаракат энергиясига айланади.

Агар жисмларнинг ички энергияси тартибсиз ҳаракатда бўлган атом ва молекулаларнинг потенциал ҳамда кинетик энергияси йиғиндисидан иборат эканлигини эсласак, бунинг сабаби осон тушунилади. Мисол учун, бир порция буғ ички энергиясини буғ машина поршени ҳаракатининг кинетик энергиясига тамомила айлантириш мумкин. Бунинг учун, тинмай тартибсиз тўлганган кўп миллиард молекулаларнинг поршенга бирдан учиб келиб ўзларининг бор кинетик энергия запасини беришлари керак бўлар эди.

Ҳатто шундай процесс бўлиши мумкин бўлса ҳам, барибир, бунда буғ ички энергиясининг бир қисми молекулаларнинг ўзаро таъсир потенциал энергияси шаклида сақланади.

Шундай қилиб, жисмларнинг ички энергияси механизмлар ҳаракатининг кинетик энергиясига тўла равишда айланолмайди. Бу хулоса жуда катта амалий аҳамиятга эга, чунки у, ма-



194-расм. Исиқлик двигателида энергия айланиш процессининг схемаси.

шиналарнинг фойдали иш коэффициентини ошириш проблемаси билан боғлангандир.

**126. Иссиқлик двигателларининг фойдали иш коэффициенти.** Иссиқлик двигателлари қуришда, аввало имконияти борича ёнган ёқилғи энергиясининг кўп қисмини механик энергияга айлантириш, бошқача айтганда, минимал ёқилғи сарф қилиб, максимал иш ҳосил қилиш муҳимдир. Унда машина фойдали (тежамли) бўлади. Иситгичдан ишловчи жисмга берилган иссиқлик миқдори  $Q_1$  ва ишга айланган иссиқлик миқдори  $Q_1 - Q_2$  ни билганимизда, шу айланиш процессининг қай даража фойдали бўлишини билиш мумкин.

*Машина ишга айлантирган иссиқлик миқдорининг иситгичдан олган иссиқлик миқдorigа нисбати иссиқлик машинасининг фойдали иш коэффициенти дейилади.*

Машинанинг ф. и. к ни  $\eta$  ҳарфи (грекча „эта“) билан белгилаш қабул қилинган:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

Буғ машиналарида ички энергия ҳисобига иш ҳосил қилиш шартларини урганиб, Карно 1824 йилда ҳар қандай реал иссиқлик двигателининг ҳам фойдали иш коэффициенти  $\frac{T_1 - T_2}{T_1}$  дан ортиқ бўлиши мумкин эмаслигини аниқлади, бунда  $T_1$  — иситгичнинг абсолют температураси,  $T_2$  эса совитгичнинг абсолют температураси. Двигателнинг ф. и. к. бу қийматга қанча яқин бўлса, у шунча мукамаллашган бўлади. Бу хулоса тажрибада тўла тасдиқланади.

Бундан чиқадики, иссиқлик двигателининг фойдали иш коэффициенти ошириш учун иситгичнинг температурасини кўтариш, совитгичнинг температурасини эса пасайтириш керак экан.

Мисол. Буғ машина цилиндрига кирган буғнинг температураси  $200^\circ\text{C}$ , яъни  $473^\circ\text{K}$ , ундан чиқиб кетганида эса  $100^\circ\text{C}$ , яъни  $373^\circ\text{K}$ .

Бундай машинанинг фойдали иш коэффициенти:

$$\frac{473 - 373}{473} \cdot 100\% \approx 21\% \text{ дан ортиқ бўлиши мумкин эмас.}$$

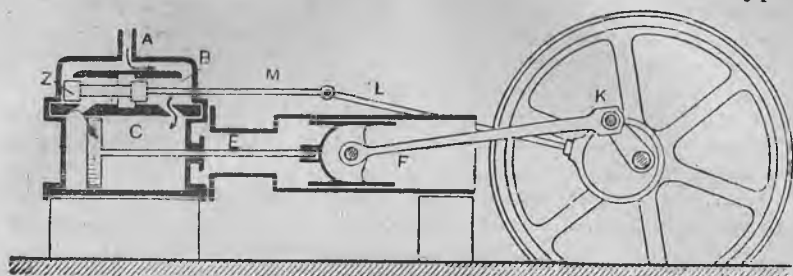
Умуман иссиқлик двигателларининг ф. и. к. катта эмаслигини кейинроқ кўрамиз.

**127. Буғ машина.** Буғ машинада буғнинг энергияси поршеннинг ҳаракат энергиясига бевосита айланади.

195-расмда бир цилиндрли буғ машинанинг тузилиш схемаси тасвирланган. Буғ  $A$  труба бўйлаб буғ қозондан буғ тақсимловчи  $B$  қутига келади, ундан  $C$  цилиндрга навбат билан поршеннинг гоҳ бир томонидан, гоҳ иккинчи томонидан киради. Буғ  $Z$  золотник ёрдами билан тақсимланади<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Буғни золотник ёрдами билан эмас, махсус клапанлар ёрдами билан тақсимлайдиган машиналар ҳам бор.

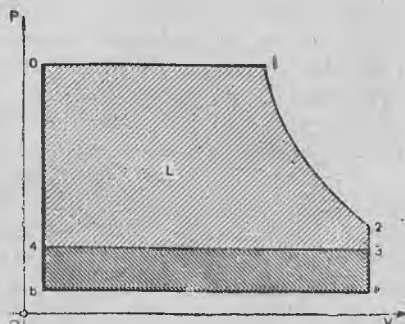
Буғ цилиндрининг ўнг томонига келиб кирганда (бу ҳол 195-расмда кўрсатилган) поршенни чапга суради, ишини бажарган буғ эса чиқариш трубасидан чиқариб юборилади (бу труба расмда кўрсатилмаган). Кейин, бунинг тескарисича, буғ цилиндрининг чап томонидан киради ва поршенни ўнг томонга суради.



195-расм. Буғ машинанинг тузилиш схемаси

*E* шток, *F* шатун ва *K* кривошип ёрдами билан поршеннинг қайтма-илгариллама ҳаракати машина вали (ўқи) ва маховик гилдиракнинг айланма ҳаракатига ўтади. Ўз навбатида маховик гилдирак *L* ва *M* узатиш механизми орқали буғни навбатма-навбат поршеннинг гоҳ ўнг томонидан, гоҳ чап томонидан киритиб турадиган золотникни юргизади.

Машина ишининг диаграммаси 196-расмда тасвирланган. 0—1 чизиқ ўзгармас босимда цилиндрга буғ киришини тасвирлайди; 1 нуқта цилиндрга кираётган буғнинг тўхташи. Сўнгра 1—2 эгри чизиқ буйича кенгайиши давом этади. Чиқиш олдида цилиндрдаги буғнинг босими 2 нуқтанинг ординатаси билан ўлчанади, чиқариш трубасини очган пайтда буғнинг босими бирданига чизмада 3 нуқтанинг ординатаси билан тасвирланган босимгача тушиб қолади. Буғ ўзгармас босимда чиқарилади (3—4 чизиқ). Янги буғ кириши билан 4 нуқтада босим бошланғич қийматгача ортади.



196-расм. Буғ машина ишининг диаграммаси.

Чиқарилаётган буғ босимининг катталиги буғ чиқарилаётган муҳитдаги босимга боғлиқ бўлади. Буғ ҳавога чиқарилаётган бўлса, равшанки, бу босим атмосфера босимиغا яқин бўлади.

Чиқарилаётганда буғнинг босими қанча паст бўлса, цилиндрда поршенни суришда буғ шунча кўп иш бажаради. Шунинг учун буғ машиналарда буғни кўпинча ҳавога чиқармасдан,

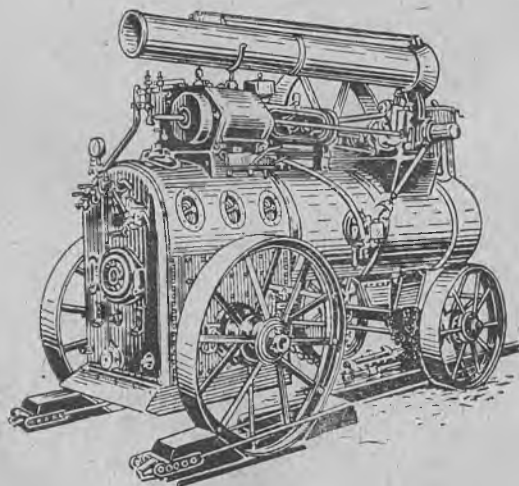
конденсатор деб аталган махсус асбобга утказилади, конденсатор деб шундай қурилмага айтиладики, ишини бажарган буғ унда совийди, сувга айланади, сунгра уни насос билан чиқазиб олинали; унинг учун конденсаторда босим паст бўлади.

Буғ машина конденсаторли бўлса, буғнинг чиқариб юборилиши диаграммада (196-расм) 3—4 чизиқ остидаги *ab* чизиқ билан тасвирланади. Штрихланган *L* юз буғнинг бир циклда бажарган ишини тасвирлайди.

0—1—2—*ab*—0 юз 0—1—2—3—4—0 юздан каттадир; демак, бирдай миқдорда буғ сарф қилганда конденсаторли машина конденсаторсиз машинага қараганда кўпроқ фойдали иш бажаради.

Машинанинг ф. и. к. ни фақат конденсатор қўлланиш билангина оширилмайди. Диаграммадан (196-расм) кўриниб турибдики, бошлангич босимни ошириш, яъни 0—1 чизиқнинг юқори чиқиши ҳам машинанинг фойдали ишини ошириши мумкин. Юқорироқ босимли буғ ҳосил қилиш учун унча кўп қўшимча энергия сарф қилиш керак бўлмаганидан буғ машиналарда юқори босимли буғ ишлатиш фойдалироқдир.

Буғ машиналар ҳозир қуввати кам бўлган эски электр станцияларда сақланган. Баъзан буғ машиналарни кичикроқ фабрика-заводларда учратиш мумкин. Қишлоқ хўжалиги ва ўрмон хўжалигида, шунингдек, торф чиқарилаётган жойларда буғ двигателларининг махсус бир тури—локомобиллардан фойдаланилади. Локомобилнинг хусусияти шундаки, бир қурилманинг ўзида ҳам буғ машина, ҳам буғ қозон ўрнатилган бўлади. 197-расмда кўчма локомобилнинг умумий кўриниши кўрсатил-



197-расм. Локомобиль турларидан бирининг ташқи кўриниши.



ган. Локомобилга маҳаллий ёқилғилар: торф, ўрмон хўжалиги чиқиндилари, чўл районларда эса похол ёқилади.

Ҳозирги вақтдаги энг яхши буғ машиналарининг ф. и. к. 15% дан ортмайди.

198-расмда буғ-куч қурилмасида энергиянинг сарф қилиниш диаграммаси берилган. Бу диаграммадан ёқилғи энергиясининг энг кўп—87% га яқин қисми атрофга тарқалиб исроф бўлиши, атиги 13% га яқин қисмигина фойдали иш бериши кўриниб турибди.

Иссиқлик двигателларининг ф. и. к. ни ошириш ҳозир зўр техник проблема бўлиб турибди.

Ҳозирги буғ машиналарда ф. и. к. ни оширишга буғнинг босимини ошириш ва уни кетма-кет равишда машинанинг бир цилиндридан иккинчисига ўтказиб, кўп марта кенгайтириш йўли билан эришилади. Ишлаган буғ атмосферага чиқариб юборилмайди, балки конденсаторга ўтказилиб, сувга айлантирилади ва қайтиб қозонга қўйилади ёки биноларни иситиш учун фойдаланилади.



198-расм. Буғ-куч қурилмасида энергиянинг сарф қилиниш диаграммаси.

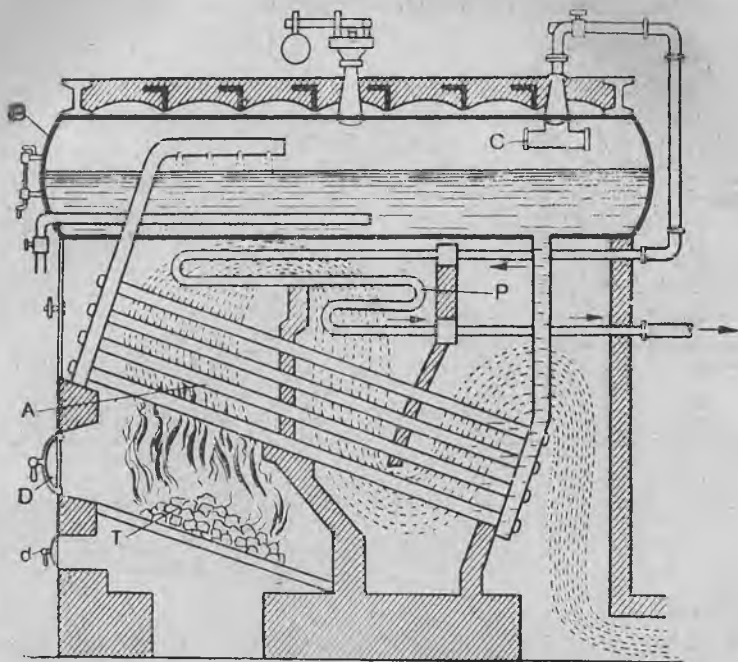
**128. Буғ қозонлари.** Буғ-куч қурилмасининг асосий қисмларидан бири қозондир. Ҳар бир буғ қозони ёқилғи ёқиш учун ўчоқ, ўчоқ бўшлиғи, буғ ва сув туриши учун жойи бўлган герметик берк қозон барабанидан иборат бўлади. Ҳар бир қозон маълум температура ва босимда бир соғт давомида буғга айлантира оладиган сув миқдори билан ўлчанадиган маълум бир унумга эга бўлади. Қозоннинг ёқилғи ёнганида аланга тегадиган қисмини и с и й д и г а н с и р т дейилади.

199-расмда ўт қувурли қозон тасвирланган. Бу қозон ичида қатор А қувурлар ўрнатилган.



199-расм. Ўт қувурли буғ қозоннинг тузилиши.

Ёниш маҳсулотлари шу қувурлардан ўтиб, *B* тутун қутисига келади, ундан мўрига ўтиб, чиқиб кетади. Бундай қозонлар локомобиль ва паровозларга ўрнатилади. Ўт қувурлар жуда кўп бўлганидан исийдиган сирт ғоят катта бўлади, шунинг учун ёқилгининг ёнишидан ҳосил бўлган энергиядан яхши фойдаланилади. Сув бундай қозонларда ўт қувурлар орасида бўлади.



200-расм. Сув қувурли қозоннинг тузилиши.

Қозонни бошқача қуриш мумкин: қувурлардан сув юбориб, қувурлар орасидан аланга ўтадиган қилиш мумкин. Бундай қозонларни сув қувурли қозонлар дейилади.

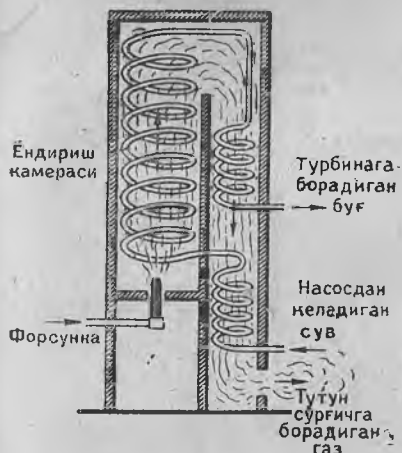
200-расмда сув қувурли қозоннинг кесими берилган. Унинг асосий қисмлари: *T* ўчоқ, *A* қайнатгич қувурлар, *B* барабан, *C* сухопарник (қуруқ буг турадиган идиш) ва *P* буг қизитгичдир.

Қайнатгич қувурларда буг ҳосил бўлади. Уларда ҳосил бўлган буг *B* барабанга келади ва унда сув устидаги бўш жойга тўпланади. Барабандан буг *C* сухопарник орқали бирлаштирувчи трубадан *P* буг қиздиргичга ўтиб, у ерда исийди.

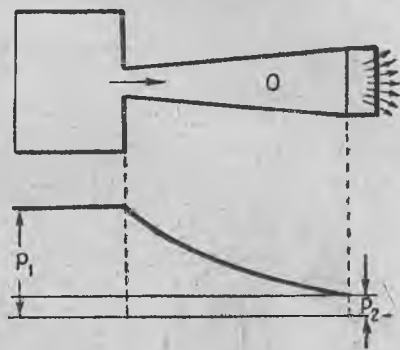
Бу қозонда, ёқилги ўчоққа *D* қопқоқдан ташланади, ёқилгининг ёниши учун керакли ҳаво эса ўчоқ остига *d* қопқоқ орқали берилади. Иссиқ газлар махсус ўрнатилган тўсиқлардан айланиб ўтиб, юқори кўтарилади ва 200-расмда пунктир чизиқ билан кўрсатилган йўлни ўтади.

Қозон қуриш техникаси соҳасида кейинги такомиллаштириш А. К. Рамзин қурган тўғри оқимли қозонлар бўлди. Бу қозонларда сув змеевик шаклида ясалган узун трубкаларда исийди. Қозоннинг змеевикларига сув насос ёрдами билан берилади. Змеевиклардан ўтган сув тамоман бугга айланади, ҳосил бўлган буг эса талаб этилган температурагача исийди ва шундай қилиб, змеевикдан тайёр буг чиқади (201-расм).

129. Буғ турбиналари. Иссиқлик двигателлари орасида буғ турбиналари муҳим ўрин олади. Буғ турбиналарининг поршенли буғ машиналардан фарқи шундаки, буғ турбиналарида буғнинг эластиклик энергиясидан эмас, оқиб чиқаётган буғ оқимининг кинетик энергиясидан фойдаланилади.



201-расм. Проф. Рамзин системасидаги тўғри оқимли қозоннинг схемаси.

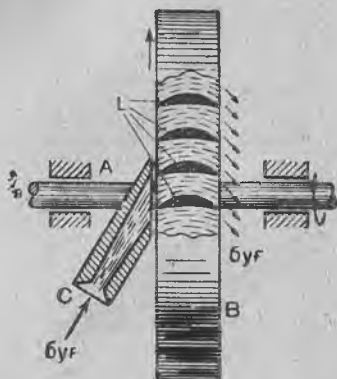


202-расм. Буғ турбинанинг конуссимон насадкаси—сопло ва соплодан ўтганда буғ босимининг ўзгариш графиги.

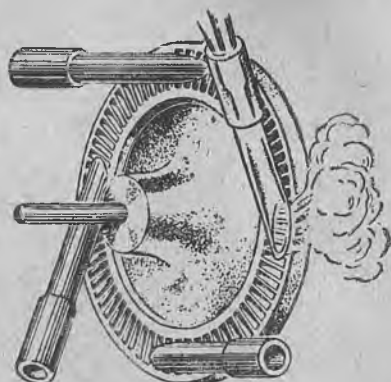
Фараз этайлик, қозондаги буғнинг босими  $p_1$  бўлсин. Буғнинг қозондан бирор тешик ёки насадка —  $O$  сопло орқали бемалол чиқишига йўл қўяйлик (202-расм). Соплодан ўтганда буғнинг босими камайиб бориб, унинг учига етганда маълум бир  $p_2$  босимга тенг бўлиб қолади. Бошда буғнинг тезлиги нолга тенг бўлиб, соплодан чиқишида эса тезлиги ортади; соплода буғнинг босими пасая боради. Босими пасайганда буғнинг потенциал энергияси камаяди (энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланиш ва сақланиш қонунига мувофиқ); ўшанга яраша унинг кинетик энергияси ортади. Соплодан чиққан буғ ишловчи филдирак куракларига урилади ва уни айлантиради.

Турбина хилларидан бирининг ишлаш схемаси 203-расмда кўрсатилган. Тўғренига  $L$  куракчалар бириктирилган  $B$  диск  $A$  валга ўтказилган. Куракчалар қаршисида  $C$  соплolar жойлашган бўлиб, буларга қозондан буғ келади. Соплolarда буғ кенгайди ва уларнинг оғзидан катта тезлик билан чиқиб, куракчалардан ҳосил бўлган каналларга ўтади, бу ерда унинг кинетик энергиясидан бир қисми вал билан бирга  $B$  дискни айлантиришга кетади. 204-расмда бир дискли Лаваль турбинаниннг филдираги кўрсатилган (расмда турбинаниннг филофи кўрсатилмаган).

Турбиналарнинг буғ машиналардан бир қатор устунликлари бор. Биринчидан, қуввати буғ машина қувватига тенг бўлган буғ турбина буғ машинага қараганда ихчам бўлади. Иккинчидан, турбиналарнинг айланиш тезлиги катта бўлгани учун уларни электр станцияларда тишли гилдираклар қўлланиб ўтирмасдан бевосита электр генераторларга улаш мумкин, чунки генераторларни тез айлантириш керак. Учинчидан, турбиналарда буғ



203-расм. Буғ турбинанинг ишлаш схемаси.



204-расм. Буғ турбина гилдирагининг ташқи кўриниши.

машиналардаги каби айрим қисмларнинг айланма ҳаракатга айлантиришга тўғри келган қайтма-илгарилама ҳаракати йўқ, бунга, албатта, буғ машиналарда энергия сарф бўлади.

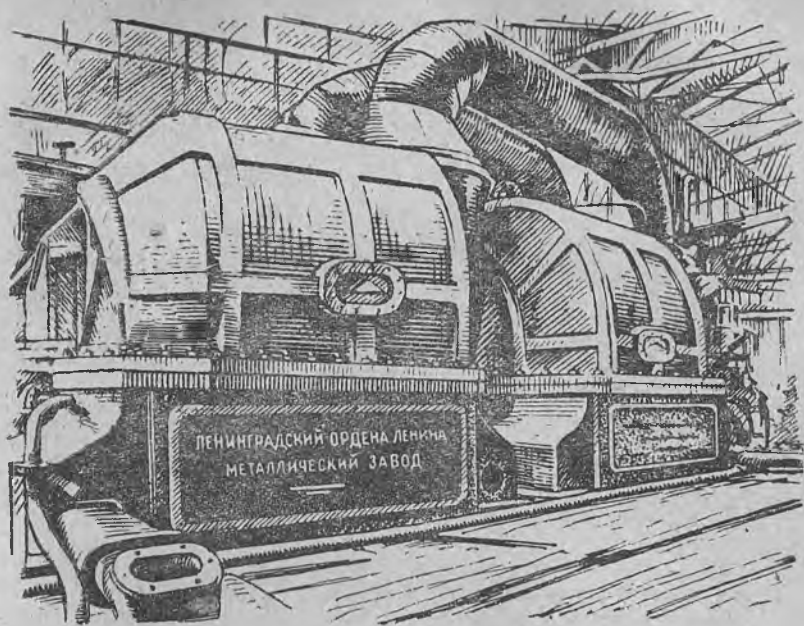
Ниҳоят, турбинанинг устунлиги яна шундаки, унинг конденсати (ишини бажарган буғдан ҳосил бўлган сув) тоза бўлади, бу эса буғ қозонларини сув билан таъминлашда муҳим урин тутади.

Турбиналарнинг фойдали иш коэффиценти буғ машиналариникидан анчагина ошиқдир. Қуввати катта турбиналарда у 25% га боради.

Буғ турбиналарни конструкциялаш ва қуришда совет техникаси катта ютуқларга эгадир.

Ленинград металл заводи 1930 йилдаёқ қуввати 25 ва 50 минг *квт*, босими 28 ва 29 атмосфера, температураси 375 ва 400°C бўлган буғ билан ишлайдиган турбиналар ишлаб чиқара бошлаган эди. Кейинги вақтда шу завод қуввати 100 минг *квт* ва ундан ортиқ бўлган турбиналар ишлаб чиқармоқда. 205-расмда шундай қувватли турбиналардан бирининг умумий кўриниши тасвирланган.

Ватанимиз заводлари ишлаб чиқарадиган қувватли буғ турбиналар босими 90 ат, температураси 535°С бўлган буғ билан, шунингдек, босими 135—240 ат, температураси 560—580°С бўлган буғ билан ишлайди. Бундай турбинали электростанцияларда босими 29 атмосфера, температураси 400°С бўлган буғ билан ишлайдиган турбинали электростанцияларга қараганда ёқилғи кам сарф бўлади.



205-расм. Ленинград металл заводида қурилган қуввати 100 000 киловатт бўлган юқори босимли буғ турбинанинг ташқи кўриниши.

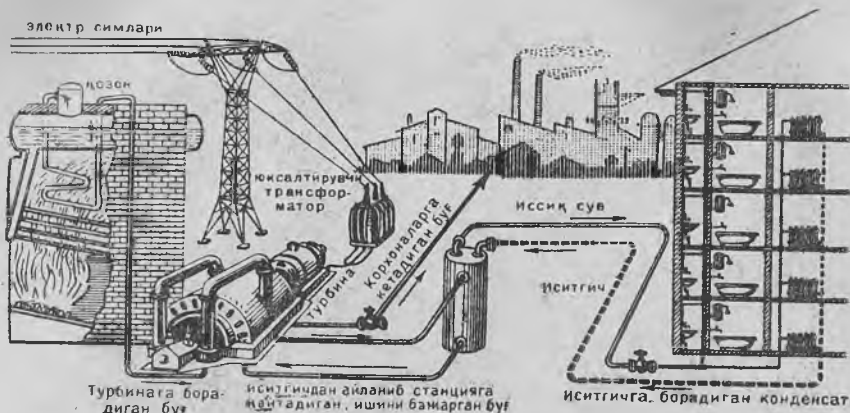
Ҳозирги вақтда Совет Иттифоқида қуввати 500 000 *квт* бўлган буғ турбиналари қурилмоқда, қуввати 800 минг *квт* бўлган турбиналар яратиш устида иш олиб борилмоқда, 1 млн. ва 1,5 млн. *квт* қувватли турбиналарнинг лойиҳалари ишлаб чиқилди.

Турбинада ишлаб чиққан буғ энергиясидан буғ болғаларда (паровой молотларда) ва прессларда фойдаланганда, турмуш эҳтиёжларига: ҳаммом ва кирхоналарга берилганда, биноларни иситиш ва шу сингариларда фойдаланганда буғ-куч қурилмасининг фойдали иш коэффициенти анча кўтариллади.

Теплофикация — бу, ишини бажарган буғ энергияси билан турар жойларни ва корхоналарни марказлаштирилган йўл билан таъмин қилишдир. Совет Иттифоқида теплофикация

проблемасига жуда катта аҳамият берилмоқда. Буғ билан ишлайдиган бир қанча катта электр станцияларда турбинада ишлаб чиққан буғ сувни иситади, бу сув билан бинолар иситилади.

206-расмда буғнинг теплоэлектроцентралда амалга оширилиши мумкин бўлган фойдаланиш схемаларидан бири тасвирланган. Ута қиздирилган буғ қозондан турбинага келиб кира-



206-расм. Буғ-куч қурилмасида олинган буғнинг тақсимланиш схемаси.

ди, турбина генераторнинг роторини айлантиради. Турбинада ишлаб чиққан буғнинг бир қисми корхоналарга кетади, бир қисми махсус иситгичга келади. Иситгичда буғ биноларни иситишга, ҳаммом, кирхоналарга ва бошқа эҳтиёжларга кетадиган сувни иситади.

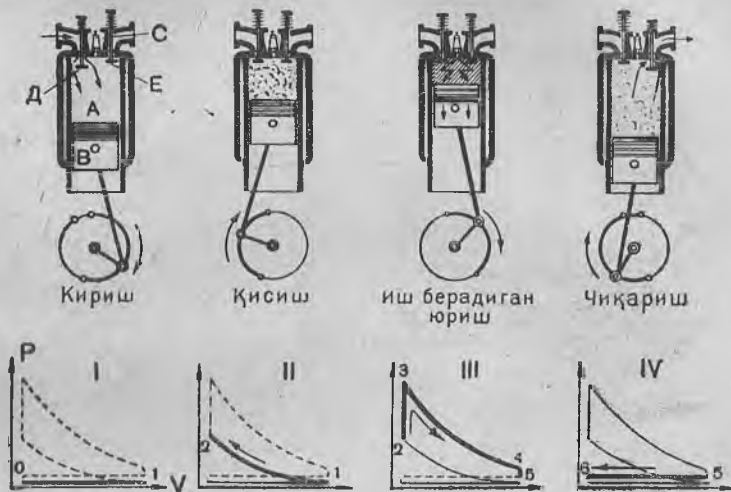
Иситгичда буғ сувга айланади, бу сув махсус насослар ёрдами билан қозонга қуйилади.

**130. Ички ёниш двигатели.** Буғ машина ва буғ турбиналарда ёқилғининг энергиясини механик ишга айлантириш учун буғ қозонларида ҳосил бўладиган сув буғидан фойдаланилади. Бу билан бир қаторда цилиндрларида бир вақтнинг ўзида ёқилғи ёниб, бунда энергия ажраладиган ва шу энергиянинг бир қисми ҳисобига механик иш бажарадиган иссиқлик двигателлари ҳам бор, бундай двигателлар ички ёниш двигателлари дейилади. Бу двигателларга суюқ ёки газсимон ёқилғи ишлатилади. Суюқ ёқилғи ёниш олдидан буғлантиради ёки ҳавода чанглантиради.

Авал автомобилнинг бензин билан ишлайдиган тўрт тактли двигатели тузилишини кўриб чиқайлик. Тракторлар ва самолётларда қўлланиладиган двигателларнинг ишлаш принципи автомобиль двигателларига ўхшашдир.

Тўрт тактли ички ёниш двигателининг схемаси ва шу двигателининг иш диаграммалари 207-расмда тасвирланган.

Схемадан кўришиб турибдики, *A* цилиндр ичида *B* поршень эркин юра олади. Цилиндрнинг устки қисмида иккита клапан бор. *D* клапан орқали цилиндрга ҳаво ва суюқлик ёки газнинг майда зарраларидан иборат ёнувчи аралашма сўрилади. *E* кла-



207-расм Тўрт тактли карбюратор двигателининг схемаси ва иш диаграммаси.

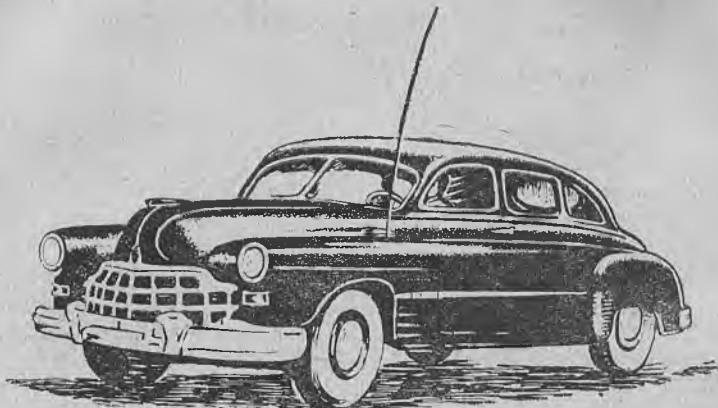
нан эса ишини бажарган газни цилиндрдан чиқариб юбориш учун хизмат қилади. *C* запальникнинг (свечанинг) вазифаси поршень устидаги аралашмани ёндириб юборишдир.

Схема остида берилган диаграммада поршень ҳаракат қилганида ишчи модда ҳолатининг ўзгаришлари тасвирланган. Цилиндрдаги поршеннинг четки вазиятлари чекка нуқталар дейилади (техникада бу нуқталар юқориги ва пастки чекка нуқталар дейилади). Поршень қайтма-илгариланма ҳаракатларини шу вазиятлардан бошлайди.

Поршеннинг бир чекка нуқтадан иккинчисигача юрган йўлини поршеннинг юриши дейилади. Поршень пастга қараб юрганда махсус тақсим қилувчи механизм *D* клапанни очади, бу клапан поршень то пастки чекка нуқтага етгунча очиқ туради. Бу юриш давомида клапан орқали цилиндрга ёнадиган аралашма киради. Аралашма ўзгармас босим остида сўрилгани учун диаграммада бу процесс абсциссалар ўқиға параллел 0—1 чизиқ билан тасвирланади (207-расм, 1).

Поршень пастки чекка нуқтага келганда *D* клапан беркилади, поршень юқорига қараб юра бошлайди ва поршень устидаги ёнадиган аралашма қисилади. Бу процесс 207-рasm (II) да 1—2 чизиқ билан тасвирланган. Поршень яна юқориги чекка нуқтага етган пайтда аралашма алангаланиб кетади (масалан, электр учқунидан аланга олади).

Аралашма ёнганда цилиндрда ҳосил бўлган ёниш маҳсулотларининг температураси бирданига кўтарилади; бунинг нати-



208-рasm. Горький шахридаги автомобиль заводида чиқарилган қуввати 90 от кучли, двигатели олти цилиндрли, олти ўринли енгил автомобиль.

жасида босим ҳам бирданига ошиб кетади, шу билан бирга бунда процесс жуда тез боради; поршень эса сезиларли даражада силжиб ҳам улгурмайди, шунинг учун, босим ўзгармас ҳажмда ошади деб ҳисоблаш мумкин, 207-рasm (III) да бу процесс 2—3 тўғри чизиқ билан тасвирланган.

Ёниш маҳсулотларининг катта босими таъсири остида поршень яна пастга туша бошлайди; цилиндрда энди улар кенгайди (диаграммада бу процесс 3—4 эгри чизиқ билан тасвирланган), поршень пастки чекка нуқтага етганда, цилиндрда босим камаяди. Худди шу пайтда *E* клапан очилиб, натижада цилиндрда босим яна камаяди (4—5 чизиқ).

Поршень пастки чекка нуқтадан юқориги чекка нуқтага қараб юрганда *E* клапан ҳамма вақт очиқ туради ва цилиндрдаги ишини бажарган ёниш маҳсулотлари чиқиб кетади. 207-рasm (IV) да кўрсатилган чиқариш чизиғи (5—6) диаграммада сўриш чизиғига тўғри келмайди.

Ёқилғи аралашмаси сўрилиш давом этган процессни сўриш дейилади, ундан кейинги юришни қисим дейилади, бундан кейинги юришда эса кенгайиш бўлади, бу юриш иш бажарилган юриш деб аталади (бу юришнинг бошида аралашма

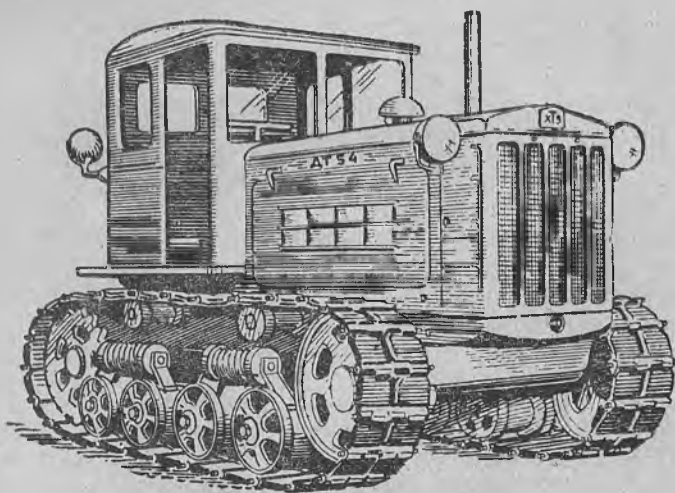


Ўт олиб кетади ва босим кескин равишда кўтарилади, кейин ёниш маҳсулотлари кенгайди); ниҳоят, охириги юриш — ёниш маҳсулотларини чиқаришидир.



209-расм. Учиб кетаётган икки моторли пассажир самолёт.

Биз кўриб ўтган двигателда тўрт юриш давомида ёки, бошқача айтганда, тўрт такт давомида фақат биттагина ишловчи такт бўлиб, двигатель фақат шу такт давомида фойдали иш бажаради. Бундай двигателлар тўрт тактли двигатель дейилади.



210 расм. Дизель трактор ДТ-54.

Двигатель валига массив (массаси кўп) маховик ғилдирак ўриштилади, бу ғилдирак поршеннинг иш бажарадиган юришларида кинетик энергия тўплайди, бу энергиянинг бир қисми

аралашмаси сўришга, чиқаришга ва қисишга сарф этиб, двигателнинг силлиқ юришини таъмин қилади.

Машинанинг қувватини ошириш мақсадида тўрт тактли двигателларнинг цилиндрлари иккитадан саккизтагача қилинади.

Ички ёниш двигателларининг ишлатилиши жуда ҳам хилма-хилдир, улар автомобилда (208-расм), самолётда (209-расм), тракторда (210-расм) ва бошқа кўп жойларда ишлатилади.

211-расмда бир цилиндрли тўрт тактли ички ёниш двигателнинг кесими кўрсатилган.

Двигателнинг асосий қисми устки томони чиқариб олинган 19 головка билан беркитилган цилиндрдир. Цилиндр ичида поршень 2 эркин юради. Поршень пружиналанувчи 3 ҳалқалар билан ураб олинган металл стакан бўлиб, бу ҳалқалар поршендаги ариқчаларга (каналчаларга) тушади. Поршень ҳалқаларининг вазифаси ёқилги ёнганида ҳосил бўлган газни поршень билан цилиндр девори орасига ўтказиб юбормасликдир. Поршень шатун 4 билан бириктирилади. Шатун ҳаракатни тирсакли вал 5 га узатиш учун хизмат қилади.

Цилиндрнинг юқори қисми 6 ва 7 клапанлар ёрдами билан очиладиган ва ёпиладиган иккита каналга тушади. Клапанлар 8 пружина ёрдами билан каналларни беркитади (7 клапаннинг пружинаси расмда кўрсатилмаган). Айланган вақтда 10 турткичларни кўтарадиган 9 кулачоклар клапанларни очади.

211-расм. Бир цилиндрли ички ёниш двигателнинг схематик кесими.

Кулачоклар 11, 12 шестернялар ёрдами билан айлантириладиган тақсимловчи валга бириктирилган. Массив маховик 13 тирсакли валнинг айланишидаги нотекистикларни камайтириш ва поршенларни чекка нуқтадан чиқариш учун хизмат қилади.

Цилиндрнинг юқори қисмида клапанлардан ташқари, ёқилги аралашмасини ўт олдириш учун 14 свеча ўрнатилган.

Ёқилги аралашмаси цилиндрга карбюратор билан бирлашган труба 15 орқали юборилади, ишини бажарган газлар эса цилиндрдан 18 труба орқали чиқарилади. Кривошип ва тақсимловчи механизмларнинг деталлари 16 қартерга маҳкамланади, шу билан бирга бу қартер мазкур деталларни ташқи муҳит

таъсиридан ҳам сақлайди. Картернинг пастки қисми мой резервуар (идиш) бўлади.

Цилиндрнинг головкаси ва ён сиртининг юқори қисми девори икки қаватли бўлади; бу деворлар орасидаги 17 бўшлиққа цилиндрни совитадиган сув тулдирилади, бу сув цилиндрни совитадиган рубашка ҳосил қилади.

**131. Ички ёниш двигатели — дизель.** Ички ёниш двигателининг фойдали иш коэффициенти нимага боғлиқ? Ҳар қандай иссиқлик машинадаги сингари бу двигателда ҳам энергия манбаи — иситкич (бу манба ёнадиган ёқилғидир) ва совиткич (холодильник) — атмосфера ҳавоси бўлади. Буларнинг температуралари орасидаги айирма қанча катта бўлса, двигателнинг ф. и. к. шунча катта бўлади.

Аралашманинг ёнишидан ҳосил бўлган газнинг температураси жуда юқори (1600—1800°С чамаси) бўлгани учун ички ёниш двигателининг ф. и. к. буғ машинаникига қараганда анча юқори бўлади. Амалда ички ёниш двигателларининг ф. и. к. 20—30% чамасида бўлади.

Яна қандай қилиб бу двигателнинг ф. и. к. ни ошириш мумкин? Тажриба ва ҳисоблашлар кўрсатадики, бунинг учун ёнадиган аралашманинг қисилиш даражасини ошириш керак. Бироқ карбюратор типидagi двигателларда ёнадиган аралашмани 6 атмосферадан ортиқ қисиб бўлмайди, чунки, акс ҳолда ёқилғи вақтидан олдин ўз-ўзидан алангаланиб кетади.

Немис инженери Дизель унинг номи билан юритиладиган шундай цикл бўйича ишлайдиган ички ёниш двигатели кашф этдики, бу двигатель юқорида кўрсатилган қийинчиликларни йўқотишга ва ф. и. к. ни анча оширишга имкон беради.

Тўрт тактли дизелнинг ишлаш принципини кўриб чиқайлик. 212-расмда дизель цилиндрининг тузилиш схемаси ва иш диаграммаси тасвирланган. Цилиндрнинг головкасида: ёқилғи келадиган *B* клапан (форсунка), сўрувчи *C* клапан ва чиқарувчи *A* клапан бор. Клапанларни ва форсункага ёқилғи берадиган насосни махсус тақсимловчи вал ҳаракатга келтиради, бу вални эса двигателнинг тирсакли вали айлантиради.

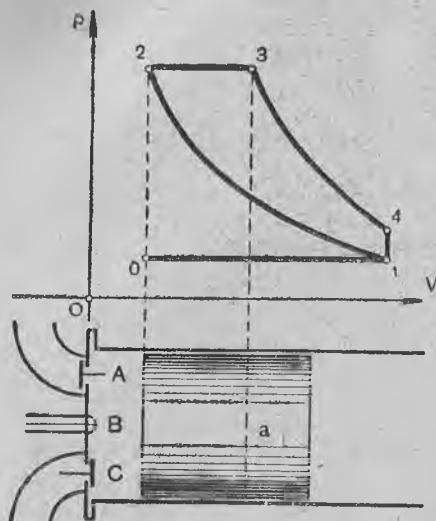
Фараз этайлик, *a* поршеннинг бошланғич взияти юқори (цилиндр горизонтал взиятда тасвирлангани учун чап) чекка нуқта бўлсин. Поршень ўнг томонга сурилганда сўрувчи *C* клапан очилади, ундан цилиндрга ҳаво сўрилади. Бу биринчи такт — сўриш — диаграммада (212-расм) 0—1 изобара билан кўрсатилган.

Поршень яна чап томонга сурилганда, сўрувчи *C* клапан беркилади ва бутун иккинчи такт давомида берк бўлади.

Дизель цилиндрида ҳаво қисилади (бензин билан ишлайдиган двигателда, 130-параграфда айтилганидек, ёнадиган аралашма қисилади).

Бу процесс диаграммада 1—2 эгри чизиқ билан тасвирланган.

Дизелда қисилиш даражаси жуда катта булади (231-бетдаги жадвалга қаранг), натижада қисилиш охирида ҳавонинг температураси ёқилгининг ўт олиб кетиши учун етарли бўлган температурагача кўтарилади. Поршень чап томондаги (юқориги) чекка нуқтага келган пайтда *B* форсункадан цилиндрга ёқилғи кира бошлайди. Форсунка чангитган ёқилғи иссиқ ҳавога келиб кириб, ёнади.



212-расм. Дизелнинг схемаси ва иш диаграммаси.

Ёқилғи тез ёнадиган двигателдаги сингари бу двигателда ёқилғи бирданига ёниб кетмай, поршень ўнг томонга сурилиш йўлининг маълум бир қисмини ўтиши давомида секин-аста ёнади. Поршень ўнг томонга силжиганида ёқилғининг ўт олиши ҳажми кенгаётган жойда булади. Шунинг учун форсунка ишлаган вақт давомида газнинг босими ўзгармайди. Диаграммада ёниш 2—3 чизиқ билан тасвирланган.

Шундай қилиб, юқорида кўрганимиздек, ёниш тез бўладиган карбюратор двигателларда ёқилғи ўзгармас ҳажмда ёнса, бунда ўзгармас босимда ёнади.

Газнинг кейинги кенгайиши (3—4 эгри чизиқ) поршень пастки (ўнг томондаги) чекка нуқтага етиб боргунча давом этади.

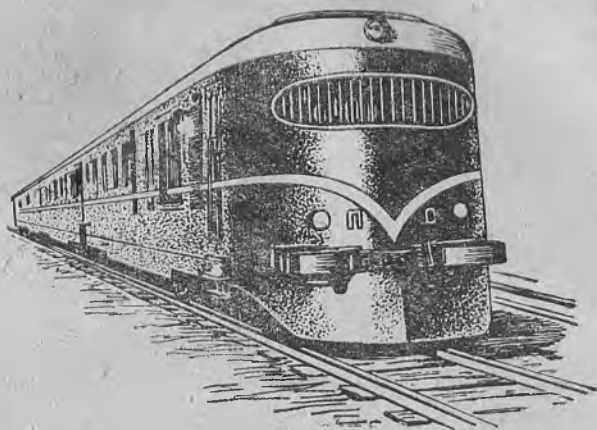
Поршень пастки (ўнг томондаги) чекка нуқтага етганда, *A* чиқариш клапани очилади ва газнинг босими бирданига камаяди (4—1), бундан кейин поршень чап чекка нуқтага қайтиб келади. Шу юришнинг бутун давомида чиқариш клапани *A* очиқ туради; ишини бажарган газ цилиндрдан шу клапан орқали чиқиб кетади.

Тушуниш осон бўлиши учун чиқариш чизиғи 1—0 бизнинг диаграммамизда сўриш чизиғига тўғри келадиган қилиб кўрсатилган.

Карбюратор двигателига қараганда дизель тежамлироқ бўлиб чиқди, унинг ф. и. к. 39% га боради. У анча қувватли бўлиши (қуввати ўн мингларча от кучига бориши) мумкин. Бундан ташқари, дизель энг арзон ёқилғи — нефть билан ҳам ишлай беради.

Қуввати катта бўлган дизеллар стационар қурилмаларда (бир жойда туриб ишлайдиган қурилмаларда) ҳам, сув, темир

йўл ва ҳаво транспортида ҳам кўп қўлланилади, қуввати кам дизеллар кейинги вақтларда автомашина, трактор (210-расм) ва кичикроқ кемаларда двигатель сифатида қўлланила бошлади.



213-расм. Москва—Ленинград темир йўлидаги дизель-поезд.

213-расмда тепловоз тасвирланган, 214-расмда эса қуввати 3250 от кучи бўлган кема дизель двигателининг умумий кўриниши тасвирланган. Қўйидаги жадвалда дизелларни ва карбюратор двигателларни характерлайдиган баъзи кўрсаткичлар келтирилган.

#### Баъзи ички ёниш двигателларининг характеристикаси

Двигателларнинг хиллари	Қисилиш даражаси (атм)	Ф. и. к. (процентларда)	Ёқилғи сарф булиш, $\frac{g}{o. k. \cdot соат}$
Дизеллар . . . . .	12—20	30—39	160—210
Карбюратор двигателлар . . . . .	5—11	18—24	250—350

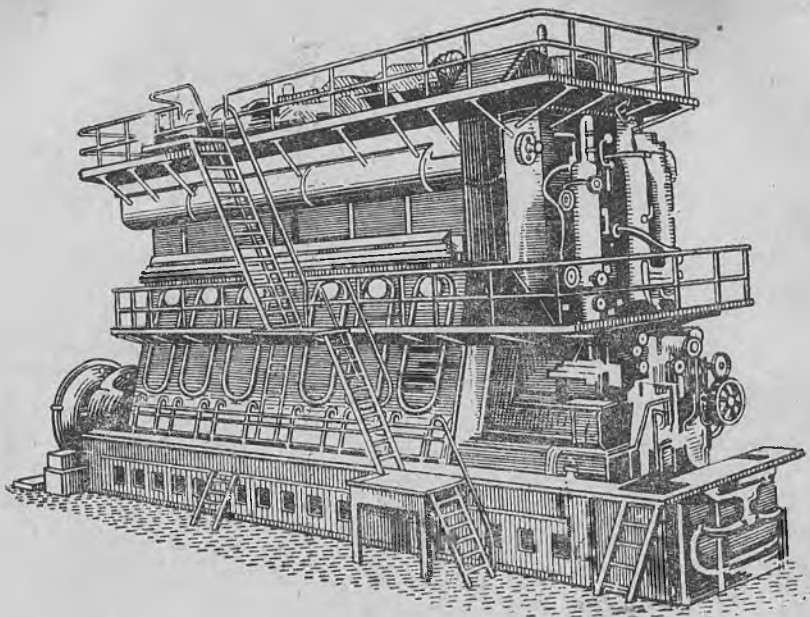
Цилиндрнинг тула ҳажми қисилган фазо ҳажмидан неча марта катталигини кўрсатадиган сон қисилиш даражаси дейилади.

132. **Реактив** двигателлар. Авиациянинг ўсиши асосан самолётнинг тезлиги ва учиш баландлигини оширишдан иборатдир, бу эса двигателларни такомиллаштириш имкониятларига боғлиқдир.

Винт-пропеллерли ички ёниш двигателлар энди самолётларнинг тез ва баланд учишини оширишни таъмин эта олмайди. Бунинг сабаби тубандагилардан иборат.

Ҳаво винтли самолётда айланаётган винт ҳавога тезланма ҳаракат бериб, уни орқага чиқариб ташлайди. Ньютоннинг учинчи

қонунига мувофиқ, орқага ташланган ҳаво массаси винтга таъсир этиб, уни олдинга итаради, бу билан бутун самолётни ҳаракатга келтирувчи тортиш кучи (тяга) ҳосил қилади. Шундай қилиб, тортиш кучи винт орқага чиқариб ташлаган ҳавонинг акс таъсири (реакцияси) натижасида майдонга келади. Винт бу ерда восита бўлиб, у ёқилғи энергияси ҳисобига самолётни ҳаракат қилдириш ишини бажаради.



214 расм Қуввати 3250 от кучи бўлган кема дизель-двигатели.

Тажриба кўрсатдики, тезлик ошган сари винтнинг тортиш кучи камаяди. Масала шундаки, тезлик ошганда ҳавонинг винт айланишига кўрсатган қаршилиги кўпаяди; товушнинг ҳаводаги тезлигига яқин тезликларда ( $1200 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$  га яқин) бу қаршилиқ жуда ҳам катта бўлади. Натижада двигатель фойдали ишининг кўп қисми ҳавонинг қаршилигини енгишга сарф бўлади; двигательнинг фойдали иш коэффициентини ўнларча марта камайиб кетади. Самолётнинг учиш тезлигини ошириш учун двигательнинг қувватини жуда кўп ошириш керак бўлиб қолади, бу эса самолётнинг оғирлашиб кетишига сабаб бўлиши турган гап. Масалан, самолётнинг учиш тезлигини  $150\text{--}200 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$  ошириш учун унинг оғирлигини икки барабар ошириш керак бўлди. Албатта бунинг фойдаси кам.

Самолёт жуда баландда учганда ҳам винт-пропеллерли двигателнинг қуввати камаяди. Жуда баландда ҳаво кескин равишда сийраклашиб, ҳаво винти умуман самолётни учира олмай қолади.

Шундай қилиб, ички ёниш двигатели билан ҳаракатга келтирилдиган, ҳаво винт-пропеллерли самолётлар катта тезлик билан баланд учишни таъмин қилолмайди.

Реактив двигателлар бу камчиликлардан холи бўлиб, авиацияда ҳозир булардан борган сари кўпроқ фойдаланилади ва улар авиациянинг янада ўсишига сабаб бўлмоқда. Реактив двигателларда винт бўлмайди. Бу двигателларда ёқилғи энергияси ҳаракат қилаётган реактив аппаратнинг механик энергиясига бевосита айланади. Ўзаро таъсир этувчи жисмлар бунда винт билан ҳаво эмас, балки двигателдан чиқаётган газ оқими билан двигателнинг ўзи бўлади.

Газ оқими тезланиш билан ҳаракатланиб, газ оқимига қарама-қарши йўналишда — учиш йўналишида двигателга таъсир қиладиган реактив куч ҳосил қилади.

Двигателда газ оқими тезланиш олиши учун двигатель ичидаги босим атрофни ўраб олган муҳитдаги босимдан ортиқ бўлиши керак. Газ оқими босимлар айирмаси таъсири остида двигателдан тўхтовсиз равишда чиқиб, реактив тортиш кучи ҳосил қилади. Бунга двигателда узлуксиз равишда ёқилғи ёқиш йўли билан эришиш мумкин.

Реактив тортиш кучи двигатель билан двигателнинг ўзида ҳосил бўладиган оқимнинг ўзаро таъсири натижасида, атрофни ўраб олган муҳитга боғлиқ бўлмаган равишда майдонга келади. Демак, агар реактив двигателда ёқилғининг ёниши таъмин қилинса, у, атмосферанинг энг юқори, сийрак қатламларида, ҳаттоки ҳавосиз жойда, яъни винт-мотор қурилма ишлай олмайдиган жойда ҳам ишлайди.

**133. Реактив двигателларнинг асосий турлари.** Ҳамма турли-туман реактив двигателлар тубандаги асосий қисмлардан иборат булади: 1) ёқилғи баки, 2) ёқилғи ёнадиган камера, 3) камерага ёқилғи етказиб берадиган ва ёнишдан ҳосил бўлган маҳсулотни чиқариб ташлайдиган қурилма. Қандай ёқилғи билан ишлашига қараб реактив двигателлар иккита катта гурпуга бўлинади: қаттиқ ёқилғи билан ишлайдиган двигателлар, суюқ ёқилғи билан ишлайдиган двигателлар.

Қаттиқ ёқилғи билан ишлайдиган двигателга энг оддий мисол мушак (порохли ракета) дир. Ракетадаги порохнинг ёнишида газ ҳосил бўлади, бу газ ракетадан чиқиб, реактив тортиш кучи юзага келтиради.

Суюқ ёқилғи билан ишлайдиган реактив двигатель (СРД) да суюқ ёқилғи моддаси (нефть маҳсулотлари, спирт ва шу сингарилар) ёнади. Суюқ ёқилғи билан ишлайдиган двигателлар иккинчи жаҳон уруши охирида узоққа учадиган самолёт-

снарядларда ишлатилди. Самолёт-снаряд 5400  $\frac{\text{км}}{\text{соат}}$  тезлик билан 290—300 км жойга 100 км баландликда учди.

К. Э. Циолковскийнинг планеталарга учуш учун кашф қилган ракета двигатели ҳам худди шу турдаги реактив двигателлар қаторига киради.



215-расм. Тўғри оқимли ҳаво-реактив двигателнинг схемаси.

Суюқ ёқилғи билан ишлайдиган реактив двигатель жуда ҳам тез ва юқорида учадиган двигател-у, лекин у, ёқилғини жуда ҳам кўп сарф этади. Масалан, иккинчи жаҳон урушида гитлерчилар Лондонга отган самолёт-снарядга ҳар бир секундда 130 кг ёқилғи аралашма сарф бўлган.

Самолётда ёқилғи запасини жуда ҳам кўп ғамлаб бўлмаганидан суюқ ёқилғи билан ишлайдиган двигателли реактив самолёт кўп вақт ва узоққа учолмайди. Бундан ташқари бундай двигателда ёқилғини оксидлайдиган модда тўлдирилган махсус камера бўлиши керак, бу эса двигателнинг катта ва оғир бўлишига сабаб бўлади. Ҳаво-реактив двигатель (ҲРД) фойдалироқдир. Бу двигателда ёқилғини оксидлаш учун атмосферадаги кислород ишлатилади, шундай қилиб оксидловчи модда запаси сақланадиган бакка эҳтиёж қолмайди.

215-расмда тўғри оқимли ҳаво-реактив двигателнинг схемаси тасвирланган. У қуйидагича ишлайди.

Самолёт учганда дуч келган ҳавонинг қарши оқими напор соплодан утиб, форсункалар чанглатган ёқилғини ўзига эргаштириб кетади. Ҳосил бўлган ишловчи аралашма бундан кейин ёниш камерасига ўтиб, бу ерда аланга олдирувчи свеча ёрдами билан аланга олиб кетади.

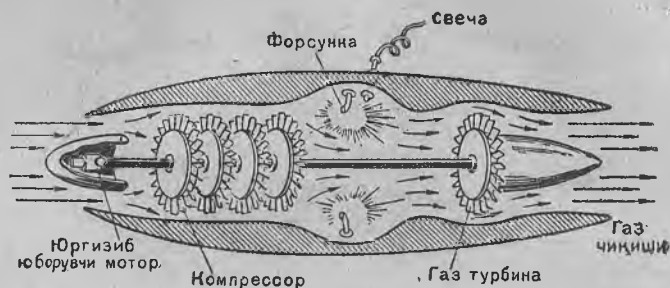
Ишловчи аралашманинг ёниши натижасида ҳосил бўлган газ чиқиш тешигидан — соплодан жуда катта тезлик билан отилиб чиқиб кетади.

Ёқилғи ёнганида босимнинг кескин равишда ошиб кетиши натижасида газларнинг соплодан чиқиш тезлиги двигателга кирадиган ҳавонинг тезлигидан кўп катта бўлади. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунига мувофиқ (1-қисм, 55-параграфга



қаранд) шу тезликлар айирмаси ҳисобига реактив тортиш кучи ҳосил бўлади.

Бу айтилганлардан, тўғри оқимли ҳаво-реактив двигателъ (ХРД) фақат самолёт ҳаракатда бўлган вақтдагина ишлаши мумкин, деган хулоса чиқади. Бундай двигателъ билан самолёт ўзи учиб кетолмаслиги очиқ кўриниб турибди; бунинг учун қўшимча двигателъ керак.



216-расм. Турбокомпрессорли двигателънинг схемаси.

Ҳозирча ҳали тўғри оқимли ҳаво-реактив двигателъ кўп қўлланилмайди. Аммо келажакда буларнинг истиқболи кенг, чунки улар жуда тез учишда ( $2000 - 3000 \frac{\text{км}}{\text{соат}}$ ) иқтисодий томондан жуда фойдалидир.

Ҳозирги замон авиациясида турбокомпрессорли ҳаво-реактив двигателълар кўп қўлланилади. Бу двигателълар ўрнатилган самолётлар ўзи кўтарилади ва учади, 216-расмда шундай двигателълардан бир хилининг тузилиш схемаси кўрсатилган.

Самолётнинг ердан кўтарилишида тортиш кучи ҳосил қилиш учун ёниш камерасига ҳавони сўриб оладиган алоҳида қурилма керак бўлади. Турбокомпрессорли ҳаво-реактив двигателъларда бу қурилма компрессор билан боғланган газ турбинадир. Расмдан турбинанинг диски компрессор билан бир ўқда эканлиги кўриниб турибди. Турбина ишлай бошласа, компрессорни ҳаракатга келтиради. Компрессор ҳавони сўради ва уни қисиб, ёниш камерасига ўтказди. Бундан кейин эса двигателъ худди тўғри оқимли ҳаво-реактив двигателъдек ишлайди.

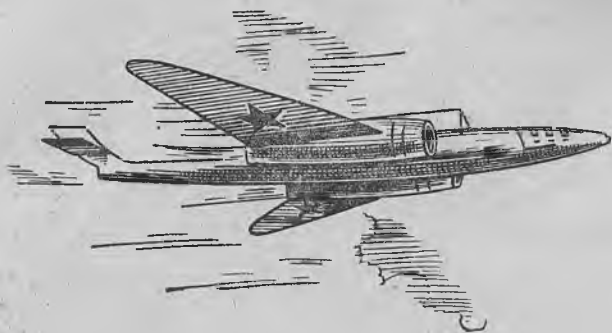
Ёниш маҳсулотлари газ турбинадан ўтиб унга ўзининг қарийб ярим энергиясини беради, уларнинг босим ва тезлиги анча камаяди. Қолган энергия двигателънинг сопло қисмидаги газнинг тезлигини оширишга сарф бўлади. Чиқариш соплосидан реактив тортиш кучи ҳосил қиладиган кучли газ оқими отилиб чиқади.

Ҳозирги замон турбореактив двигателълар қуввати шунча бўлган поршенли двигателъдан қарийб 5 марта енгил бўлади.

Учиш тезлиги соатига 900 — 1000 км бўлганда унинг қуввати 6500—7500 от кучига боради.

Бироқ ҳозирги замон турбореактив двигателлар фойдали ва ишда ишончли бўлиш жиҳатидан ҳамда ҳавога кўтарилиш вақтидаги қуввати жиҳатидан поршенли двигателлардан анча орқададир.

Ҳозир авиацияда турбовинт двигателлар ҳам қўлланилади.



217-расм. Учиб кетаётган реактив самолёт.

Турбовинт двигателларда турбинадан ўтган газ унга энергиясининг кўп қисмини беради; шунинг учун газ турбина компрессор ишлатадиган қувватга қараганда анча ошиқ қувват ҳосил қилади. Турбинанинг ошиқча қуввати эса двигателнинг асосий тортиш кучи манбаи бўлган ҳаво винтини айлантиришга кетади. Бундан ташқари, турбовинт двигателларда соплодан чиқадиган, ишини бажарган газнинг реактив таъсиридан бир қанча қўшимча тортиш кучи ҳосил бўлади.

Реактив двигателларни яна такомиллаштириш ҳозирги замон техникасининг биринчи навбатдаги масалаларидан биридир.

Совет Иттифоқида тадқиқотчилар ва конструкторлар бу проблема устида муваффақиятли иш олиб бормоқдалар.

217-расмда шундай реактив двигателли самолётлардан бири хили кўрсатилган.

### 33-машқ:

1. Қуйидаги шароитда буғ машина цилиндрида буғнинг бажарган ишини ҳисобланг: буғ цилиндрига 20 ат босим остида киради; поршень йўлининг  $\frac{1}{4}$  қисмида буғ бериш тухтатилади, поршень йўлининг қолган  $\frac{3}{4}$  қисмини буғнинг кенгайиши ҳисобига юради. Поршень юришининг охирида буғнинг босими 2 ат бўлиб қолади. Поршеннинг юзи 300 см<sup>2</sup>, юриш йўли 60 см. Ҳисоблашда газнинг кенгайишида босимнинг камайиши бир текис бўлади, деб қабул қилинг.

2. Буғ цилиндрга 15 ат босим о тида кириб, поршень йўлининг 0,1 қисми қолганда буғ киритиш тўхтатилди; поршенинг охиригача давом этган ҳаракати буғнинг кенгайиб, босими 1,2 ат га тушуви ҳисобига бўлади. Шу буғнинг цилиндрада бажарган ишини топинг. Поршенинг юзи  $500 \text{ см}^2$ , юриши 60 см.

3. Қуйида берилган маълумотларга қараб, буғ машинанинг назарий қувватини топинг. Поршенинг диаметри 50 см, юриш йўлининг узунлиги 80 см, буғнинг ўртача босими 12 ат. Машинанинг гилдираги минутига 240 марта айланади. (Кўрсатма: гилдирак минутига 240 марта айланганда 480 марта иш бажарадиган юриш бўлади.)

4. Агар бир цилиндрида тўрт тактли нефть двигателяли цилиндрининг диаметри 250 мм, поршенинг юриш йўли 300 мм бўлиб, гилдираги ҳар минутда 300 марта айланса, унинг қуввати қанча бўлади? Ўртача босим 4 ат.

5. Цилиндрнинг диаметри 300 мм, поршенинг юриши 400 мм бўлиб, минутига 360 марта айланадиган икки тактли двигательнинг қувватини топинг. Ўртача босим 4,5 ат.

6. Тўрт цилиндрида тўрт тактли двигатель цилиндрининг диаметри 200 мм, поршенинг юриши 300 мм бўлиб, минутига 400 марта айланади. Ўртача босим 7,5 ат. Шу двигательнинг қувватини топинг.

---

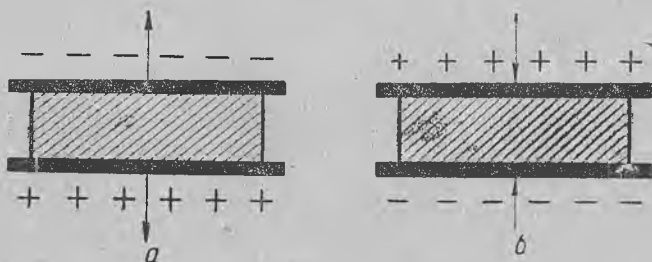
## 1. „ТОВУШ“ ТЕМАСИГА ҚЎШИМЧА МАТЕРИАЛЛАР. УЛЬТРАТОВУШ ВА УНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

### 1. Ультратовуш генераторлари ва приёмниклари

Частотаси эшитилиш чегарасидан юқори (яъни 20 000 *гц* дан юқори) бўлган механик тебранишлар *ультратовуш тебранишлари* ёки тўғридан-тўғри *ультратовушлар* дейилади.

Энг кўп тарқалган ультратовуш генераторлари кварцли генераторлар бўлиб, уларнинг ясалиши ва ишлаши 1880 йилда ака-ука Кюрилар кашф қилган *пьезоэлектр*<sup>1</sup> ҳодисасига асосланган.

Пьезоэлектр ҳодисасининг моҳияти қуйидагидан иборат. Агар кварц кристалларидан маълум бир йўналишда юпқа пластинка кесиб олиб, бу пластинка чўзиб ёки сиқиб деформацияланса, пластинка сиртида электр зарядлари ҳосил бўлади. Пластинка қалинлиги бўйича чўзилганда (1-а расм), бир сиртида (юзида) мусбат, иккинчи сиртида эса манфий заряд ҳосил бўлади. Сиқилишда эса пластинка сиртларидаги зарядларнинг



1- расм. Чўзганда ва қисганда кварц пластинкалар сиртида электр зарядларининг ҳосил бўлиши.

ишоралари ўзгаради (1-б расм). Бу ҳодиса *тўғри пьезоэлектр эффект* дейилади.

Тўғри пьезоэлектр эффектга *тесқари эффект* ҳодисаси ҳам бўлиб, бу ҳодисаниннг моҳияти қуйидагидан иборат: ўзгарувчан электр майдон таъсирида кварц пластинканиннг ўлчам-

<sup>1</sup> Пьезо сўзи грекча бўлиб, босаман маъносини билдиради.

лари ўзгаради. Кварц пластинкани металл электродлар орасига ўрнатиб (масалан, кварц пластинканинг икки томонини юққа алюминий қоғоз билан қоплаб), электродларни электр батареясига уласак, кварц пластинканинг қалинлиги бир оз ўзгаради (масалан, пластинка сиқилади). Кварц пластинкага берилётган кучланишнинг ишораси ўзгартирилганда пластинка чўзилади. Бу ҳодиса *электрострикция* деб ҳам юритилади.

Агар кварц пластинкага ўзгарувчан кучланиш берилса, унда частотаси ўзгарувчан кучланишнинг частотасига тенг бўлган эластик тебраниш ҳосил бўлади ва пластинка мажбурий тебранади.

Ўзгарувчан кучланиш частотаси қанча юқори бўлса, пластинка шунча катта частота билан тебранади. Шундай қилиб, ҳар хил частотали ультратовуш тебранишлар ҳосил қилиш мумкин.

Ҳозирги замон техникаси жуда юқори частотали ультратовуш тебранишлари ҳосил қилишга имкон беради. Совет олими С. Я. Соколов частотаси миллиард герц бўлган ультратовуш тебранишлари ҳосил қилди, лекин частотаси бундан ҳам катта тебранишлар ҳосил қилиш мумкин.

Кварц пластинкага берилётган кучланиш оширилса, пластинканинг тебранишлар амплитудаси ошади. Шунини ҳам айтиш керакки, ультратовуш тебранишларда пластинканинг ўлчамлари жуда кам ўзгаради, масалан, 1000 в кучланишда пластинканинг қалинлиги атиги  $2 \cdot 10^{-5}$  мм ошиши ёки камайиши мумкин.

Ўзгарувчан кучланиш частотаси билан пластинканинг эластик тебранишининг хусусий частотаси тенг бўлганда, яъни резонанс юз берганда пластинканинг тебранишлар амплитудаси жуда ошиб кетади.

Агар тебранаётган пластинка бирор муҳитга, масалан, ҳавога жойлаштирилса ёки сувга туширилса, бу муҳитда *ультратовуш тўлқинлари* тарқалади.

Ҳавода ультратовуш тўлқинларининг тарқалиш тезлиги деярли товушнинг тарқалиш тезлигидек бўлади; лекин ультратовушни карбонат ангидрид газини кўп ютади. Ҳавода бу газнинг етарли миқдорда бўлиши ультратовуш тўлқинларининг узоқ масофага тарқалишига тўсқинлик қилади. Ультратовушлар сувда ва қаттиқ жисмларда ҳаводагидан кам ютилади, шунинг учун улар сувда ва қаттиқ жисмларда узоқроқ масофага тарқала олади.

Ўлчами ва шакли ҳар хил бўлган кварц пластинкаларни ультратовуш генератори сифатида ишлатиб, интенсивлиги (қуввати) катта бўлган жуда ингичка ультратовуш дастасини олиш мумкин.

Кварцли генератордан ташқари, *магнитострикцион* генератор ҳам ишлатилади. Тажриба кўрсатдики, магнит майдон-

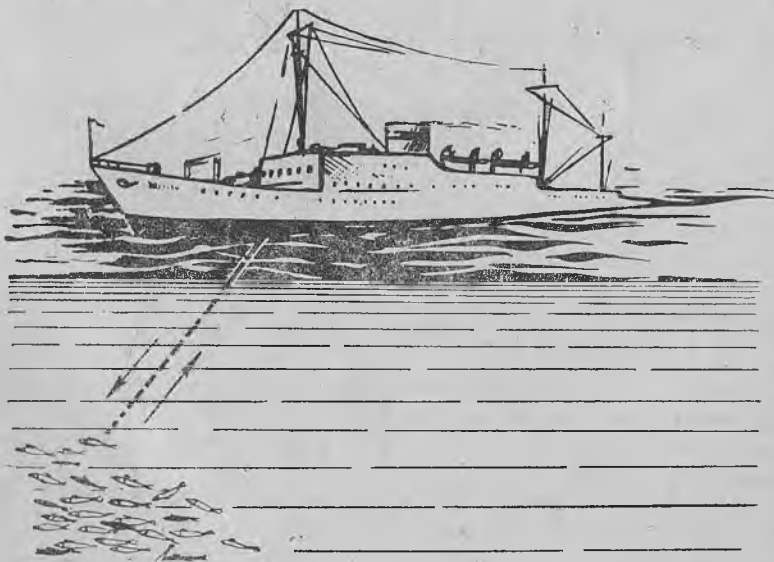
га киритилган темир стержень майдон бўйлаб бир оз узаяди, никель стержень эса бир оз қисқаради. Бу ҳодиса *магнитострикция ҳодисаси* дейилади. Агар бундай стержень ўзгарувчан ток ўтаётган ғалтакка жойлаштирилса, стерженнинг узунлиги токнинг ўзгаришига уйғун равишда ўзгариб туради, яъни стержень мажбурий тебранма ҳаракатга келади, оқибатда атрофдаги муҳитда ультратовуш тўлқини ҳосил бўлади.

Ультратовуш қабул қилувчи асбобнинг элементлари генераторнинг элементлари кабидир. Унинг ишлаш принципи юқорида айтилган тўғри пьезоэлектр эффектига асосланган.

## 2. Ультратовушнинг қўлланилиши

1. **Гидролокация.** Ультратовуш асосан гидролокацияда қўлланилади. Гидролокация ультратовушнинг икки муҳит чегарасидан қайтишига асосланган. Сувдаги жисмларнинг жойлашган ўрнини ультратовуш ёрдамида аниқлаш *гидролокация* дейилади. Гидролокацияни биринчи жаҳон уруши даврида (1914—1918) Совет Иттифоқининг дўсти, прогрессив француз олими Поль Ланжевен кашф этган.

Гидролокация принципи жуда соддадир (2-расм). Кеманинг тубига жойлаштирилган ультратовуш манбаи (масалан, пьезокварцли генератор) маълум йўналишда ультратовуш тўлқинлари дастаси тарқатади, бу тўлқинлар муттасил чиқариб турилмасдан, балки импульс тарзида тарқалади. Импульслар орасидаги вақт сигналнинг жисмга бориб, ундан қайтиб приёмникка келгунигача кетган вақтдан кичик бўлмаслиги керак.



2-расм. Балиқ тўдаларини топишда гидролокациядан фойдаланиш.

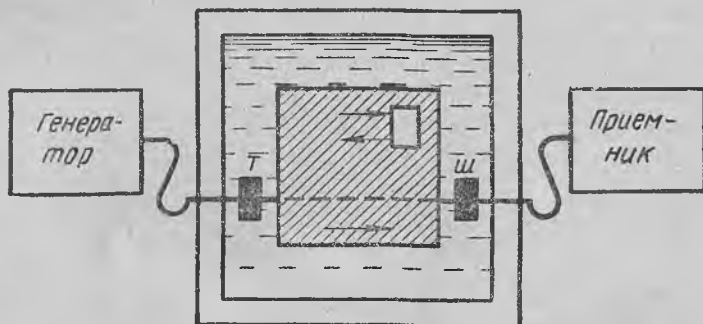
Сиртига ультратовуш дастаси тушган жисм, масалан, сув остида юрган сувости кемаси ультратовуш тўлқинларини қайтаради ёки сочиб юборади. Ана шу қайтган ёки сочилган тўлқинлар приёмникка (пъезокварцли приёмник) тушганда приёмник уларни кучайтиради.

Ультратовуш тўлқинларининг манбадан чиқиб, қайтарувчи сиртга бориб қайтиб келгунигача кетган вақтни махсус асбоб ўлчайди. Ультратовуш тезлигини билган ҳолда қайтарувчи сиртга бўлган масофани осонгина аниқлаш мумкин. Ҳатто жисмнинг фазодаги вазиятини жуда аниқ қайд қилиш мумкин.

1914—1918 йиллардаги урушда иттифоқчилар (Франция, Англия ва Россия) Германиянинг сувости кемаларига қарши курашда Ланжевеннинг кашфиётидан самарали фойдаланганлар.

Ҳозирги замон балиқ овлаш кемалари балиқлар тўдасини топишда гидролокация принциpidан фойдаланади (2-расм).

**3. Ультратовуш дефектоскопияси.** Ультратовушнинг асосий техник татбиқи ультратовуш дефектоскопиясидир. Бу соҳани совет олими С. Я. Соколов яратган. Ультратовуш дефектоскопиясининг принципи 3-расмда кўрсатилган.



3-расм. Ультратовуш дефектоскопияси схемаси.

Ичига мой қўйилган идишга пьезокварцли генераторнинг тарқатгичи (*T*) ва приёмникнинг шчупи (*Ш*), шунингдек, текшириладиган металл буюм солинган. Агар ультратовушнинг йўлида металлда дарз кетган жой бўлмаса, приёмникнинг шчупига келадиган тўлқиннинг интенсивлиги анча катта бўлади; тўлқиннинг интенсивлигини приёмникнинг асбоблари қайд қилади. Агар металлда дарз кетган жойлар бўлса, ультратовуш уйдан деярли тўлиқ қайтади ва ультратовуш тебранишлари приёмникка бормади.

Ультратовуш дефектоскопияси усули ҳозирги кунда санотда кенг қўлланилмоқда.

**3. Ультратовушнинг баъзи бошқа хоссалари ва қўлланилиши.** Ультратовуш бир қатор механик, физика-химиявий ва биологик эффе́ктларнинг юз беришига сабаб бўлади. Масалан, суюқлик қўйилган идиш ичида тебранаётган кварц пластинка бўлса, сувнинг кварц устидаги сатҳи кўтарилиб, дўнглик ҳосил қилади. Кварцнинг тебраниши жуда тезлашганда суюқлик сиртида фонтан ҳосил бўлади. Бу фонтанга бармоқ тегизилса бармоқ куйгандек бўлади. Одатдаги шароитда бир-бири билан аралашмайдиган суюқликлар (масалан, сув билан симоб, сув билан ёғ) пробиркага қўйилиб шу фонтанга тutilса, жуда тез аралашиб, эмульсия ҳосил қилади. Ҳозирги вақтда ҳар хил эмульсиялар олишда бу ҳодисадан фойдаланилади.

Ультратовуш тўлқинлари газ эриган суюқликлардан пуфакчалар чиқаради, баъзи моддаларнинг қайнаш температурасига, эриган моддаларнинг қотиш вақтига ва кристалланиш харақтерига таъсир кўрсатади.

Ультратовуш баъзи химиявий реакцияларнинг боришини тезлаштиради, моддаларни оксидлантиради ва ҳоказо.

Баъзи организмлар (майда балиқ, итбалиқ, инфузория ва бошқалар) ультратовуш таъсиридан тезда ҳалок бўлади.

Баъзи ўсимликларнинг (картошка, нўхат ва бошқалар) уруғига ультратовуш таъсир қилганда ўсиш даври қисқаргани ва ҳосилдорлигининг ошганлиги аниқланди.

## **II. „БУТУН ОЛАМ ТОРТИШИШ ҚОНУНИ“ ТЕМАСИГА ҚЎШИМЧА ЎҚУВ МАТЕРИАЛИ**

### **§ 1. Оғирлик кучининг географик кенглик ва Ер юзидан баландлигига қараб ўзгариши**

Жисмларга Ернинг тортиш кучи таъсир қилгани туфайли жисмларнинг оғирлиги бўлади.

Агар Ер шар шаклида бўлиб, ўз ўқида айланмаганда эди, жисмнинг Ердаги оғирлик кучи тортишиш кучи ( $F = \gamma \frac{mM}{r^2}$ ) га тенг бўлар эди. Лекин Ер қутбларида бир оз сиқилган: Ернинг қутб радиуси экваториал радиусидан тахминан 21 км кам. Оғирлик кучи ўзгаришининг асосий сабаби Ернинг ўз ўқида айланишидир.

Турли географик кенгликларда ётган нуқталарнинг чизиқли тезликлари Ернинг айланиши туфайли ҳар хил бўлади: чизиқли тезлик қутбда нолга тенг, экваторда эса энг катта бўлади. Шунинг учун Ер нуқталарининг айланма ҳаракатини таъминловчи кучлар ҳар хил географик кенгликда ҳар хил бўлади. Бу ҳолда марказга интилма куч тортишиш кучининг ташкил этувчиларидан бири бўлади. Бу масалани мукамалроқ қараб чиқамиз.



4-расмда Ер сиртидаги  $m$  массали жисмнинг ўрта географик кенгликдаги, қутб ва экватордаги вазияти схематик равишда тасвирланган.  $F$  вектор — Ернинг тинч (Ерга нисбатан тинч) турган жисмга таъсир қиладиган тортиш кучи.

$m$  жисм Ер билан биргаликда айланишда экан унга  $F$  тортишиш кучининг ташкил этувчисидан бири  $F_{м.и.}$  — марказга интилма куч таъсир қилади.

Тортишиш кучининг бошқа ташкил этувчиси бўлган  $P$  куч оғирлик кучи дейлади. Оғирлик кучининг йўналиши тик йўналиш дейлади, чизмада кўринишича, у фақат қутбда ва экваторда Ер радиуси билан устма-уст тушади.

Ернинг  $O$  марказида турган кузатувчи тортишиш кучининг иккала ташкил этувчиси:  $F_{м.и.}$  марказга интилма куч ва  $P$  оғирлик кучини сезиши мумкин.

Ернинг сиртида турган кузатувчи эса Ер билан бирга суткалик айланишда бўлгани учун, тортишиш кучининг биргина ташкил этувчиси  $P$  — оғирлик кучинигина сезади.

$P$  оғирлик кучининг таъсири икки хил: жисмга тезланиш берувчи динамик таъсир ( $P = mg$ ), таянч юзга босим беришида ёки осмонинг ипни таранглашидан иборат статик таъсирда намоён бўлади.

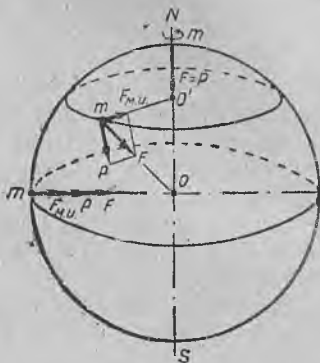
Оғирлик кучининг Ерга нисбатан қўзғалмас бўлган горизонтал таянчга ёки осмонга таъсири *жисм оғирлиги* деб қабул қилинган.

Жисм оғирлиги оғирлик кучига тенг ( $P = mg$ ). Ер қутбларидаги нуқталар айланишининг чизиқли тезлиги нолга тенг, демак, марказга интилма куч ( $F_{м.и.}$ ) ҳам нолга тенгдир. Шунинг учун қутбларда оғирлик кучи тортишиш кучига тенг бўлади:

$$P_{\text{қутб}} = F = \gamma \frac{mM}{r^2}.$$

Экваторда  $F_{м.и.}$  марказга интилма куч  $F$  тортишиш кучи сингари радиус бўйлаб Ер марказига томон йўналган бўлади. Шунинг учун экваторда оғирлик кучи қуйидагига тенгдир:

$$P_{\text{экватор}} = F - F_{м.и.}$$



4-расм. Жойнинг географик кенлигига қараб оғирлик кучининг ўзгариши

$F = \gamma \frac{mM}{r^2}$   
 $S = 2\pi$

$P = mg$  формуладан кўринадикки, жойнинг географик кенглигининг узгариши билан  $g$  оғирлик кучининг тезланиши узгаради. Қутбда  $g_{\text{к}} = 9,83 \text{ м/сек}^2$ ; экваторда  $g_{\text{эк}} = 9,78 \text{ м/сек}^2$ . Оғирлик кучининг денгиз юзидаги ва  $45^\circ$  кенликдаги тезланиши нормал тезланиш дейилади, нормал тезланиш  $9,80665 \text{ м/сек}^2$  га тенг.

Ер юзидан кўтарилган сари оғирлик кучи камайиб боради, буни тортишиш қонуни формуласидан кўриш мумкин:

$$F = \gamma \frac{m \cdot M}{(R+h)^2},$$

бунда  $h$  — Ер сиртига нисбатан баландлик.

## § 2. Тортишиш майдони

Тортишиш кучининг узоқдан таъсир қилишини кўриб ўтдик. Лекин бунда жисмлар бир-бирига бевосита таъсир қиладими ёки жисмлар орасида гравитацион таъсир узатиладиган моддий муҳит мавжудми? Бу саволга тортишиш қонуни жавоб бера олмайди.

Бутун олам тортишиш қонунини кашф этган Ньютон жисмларнинг бир-бирига узоқдан бевосита таъсир қилиши мумкин эмас деб ҳисоблаган.

Бундай таъсирнинг асосий белгисини қайд қилиш учун, узоқда турган жисмларнинг моддий муҳит орқали бир-бирига таъсирини икки мисолда кўрамиз.

Масалан, биз эшик тутқичига бевосита қўл теккизмасдан тутқичга боғланган ипнинг бир учидан тортиб эшикни очишимиз мумкин. Бу ҳолда таъсир узатилаётган муҳит модда бўлиб, арқонда деформация процесси юз беради ва таъсирнинг узатилиши учун маълум бир вақт талаб қилинади. Демак, таъсир эшикка арқон орқали бир зумда эмас, балки чекли тезлик билан узатилади.

Иккинчи мисол. Сунъий йўлдошларни учуришда учурувчи ракета радиосигналлар орқали бошқарилади. Бунда ҳам алоқа моддий муҳит орқали амалга оширилади. Бироқ бу муҳит моддадан бошқа кўринишдадир. Материянинг бундай кўриниши электромагнит майдон дейилади. Радиосигналлар электромагнит майдон орқали бир зумда эмас, балки чекли тезлик билан тарқалади. Радиосигналларнинг тарқалиш тезлиги мумкин бўлган энг катта тезлик ёруғлик тезлигига тенг бўлиб, вакуумда  $300000 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$  ёки  $3 \cdot 10^{10} \frac{\text{см}}{\text{сек}}$  га тенгдир.

Шундай қилиб, мумкин бўлган охириги тезлик таъсирнинг моддий муҳит орқали тарқалишининг муҳим белгисидир.

Бир-биридан бирор масофада бўлган жисмларнинг бевосита таъсири бир онда бўлиши, яъни бир жисмдан иккинчи жисм-

га чексиз катта тезлик билан узатилиши керак эди. Лекин бунинг бўлиши мумкин эмас, чунки табиатдаги энг катта тезлик (ёруғликнинг бўшлиқдаги тезлиги) чеклидир. Демак, тортишиш кучининг таъсири бир жисмдан иккинчи жисмга чекли тезлик билан, яъни материал муҳит орқали узатилади. Бундай муҳит *тортишиш майдонидир*.

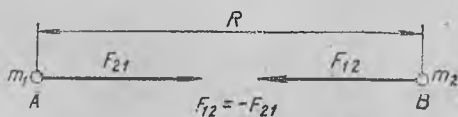
Тортишиш майдон ҳақидаги масалани бир оз мукамалроқ қараб чиқамиз.

Радиуси  $R$  бўлган шарсимон сирт берилган, унинг марказига  $m_1$  массали  $A$  моддий нуқта жойлаштирилган деб фараз қилайлик. Бу шарсимон сиртнинг бирор жойига  $m_2$  массали бошқа  $B$  моддий нуқта жойлаштирилган дейлик. Бутун олам тортишиш қонунига асосан моддий нуқталарнинг ҳар бирига таъсир қилувчи  $F$  куч қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

Агар  $A$  ва  $B$  моддий нуқталарнинг ўринларини алмаштирсак, бу кучларнинг катталиги ўзгармаслигини кўриш қийин эмас.

Икки моддий нуқтанинг ўзаро тортишишини қуйидагича тасаввур қилиш мумкин:  $B$  нуқта  $A$  нуқтанинг тортишиш майдонида бўлиб, бу майдон  $B$  нуқтага  $F_{12}$  куч билан таъсир қилади. Айни бир вақтда  $A$  нуқта  $B$  нуқтанинг тортишиш майдонида бўлиб, бу майдон унга худди шундай катталикдаги  $F_{21}$  куч билан таъсир қилади (5-расм).



5-расм. Икки моддий нуқта орасидаги тортишиш кучи.

$A$  ва  $B$  нуқталарнинг тезланишини мос равишда  $g_1$  ва  $g_2$  билан ифодалаймиз.

Бутун олам тортишиш қонуни ва Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$g_1 = \gamma \frac{m_2}{R^2} \quad g_2 = \gamma \frac{m_1}{R^2}.$$

Бу тенгликлар бирор моддий нуқтанинг иккинчи моддий нуқта тортишиш майдонида тортишиш кучи таъсирида олган тезланиши тезланаётган моддий нуқтанинг массасига боғлиқ эмаслигини кўрсатади.

Демак, *исталган бир жисмнинг тортишиш майдонида тортишиш марказидан бир хил узоқликда бўлган ҳамма жисмлар тортишиш кучи таъсирида бир хил тезланиш билан ҳаракатланади*. Бошқача қилиб айтганда, тортишиш марказидан бир хил узоқликда турган ҳамма

жисмлар учун  $g = \gamma \frac{m}{R^2}$  катталиқ ўзгармасдир. Бу ўзгармас катталиқ берилган жисмнинг тортишиш майдонини миқдор жиҳатдан характерлайди.

Маълумки, зарядланган жисмлар бир-бирига тортишиши ва бир-биридан итарилиши мумкин. Демак, электр майдонда тортишиш кучлари ҳам ва итарилиш кучлари ҳам бўлади.

Тортишиш майдонида фақат тортишиш кучи таъсир қилади.

Қадин металл тўр ичига кириб, электр майдон таъсиридан сақланишимиз мумкин. Аммо ҳозиргача тортишиш кучининг таъсиридан қандай сақланиш кераклигини билмаймиз. Олимлар бу масала устида ҳам иш олиб бормоқдалар.

### § 3. Ернинг сунъий йўлдошлари (ЕСЙ)

Ер сунъий йўлдошларининг (қисқача ЕСЙ) ва бошқа космик аппаратларнинг учирлиши буюк илмий аҳамиятга эга бўлиб, улар ва бошқа космик аппаратлар (космик ракета, планеталараро автоматик станциялар ва бошқалар) ёрдамида юқори баландликларда атмосфера таркиби, электромагнит тўлқинларнинг тарқалиши, космик нурлар ва космоснинг бошқа сирлари ўрганилади.

Сунъий йўлдош Ер атрофида доиравий орбита бўйлаб ҳаракатланиши учун йўлдошга горизонтал йўналишда маълум катталиқда тезлик бериш керак. Бу тезликнинг катталиги қандай бўлиши керак?

Сунъий йўлдошни Ер атрофида айланишга мажбур қилувчи куч Ер томонидан йўлдошга таъсир қилувчи  $P = mg$  оғирлик кучидир. Бу куч таъсирида йўлдош марказга интилма тезланиш олади ва Ер сирти яқинида доиравий орбита бўйлаб барқарор ҳаракатланади.

Шундай қилиб, оғирлик кучи марказга интилма куч ролини уйнайди.

$$mg = \gamma \frac{mM}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$$

Бундаги  $v_1 = \sqrt{gR}$  ёки  $v_1 = \sqrt{\gamma \frac{M}{R}}$

бунда  $M$  — Ернинг массаси;

$R$  — Ернинг радиуси ( $R = 6371 \cdot 10^3$  м).

$$v_1 = \sqrt{9,81 \frac{M}{\text{сек}^2} \cdot 6371 \cdot 10^3 \text{ м}} \approx 7910 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \approx 7,9 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$$

Бу тезлик *биринчи космик тезлик* дейилади.

Ҳар қандай жисмга (массаларидан қатъи назар) биринчи космик тезликка тенг горизонтал тезлик берилса, бу жисмлар Ернинг сунъий йўлдоши бўла олади.

Ер сунъий йўлдошининг доиравий тезлиги баландликнинг ортиши билан камая боради.  $r^3$  радиусли доиравий орбитадаги тезликни қуйидагича ёза оламиз:

$$\frac{mv_{\text{доир}}^2}{r} = \gamma \frac{mM}{r^2}, \quad v_{\text{доир}} = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}}, \quad \text{бунда}$$

$$r = R + h.$$

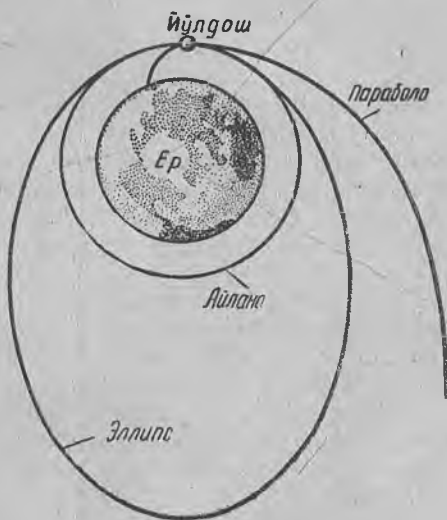
Масалан, 35800 км баландликда Ер сунъий йўлдошининг тезлиги тахминан 3 км/сек га тенг. Йўлдошнинг бу орбитадаги айланиш даври  $T = 24$  соатга тенг (буни Ернинг суткалик сунъий йўлдоши дейилади). Бундай йўлдош Ернинг суткалик айланиши билан бир хил айлангани учун, Ердаги кузатув чига қўзғалмас бўлиб туолади.

Ойнинг орбитасида ( $r = 384000$  км) йўлдошнинг доиравий тезлиги 1  $\frac{\text{км}}{\text{сек}}$  га яқин бўлади.

Агар йўлдошнинг тезлиги доиравий тезликдан катта ёки тезлик маҳаллий горизонтга бурчак остида йўналган бўлса, йўлдош Ер атрофида эллипс бўйлаб ҳаракатланади. Сунъий йўлдош орбитасининг Ерга яқин нуқтаси *перигей* дейилади. Перигейда унинг тезлиги энг катта бўлади. Орбитанинг энг узоқ нуқтаси *апогей* дейилади. Апогей орбитанинг перигейга диаметрал қарама-қарши нуқтаси бўлади.

Агар йўлдошнинг тезлигини *иккинчи космик тезлик* деб аталувчи 11,2 км/сек га етказилса, йўлдошнинг орбитаси шунчалик чўзилиб, апогей Ердан шунчалик узоқлашиб кетадики, бунда тезлик яна озгина оширилса, йўлдош Ернинг гортишиш майдони чегарасидан чиқиб кетади. Бунда йўлдошнинг Ер майдонидаги орбитаси берк бўлмайди: йўлдош планеталараро фазога абдий учиб кетади (6-расм).

Ернинг сунъий йўлдошларини ва космик ракеталарни учирришда Ернинг суткалик ва йиллик айланиши назарга олинади, учурувчи ракетани Ернинг оғирлик марказидан ўтган теқисликда учуришга ҳаракат қилинади.



6-расм. Сунъий йўлдошлар орбиталари.

жисмлар учун  $g = \gamma \frac{m}{R^2}$  катталиқ ўзгармасдир. Бу ўзгармас катталиқ берилган жисмнинг тортишиш майдонини миқдор жиҳатдан характерлайди.

Маълумки, зарядланган жисмлар бир-бирига тортишиши ва бир-биридан итарилиши мумкин. Демак, электр майдонда тортишиш кучлари ҳам ва итарилиш кучлари ҳам бўлади.

Тортишиш майдонида фақат тортишиш кучи таъсир қилади.

Қалин металл тўр ичига кириб, электр майдон таъсиридан сақланишимиз мумкин. Аммо ҳозиргача тортишиш кучининг таъсиридан қандай сақланиш кераклигини билмаймиз. Олимлар бу масала устида ҳам иш олиб бормоқдалар.

### § 3. Ернинг сунъий йўлдошлари (ЕСЙ)

Ер сунъий йўлдошларининг (қисқача ЕСЙ) ва бошқа космик аппаратларнинг учурилиши буюк илмий аҳамиятга эга бўлиб, улар ва бошқа космик аппаратлар (космик ракеталар, планеталараро автоматик станциялар ва бошқалар) ёрдамида юқори баландликларда атмосфера таркиби, электромагнит тўлқинларнинг тарқалиши, космик нурлар ва космоснинг бошқа сирлари ўрганилади.

Сунъий йўлдош Ер атрофида доиравий орбита бўйлаб ҳаракатланиши учун йўлдошга горизонтал йўналишда маълум катталиқда тезлик бериш керак. Бу тезликнинг катталиги қандай бўлиши керак?

Сунъий йўлдошни Ер атрофида айланишга мажбур қилувчи куч Ер томонидан йўлдошга таъсир қилувчи  $P = mg$  оғирлик кучидир. Бу куч таъсирида йўлдош марказга интилма тезланиш олади ва Ер сирти яқинида доиравий орбита бўйлаб барқарор ҳаракатланади.

Шундай қилиб, оғирлик кучи марказга интилма куч ролини уйнайди.

$$mg = \gamma \frac{mM}{R^2} = \frac{mv^2}{R}.$$

Бундаги  $v_1 = \sqrt{gR}$  ёки  $v_1 = \sqrt{\gamma \frac{M}{R}}$ ,

бунда  $M$  — Ернинг массаси;

$R$  — Ернинг радиуси ( $R = 6371 \cdot 10^3$  м).

$$v_1 = \sqrt{9,81 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 6371 \cdot 10^3 \text{ м}} \approx 7910 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \approx 7,9 \frac{\text{км}}{\text{сек}}.$$

Бу тезлик *биринчи космик тезлик* дейилади.

Ҳар қандай жисмга (массаларидан қатъи назар) биринчи космик тезликка тенг горизонтал тезлик берилса, бу жисмлар Ернинг сунъий йўлдоши бўла олади.

Ер сунъий йўлдошининг доиравий тезлиги баландликнинг ортиши билан камая боради.  $r$ ' радиусли доиравий орбитадаги тезликни қуйидагича ёза оламиз:

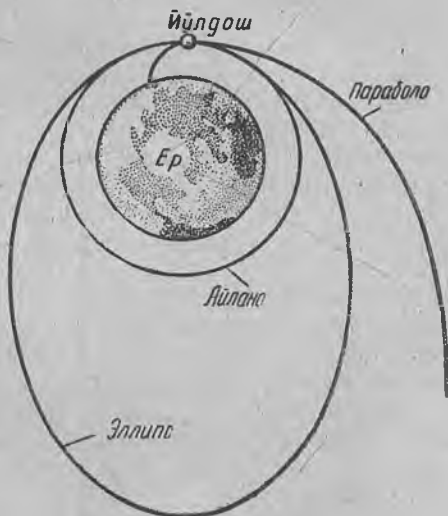
$$\frac{mv_{\text{доир}}^2}{r} = \gamma \frac{mM}{r^2}, \quad v_{\text{доир}} = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}}, \quad \text{бунда}$$

$$r = R + h.$$

Масалан, 35800 км баландликда Ер сунъий йўлдошининг тезлиги тахминан 3 км/сек га тенг. Йўлдошининг бу орбитадаги айланиш даври  $T = 24$  соатга тенг (буни Ернинг суткалик сунъий йўлдоши дейилади). Бундай йўлдош Ернинг суткалик айланиши билан бир хил айлангани учун, Ердаги кутув чига қўзғалмас бўлиб туюлади.

Ойнинг орбитасида ( $r = 384000$  км) йўлдошининг доиравий тезлиги  $1 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$  га яқин бўлади.

Агар йўлдошининг тезлиги доиравий тезликдан катта ёки тезлик маҳаллий горизонтга бурчак остида йўналган бўлса, йўлдош Ер атрофида эллипс бўйлаб ҳаракатланади. Сунъий йўлдош орбитасининг Ерга яқин нуқтаси *перигей* дейилади. Перигейда унинг тезлиги энг катта бўлади. Орбитанинг энг узоқ нуқтаси *апогей* дейилади. Апогей орбитанинг перигейга диаметрал қарма-қарши нуқтаси бўлади.



6-расм. Сунъий йўлдошлар орбиталари.

Агар йўлдошининг тезлигини *иккинчи космик тезлик* деб аталувчи 11,2 км/сек га етказилса, йўлдошининг орбитаси шунчалик чўзилиб, апогей Ердан шунчалик узоқлашиб кетадики, бунда тезлик яна озгина оширилса, йўлдош Ернинг тортишиш майдони чегарасидан чиқиб кетади. Бунда йўлдошининг Ер майдонидаги орбитаси берк бўлмайди: йўлдош планеталараро фазога абадий учиб кетади (6-расм).

Ернинг сунъий йўлдошларини ва космик ракеталарни учирришда Ернинг суткалик ва йиллик айланиши назарга олинади, учирувчи ракетани Ернинг оғирлик марказидан ўтган теқсликда учирришга ҳаракат қилинади.

жисмлар учун  $g = \gamma \frac{m}{R^2}$  катталиқ ўзгармасдир. Бу ўзгармас катталиқ берилган жисмнинг тортишиш майдонини миқдор жиҳатдан характерлайди.

Маълумки, зарядланган жисмлар бир-бирига тортишиши ва бир-биридан итарилиши мумкин. Демак, электр майдонда тортишиш кучлари ҳам ва итарилиш кучлари ҳам бўлади.

Тортишиш майдонида фақат тортишиш кучи таъсир қилади.

Қалин металл тўр ичига кириб, электр майдон таъсиридан сақланишимиз мумкин. Аммо ҳозиргача тортишиш кучининг таъсиридан қандай сақланиш кераклигини билмаймиз. Олимлар бу масала устида ҳам иш олиб бормоқдалар.

### § 3. Ернинг сунъий йўлдошлари (ЕСЙ)

Ер сунъий йўлдошларининг (қисқача ЕСЙ) ва бошқа космик аппаратларнинг учирлиши буюк илмий аҳамиятга эга бўлиб, улар ва бошқа космик аппаратлар (космик ракеталар, планеталараро автоматик станциялар ва бошқалар) ёрдамида юқори баландликларда атмосфера таркиби, электромагнит тўлқинларнинг тарқалиши, космик нурлар ва космоснинг бошқа сирлари урганилади.

Сунъий йўлдош Ер атрофида доиравий орбита бўйлаб ҳаракатланиши учун йўлдошга горизонтал йўналишда маълум катталиқда тезлик бериш керак. Бу тезликнинг катталиги қандай бўлиши керак?

Сунъий йўлдошни Ер атрофида айланишга мажбур қилувчи куч Ер томонидан йўлдошга таъсир қилувчи  $P = mg$  оғирлик кучидир. Бу куч таъсирида йўлдош марказга интилма тезланиш олади ва Ер сирти яқинида доиравий орбита бўйлаб барқарор ҳаракатланади.

Шундай қилиб, оғирлик кучи марказга интилма куч ролини уйнайди.

$$mg = \gamma \frac{mM}{R^2} = \frac{mv_1^2}{R}$$

Бундаги  $v_1 = \sqrt{gR}$  ёки  $v_1 = \sqrt{\gamma \frac{M}{R}}$

бунда  $M$  — Ернинг массаси;

$R$  — Ернинг радиуси ( $R = 6371 \cdot 10^3$  м).

$$v_1 = \sqrt{9,81 \frac{M}{\text{сек}^2} \cdot 6371 \cdot 10^3 \text{ м}} \approx 7910 \frac{\text{м}}{\text{сек}} \approx 7,9 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$$

Бу тезлик *биринчи космик тезлик* дейилади.

Ҳар қандай жисмга (массаларидан қатъи назар) биринчи космик тезликка тенг горизонтал тезлик берилса, бу жисмлар Ернинг сунъий йўлдоши бўла олади.



Ер сунъий йўлдошининг доиравий тезлиги баландликнинг ортиши билан камай боради.  $r$  радиусли доиравий орбитадаги тезликни қуйидагича ёза оламиз:

$$\frac{mv_{\text{доир}}^2}{r} = \gamma \frac{mM}{r^2}, \quad v_{\text{доир}} = \sqrt{\gamma \frac{M}{r}}, \quad \text{бунда}$$

$$r = R + h.$$

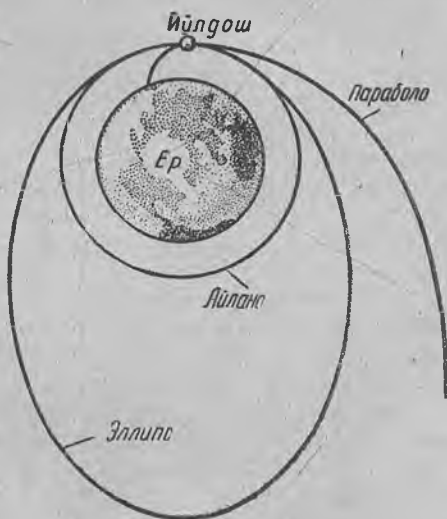
Масалан, 35800 км баландликда Ер сунъий йўлдошининг тезлиги тахминан 3 км/сек га тенг. Йўлдошнинг бу орбитадаги айланиш даври  $T = 24$  соатга тенг (буни Ернинг суткалик сунъий йўлдоши дейилади). Бундай йўлдош Ернинг суткалик айланиши билан бир хил айланиши учун, Ердаги қузатув чига қузғалмас бўлиб туюлади.

Ойнинг орбитасида ( $r = 384000$  км) йўлдошнинг доиравий тезлиги  $1 \frac{\text{км}}{\text{сек}}$  га яқин бўлади.

Агар йўлдошнинг тезлиги доиравий тезликдан катта ёки тезлик маҳаллий горизонтга бурчак остида йўналган бўлса, йўлдош Ер атрофида эллипс буйлаб ҳаракатланади. Сунъий йўлдош орбитасининг Ерга яқин нуқтаси *перигей* дейилади. Перигейда унинг тезлиги энг катта бўлади. Орбитанинг энг узоқ нуқтаси *апогей* дейилади. Апогей орбитанинг перигейга диаметрал қарама-қарши нуқтаси бўлади.

Агар йўлдошнинг тезлигини *иккинчи космик тезлик* деб аташувчи 11,2 км/сек га етказилса, йўлдошнинг орбитаси шунчалик чўзилиб, апогей Ердан шунчалик узоқлашиб кетадики, бунда тезлик яна озгина оширилса, йўлдош Ернинг тортишиш майдони чегарасидан чиқиб кетади. Бунда йўлдошнинг Ер майдонидаги орбитаси берк бўлмайди: йўлдош планеталараро фазога абадий учиб кетади (6-расм).

Ернинг сунъий йўлдошларини ва космик ракеталарни учирришда Ернинг суткалик ва йиллик айланиши назарга олинади, учирувчи ракетани Ернинг оғирлик марказидан ўтган текишликда учирришга ҳаракат қилинади.



6-расм. Сунъий йўлдошлар орбиталари.

Йўлдошга зарурий тезлик бериш учун уни кўп босқичли кучли ракеталар ёрдамида учириб керак. Совет Иттифоқида техника тараққиётининг юксак даражада эканлиги бундай ракеталарни қуришга имкон беради.

Совет Иттифоқида 1957 йил 4 октябрда дунёда биринчи бўлиб, сунъий йўлдош учирилди.

1961 йил 12 апрелда бизда бортида одами бўлган „Восток“ космик кемаси биринчи бўлиб учирилди. Бу кеманинг пилоти Совет Иттифоқи Қаҳрамони, учувчи-космонавт Юрий Алексеевич Гагарин бўлди. Бу кун инсон томонидан космосни ўзлаштириш даврининг бошланиши бўлиб, Совет халқининг ижодкорлик заковатининг триумфи бошланиши сифатида тарихга абадий кириб қолади.

Ю. А. Гагариннинг қаҳрамонона жасоратини қаҳрамон-космонавтлар Г. С. Титов, А. Г. Николаев, П. Р. Попович, В. Ф. Биковский ва бошқа совет космонавтлари такрорладилар.

Жаҳонда биринчи космонавт-аёл Совет Иттифоқининг Қаҳрамони В. В. Терешкова 1963 йил июнида „Восток-6“ космик кемасида узоқ муддатли космик парвоз қилди.

#### § 4. Вазнсизлик ҳолати

Ернинг тортиши натижасида жисмнинг қўзғалмас (Ерга нисбатан) горизонтал тагликка босим кучи ёки осилган ипни тараглаш кучи жисмнинг оғирлиги дейилади. Бу ҳолда жисмнинг оғирлиги  $P = mg$  оғирлик кучига тенгдир.

Таянч ёки осма ўз навбатида жисмга таъсир қилади. Демак, *жисм оғирлигининг характерли белгиси жисмнинг таянч ёки осма билан ўзаро таъсирлашишидан деформацияланишидир.*

Эркин тушаётган жисмда деформацияланиш бўлмайди, бу вақтда жисмлар *вазнсизлик ҳолатида* бўлади. Бунини 7-расмда тасвирланган қурилмада пайқаш мумкин. Қурилма юк осилган пружинали тарозидан иборат бўлиб, юқорига ва пастга қараб ҳаракат қила олади.

Агар юкли тарози эркин тушаётган бўлса, тарозининг кўрсаткичи нолни кўрсатади, демак, тарозининг бунда пружинаси деформацияланмайди.

Бу ҳодисани ҳаракат қонуналаридан фойдаланиб текширамиз. Фараз қилайлик, пружинага осилган юк  $a$  тезланиш билан пастга томон ҳаракатлансин. Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан, жисмга  $P$  ва  $F$  кучларининг айирмасига тенг бўлган куч таъсир қилади. Бунда  $P$ —оғирлик кучи,  $F$  эса юкка қўйилган пружинанинг эластиклик кучи.

Шундай қилиб:

$$ma = P - F \text{ ёки } ma = mg - F.$$

Бундан

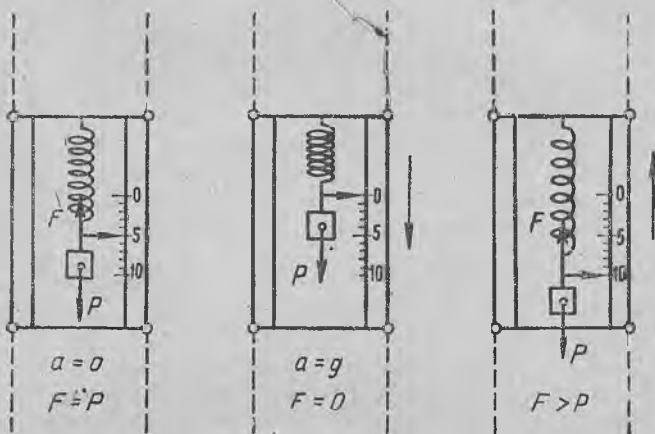
$$F = m(g - a).$$

Юк эркин тушганда  $a = g$  бўлганлиги учун

$$F = m(g - a) = 0.$$

Бу эса пружинада (ва юкда) эластик деформациянинг йўқлигини кўрсатади.

Вазнсизлик ҳолати фақат эркин тушишда эмас, жисмнинг фақат оғирлик кучи таъсир қилаётган ихтиёрий эркин учишида ҳам мавжуд бўлади. Бу вақтда жисмнинг заррачалари тагликка ёки осмага таъсир қилмайди ва Ернинг тортиши таъсирида жисм таянч ёки осмага нисбатан тезланиш олмайди.



7-расм. Юк юқорига тик кўтарилганда ва пастга тик туширилганда пружина таранглик кучининг ўзгариши.

Агар 7-расмда тасвирланган қурилманинг ипидан кескин силтаб, юқорига эркин ҳаракатлантирилса, бундай ҳаракатда тарозининг кўрсаткичи нолни кўрсатади. Бу вақтда тарози ва юк бир хил тезланиш билан юқорига ҳаракатланиб, ўзаро таъсирлашмайди.

Шундай қилиб, *жисмларга биргина оғирлик кучи таъсир қилганда жисмлар вазнсизлик ҳолатда бўлади. Жисмнинг вазнсизлик ҳолатда бўлишининг характерли белгиси уларда деформация ва ички кучланишларнинг бўлмаслигидир.*

Вазнсизлик ҳолатини жисмларнинг мувозанатлашган кучлар таъсирида бўлган ҳолати билан алмаштириб юбориш ярамайди. Агар жисм суюқликка ботирилса, у ўз ҳажмига тенг оғирликдаги суюқликни сиқиб чиқаради. Бунда суюқликнинг оғирлик кучи итариб чиқарувчи куч билан мувозанатлашади. Ле-

кин жисм суюқликка (таянчга босгандек) босади, бунинг натижасида оғирлик кучининг суюқликда ҳосил қилган кучланиши йўқолиб кетмайди, демак, жисм вазнсизлик ҳолатида бўлмайди.

Энди Ер сунъий йўлдошидаги жисмнинг вазнсизлигини кўриб чиқамиз. Йўлдош Ер атрофида ўз орбитаси бўйлаб эркин парвоз қилганда, йўлдош ва ундаги ҳамма жисмлар Ернинг масса маркази ёки „қўзғалмас“ юлдузлар билан боғланган сапоқ системасида исталган ҳар бир вақтда ўзгармас тезланиш билан ҳаракатланади. Бу тезланишнинг катталиги Ернинг йўлдошни тортиш кучидан аниқланади (йўлдошнинг бошқа космик жисмларга тортишиш кучи жуда кичик бўлганлиги учун назарга олинмаса ҳам бўлади). Бу тезланиш жисмнинг массасига боғлиқ эмаслигини юқорида (§ 2) кўрдик. Бу шароитда йўлдош ва йўлдош ичидаги ҳамма жисмлар ҳамда уларнинг заррачалари орасида Ернинг тортишиши туфайли ҳосил бўладиган ўзаро таъсир бўлмайди. Демак, йўлдош эркин парвоз қилганда ундаги бўлган ҳамма жисмлар вазнсизлик ҳолатда бўлади.

Йўлдош-кема ичида маҳкамланмаган жисмлар, космонавтнинг ўзи ҳам йўлдошнинг ичида учиб юради, идишга тўлдирилган суюқлик идишнинг тубига ва ён деворларига босмайди, шунинг учун идишнинг тирқишидан тўкилиб кетмайди, шовун ва тебрангичлар қандай ҳолда қолдирилган бўлса, ўша ҳолда тинч қолади.

Космонавт қўл ва оёқларини ҳар қандай қия вазиятда тутиши учун ҳеч қандай куч керак бўлмайди. Космонавтда қаер „юқори“ ва қаер „паст“ деган таассурот бўлмайди.

Агар бирор жисмга йўлдош кабинасига нисбатан тезлик берилса, бу жисм бошқа жисмлар билан тўқнашмагунча тўғри чизиқли текис ҳаракат қилаверади.

Вазнсизлик ҳолатининг тирик организмга ва асосан инсон ҳаётига хатарли бўлган натижаларни бартараф қилиш мақсадида олимлар сунъий „оғирлик“ ҳосил қилишнинг турли усулларини топмоқдалар. Масалан, келажакда учириладиган планеталаро станцияларнинг оғирлик маркази атрофида айлантириш йўли билан сунъий „оғирлик“ ҳосил қилинади. Демак, планеталаро станция деворларининг эластиклик кучи марказга интилма тезланиш ҳосил қилиб, деворга тегиб турган жисмларни Ергагидек деформациялайди.

## § 5. Ортиқча оғирлик

Агар пружинали тарозига юк осиб, уни тезланиш билан юқорига кўтарсак, пружинанинг деформацияси ортади ва шунинг учун тарози тинч ҳолатда кўрсатган оғирликдан каттароқ оғирликни кўрсатади.

Фараз қилайлик, бортида космонавт бўлган космик кема юқорига тик равишда  $a = ng$ , бунда  $n > 1$  тезланиш билан ҳаракатлансин.

Бунда космонавтга бир вертикал бўйлаб қарама-қарши томонга йўналган оғирлик кучи  $P = mg$  ва ракетанинг тортиш кучи  $F$  таъсир қилади.

Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси космонавтга юқорига йўналган  $a$  тезланиш беради.

$$F - P = ma \quad \text{ёки} \quad F - mg = ma,$$

бундан

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

Лекин  $a = ng$  бўлганлиги учун

$$F = (n + 1) mg$$

бўлади.

Бу куч космонавт баданида ва кеманинг ҳамма қисмларида ракета Ерда қўзғалмай тургандагига нисбатан  $(n + 1)$  марта кўп деформация ҳосил қилади.

Буни космик кема Ерда нисбатан тинч турганда унга ва ундаги ҳамма жисмларга Ернинг тортиш кучидан  $(n + 1)$  марта (умумий ҳолда  $\frac{a+g}{g}$  марта) катта тортиш кучи таъсир қилган-дек бўлади, деб тушунтириш мумкин.

Агар космик кема пастга томон  $a > 2g$  тезланиш билан ҳаракатланса, кемада ва ундаги жисмларда нормал (Ер сиртида тинч ҳолатда турган жисмларда кузатиладиган) деформациядан кучлироқ деформация вужудга келади. Буни қўйидаги тенгламадан кўриш мумкин:

$$F + mg = ma,$$

$$F = m(a - g),$$

бунда  $a > 2g$  бўлганда

$$F > mg.$$

Тезланиш билан ҳаракатланаётган жисмларнинг қўшимча деформацияланган ҳолатларини бу жисмларнинг *ортиқча оғирлик* таъсирида бўлиш ҳолати деб юритилади.

Ортиқча оғирликни характерловчи катталиқ  $a$  тезланишнинг  $g$  эркин тушиш тезланишига нисбатига тенгдир.

$$k = \frac{a}{g}.$$

Фақат космонавтларгина эмас, барча учувчилар ҳам самолётнинг тезлиги тез ошганда ёки тез камайганда (айниқса реактив самолётларда) маълум миқдорда ортиқча оғирлик сезади.

Ортиқча оғирлик учувчилар соғлигига зарар етказмаслиги учун улар узоқ муддатли махсус машқларни бажарадилар.

## Машқ.

1. Ернинг сунъий йўлдоши орбитага экватор бўйлаб отилганда осон чиқадими ёки меридиан бўйлаб отилгандами? Шуни тушуштириш.

2. Нима учун худди айни бир орбитага енгил йўлдошни чиқаришдан оғирроқ йўлдошни чиқариш қийин?

3. Тезланиш билан тик юқорига ҳаракатланаётган ракетада тебрангич қандай тебранади? Тик шўнгитган самолётда-чи?

4. Ернинг сунъий йўлдоши учирилганда қўп босқичли учирувчи ракета 7 мин 5 сек давомида биринчи космик тезликка эришади. Ернинг сунъий йўлдошига таъсир қилувчи уртача тезланиш ва ортиқча оғирликни аниқланг.

5. Планеталараро станцияларнинг баъзи лойиҳаларида станциянинг (ичи бўш гилдирак) оғирлик маркази атрофида айланиши ҳисобига сунъий „оғирлик“ ҳосил қилинади. Массаси 70 кг булган космонавт ўз „оғирлиги“ ни худди Ердагидек ҳис қилиши учун станциянинг бир минутдаги айланишлар сони қандай бўлиши керак? Космонавтнинг айланиш ўқидан узоқлиги 60 м.

6. Ернинг табиий йўлдоши—Ой орбитасини айлана деб олиб, унинг орбитал тезлигини ҳисобланг.

7. Ернинг сунъий йўлдоши ичида турган сувли стаканга туширилган танга қандай ҳолатда бўлади?

8. Вазнсизлик ҳолатида суюқликка ботирилган жисмга итарувчи куч таъсир қиладими? Бошқача қилиб айтганда, вазнсизлик ҳолатида Архимед қонунини қўллаш мумкинми?

9. Суюқлик тулдирилган идишнинг тубида тешиги бор. Идиш эркин тусаётганда суюқлик оқиб кетадими?

10. Туташ идишнинг бир тирсагига сув, иккинчи тирсагига симоб солинган. Жисм тинч турганда суюқликлар мувозанатлашган. Жисм эркин тушганида бу суюқликларнинг сатҳи ўзгарадими?

11. Ер атрофида айланаётган космик кема ичидаги ҳаво босимини симобли барометр ёрдамида ўлчаш мумкинми?

## III. „ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ“ ТЕМАСИГА ҚЎШИМЧА ЎҚУВ МАТЕРИАЛИ

### § 1. Металларга механик ва термик ишлов беришда уларнинг хоссалари ва структураларининг ўзгариши

Металларнинг биз ўрганган хоссаларининг амалда ишлатилишини кўриб чиқамиз.

Металлардан зарур бўлган ҳар хил катталикдаги ва шаклдаги буюмлар тайёрлашда ёки материалнинг физика-механик хоссаларини ўзгартиришда металларни қайта ишлаш керак бўлади. Металларга буюмлар ясаш вақтида ишлов беришда ҳам уларнинг хоссалари қисман ўзгаришини кейинчалик кўрамиз.

Деталларнинг шаклини ёки ўлчамларини ўзгартириш учун металлни пластик ҳолатда прокатка қилиш, болғалаш, шгамповка қилиш, чўзиш йўли билан босим остида деформацияланади ёки рандалаш, кесиш, чархлаш, пармалаш йўли билан йўнилади.

Металларнинг хоссаларини ва структураларини ўзгартириш учун термик ишлов берилади, яъни тобланади, юмша-

тилади ва куйдириб қайта совитилади (отжиг қилинади). Металларга термик ишлов беришни юқори даражада қиздириб, сўнра тез совитиш (тоблаш) ёки аста-секин совитиш (юмшатиш, отжиг қилиш) дан иборатдир. Бунда металл доналарининг катталиги ўзгаради. Тоблашда пўлатнинг доналари тез совитилганлиги учун катталаша олмайди, натижада пўлат жуда пухта ва қаттиқ бўлган майда ва бир жинс структурага эга бўлади.

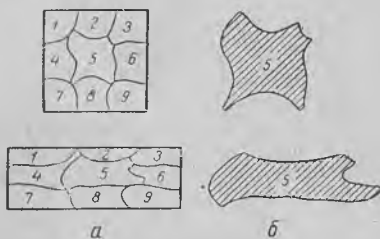
Етарлича пластикликка эга бўлган, яъни нагрузка таъсирида узилмасдан сезиларли даражада деформацияланувчи металлларгагина босим остида ишлов бериш мумкин. Қўрғошин, қалай, алюминий ва мисга оддий температураларда босим остида ишлов бериш мумкин. Пўлатнинг оддий шароитдаги пластиклиги бундай ишлов бериш учун етарли эмас. Пўлат қиздирилганда унинг пластиклиги ортади ва иссиқ ҳолатида уни болғалаш, прокатлаш мумкин ва ҳоказо.

Металлар босим остида ишланганда уларнинг структураси қандай ўзгаради? 8-а расмда сиқилган металл доналарининг ўзгариши схематик равишда тасвирланган (сиқилгунга ва сиқилишдан кейин доналар бир хил рақамлар билан белгиланган). 8-б расмда доналардан бирининг деформацияси катталаштириб тасвирланган. Расмдан кўринадики, деформацияланиш силжиш ҳодисасидан иборатдир. Айрим доналарнинг силжиш текисликлари мос тушмаслиги сабабли доналар синади ва майдаланади. Бунда материалнинг хоссаси ўзгаради, яъни унинг қаттиқлиги ва мўртлиги ошади, пластиклиги камаяди.

Металларга совуқ ҳолатда босим остида ишлов берилганда уларнинг қаттиқлиги ва мўртлиги ошади. Металлар хоссаларини бундай ўзгартириш *наклёп* дейилади.

Наклёп қилинган материалларнинг эластиклик хусусияти ошади (оқувчанлик чегараси ортади, ва мўртлиги кўпаяди). Буни оддий тажрибада текшириб кўриш мумкин. Агар эластиклиги анча кам бўлган жез пластинка болғача билан бир неча марта урилса (пластинка болғаланса), унда эластик пружиналаниш эгилишга қаршилик кўрсатиш хоссаси пайдо бўлади, яъни пластинка янада эластикроқ бўлиб қолади.

Металлар болғаланганда, штамповка қилинганда ва чўзилганда уларнинг сиртида наклёп ҳосил бўлади. Металл буюмларнинг қайчи билан кесилган, эзилган ва тешик тешилган жойларида ҳам наклёп ҳосил бўлади. Наклёп металлнинг



8-расм. а) металлга босим остида ишлов берилганда унинг доналарининг ўзгариш схемаси; б) доналардан бирининг деформацияси.

мўртлигини оширгани сабабли, парчин михга очилган тешикнинг оғзидан металлнинг мўрт қатлами йўниб ташланади, шунда тешик дарз қетмайди.

Ўзгарувчан кучланиш (гоҳ бир йўналишда, гоҳ иккинчи йўналишда таъсир қилувчи кучлар) таъсирида вақт ўтиши билан металлнинг мустаҳкамлиги камаяди. Бу ҳодиса „металларнинг чарчаши“ деб юритилади. Бундай ҳодиса тез юрар машиналарда, темир йўл вагонларининг ўқларида, автомобиль рессораларида учрайди. Бу ҳодисага йирик кристалларнинг тез кўпайиб кетиши натижасида „чарчаш дарзлари“ ҳосил бўлиб, бу дарзларнинг борган сари металлнинг ички томониغا чуқурлашиб бориши сабаб деб тахмин қилинади. Бунда деталь кўндаланг кесимининг фойдали юзи камая боради ва, ниҳоят, сиhib кетади.

## √ § 2. Металларга йўниш йўли билан ишлов бериш

Металларга йўниш йўли билан ишлов бериш — чархлаш, раңдалаш, пармалашда металл қириндиларнинг ҳосил бўлиши туфайли металл қисман нобуд бўлса ҳам, деталлар юқори аниқликда тайёрланади. 9-расмда металл қириндиларнинг ҳосил бўлиш схемаси кўрсатилган.



9-расм. Қириндининг ҳосил бўлиш схемаси.

1 кескич силжиб, ўзининг 2 олд сирти билан металлни эзиб, қирқади ва металл қиринди ҳосил қилади. Бунда қирқилаётган қатлам қисилиш ва эгилиш деформациясига дуч келади. Йўнилаётган қатламда кучланиш қаттиқлик чегарасига етганда, металл

қиринди шаклида қирқилади. Йўнишда деформация материалнинг ичкарасига тарқалади, ишлов берилаётган сирт наклёпланади.

Йўнишда металлнинг қизиши йўнилган ва қолган сирт қатламининг физика-механик ҳосасини ўзгартиради. Бунда температура кўтарилишининг: 1) ишлов берилаётган материалга, 2) кескич материалга таъсир кўрсатишини ҳисобга олиш керак.

Йўнилаётган қатламнинг температураси кўтарилганда унинг пластиклиги ошади ва йўниш осонлашади.

Температура ошганда кескичнинг қаттиқлиги камаяди ва катта тезликда кескич тобини йўқотиши мумкин. Пўлатга айрим химиявий элементлар (вольфрам, хром ва бошқалар) қўшилса, кескич бир неча юз ва ҳатто минг градус температурага чидай олади.

Ҳозирги замон техникасида керамик пўлаг кескич ўрнига алюминий оксид (бошланғич материал бокситдир) дан тайёрланган кескич муваффақиятли ишлатилмоқда. Бизнинг новатор



токарларимиз шундай кескичлардан фойдаланиб, деталларни 3000 м/мин дан юқори тезликда ишлашга эришдилар (аввал ишлов бериш тезлиги 20—60 м/мин бўлган эди).

Пластик деформация ички энергиянинг потенциал ташкил этувчисининг кинетик ташкил этувчига айланиши, яъни металлнинг қизишига боғлиқ. Кескичнинг металл қиринди ва буюм сиртига ишқалиши натижасида металл янада қизийди. Ишқалишни камайтириш ва қирқиш зонасидаги иссиқликни камайтиришда турли мойловчи-совитувчи суюқликлар, масалан, совун эритмаси ишлатилади. Суюқлик металл сиртидаги микроскопик ёриқларга сингиб, металлни ёрилиб кетишдан сақлайди. Бундан ташқари, металлнинг сирт қатламини юмшатади ва йўниш процессини енгиллаштиради.

### § 31. Полимерларнинг физик хоссалари ҳақида тушунча. Полимерларнинг ишлатилиши

Биз моддаларнинг шартли равишда қаттиқ, суюқ ва газсимон ҳолатдаги моддаларга бўлинишини бир неча бор қайд қилган эдик. Ҳолатлари ҳали аниқланмаган моддалар мавжуд. Масалан, аморф жисмларда бир вақтнинг ўзида ҳам қаттиқлик, ҳам оқувчанлик намоён бўлади. Полимерларнинг ҳолати ҳам ҳали аниқланмаган.

Полимерлар каучук, тола ва пластмассаларга бўлинади.

Полимерлар табиий полимерларга ва сунъий полимерларга бўлинади. Табиий (табиатда бор бўлган) полимерларга оқсил, тўқима, крахмал, табиий каучук киради. Сунъий полимерларга эса синтетик тола, пластмассалар, сунъий каучуклар киради.

Синтетик моддалар турмушимизга шахдам қадамлар билан кириб келмоқда. Улардан кўп қурилиш материаллари ўрнида, машинасозликда, тўқимачилик саноатида, автомобиль, электротехникада ва саноатнинг бошқа кўпгина тармоқларида фойдаланилади. Улардан кийим, пойабзал ҳамда уй-рўзғор буюмлари тайёрланади.

Физика ва химия фанлари ёрдамида бу моддаларнинг тузилишини ва хоссаларини ўрганиб, олдиндан исталган хоссаларга эга бўлган материалларни олиш мумкин.

Полимерларнинг ажойиб хоссаларига уларнинг тузилиши сабабдир. Уларнинг ҳаммаси ўн минглаб атомлардан ташкил топган жуда кўп йирик молекулалардан иборатдир. Полимерларнинг молекулалари асосан карбон ва водород атомларидан ташкил топган бўлиб, кўпинча улар таркибига хлор, фтор, азот ва бошқа элементларнинг атомлари ҳам киради.

Полимерларнинг кўплаб молекулалари структура жиҳатидан бир жинсли группалар қаторидан ташкил топган бўлиб, бу

группалар *мономерлар* деб юритилади (грекча *монос* бир—*поли*—кўп деган маънони билдиради). Бу группаларнинг бирикиш процесси *полимеризация* деб аталади.

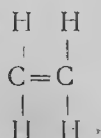
Асосан икки химиявий элемент: углерод— $\begin{array}{c} | \\ \text{—C—} \\ | \end{array}$  ва кремний— $\begin{array}{c} | \\ \text{—Si—} \\ | \end{array}$  полимеризация хоссасига эгадир. Углерод атомлари (кремний атомлари ҳам) узаро бирикиб, узун занжирлар ҳосил қилади.



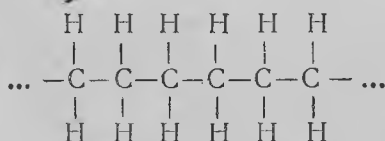
Шунинг учун, полимерларни углерод базасида ташкил топган ҳамда кремний базасида ташкил топган икки группага бўлиш мумкин.

Полимерлар химиясига тегишли бўлган тафсилотларга тўхталмасдан бу моддаларнинг физик хусусиятларини яхшироқ тушуниш учун углерод қаторидаги полимерларнинг тузилишини кўриб чиқамиз.

Полимерларнинг углеродли қаторидаги бошланғич химиявий бирикма—*этилен* рангсиз газ бўлиб, унинг молекулалари икки атом углерод ва тўрт атом водороддан иборат:

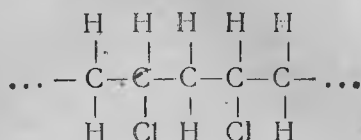


Махсус катализаторлар ёрдамида бу молекулалардаги ҳўш боғланишни парчалаб, улардан неча минг звеноли узун занжир ҳосил қилиш мумкин.



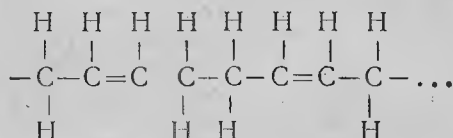
Ҳосил бўлган бу модда энди газ эмас, балки қаттиқ тиниқ масса—*полиэтилендир*. Полиэтилендан ҳаво шарлари қобиқлари, буюм жойланадиган пакетлар, эгилувчан шланглар ва бошқалар тайёрланади.

Полиэтиленнинг узун молекулалар занжиридаги бир неча водород атомини хлор билан алмаштирсак, янги модда—*поливинилхлорид* ҳосил бўлади.



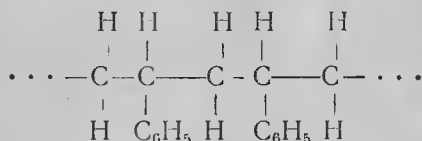
Поливинилхлориддан линолеум, сумкалар, плашлар, водопровод, трубалари ва ҳаттоки сунъий қон томирлар тайёрланади.

Янада мураккаброқ занжир *каучук* молекулаларига хосдир:



Баъзи ўсимликларнинг шарбатидан ҳосил бўлган табиий каучук XVI асрда европаликлар томонидан Мексикада топилган ва Европага келтирилган. Маҳаллий аҳоли каучукдан болалар учун коптоқлар ва катталар учун сув ўтказмайдиган пойабзал тайёрлаган. Пойабзал тайёрлашда улар оёқларига ёпишқоқ шарбатдан суриб, гулхан тутунида узоқ тоблаганлар. Бунда шарбат иссиқлик таъсирида қотган. Ҳозирги кунда каучук қимматбаҳо техник материал бўлиб, ундан автомобиль шиналари тайёрланади. Ҳозир каучук сунъий йул билан тайёрланмоқда. Сунъий каучук тайёрлашда асосан ёғоч ёки нефтдан олинган спиртдан фойдаланилади. Рус олими С. В. Лебедев (1909 й.) биринчи бўлиб сунъий каучук олиш йўлини тавсия қилган.

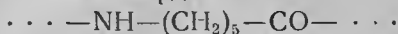
Полиэтиленнинг баъзи атомларини  $\text{C}_6\text{H}_5$  группалар билан алмаштириб *полистиролнинг* молекулаларини ҳосил қилиш мумкин:



Полистирол жуда яхши электр изоляцион хоссага эга бўлган материал бўлиб, электротехника ва радиотехника соноатида ҳар хил деталлар тайёрлашда ишлатилади.

*Плексиглас* (органик шиша)нинг молекулалари яна ҳам мураккаброқ тузилгандир. Физика кабинетига асбобларнинг кўпчилиги қисмлари плексигласдан қилинган. Плексиглас жуда яхши ишлов бериш мумкин бўлган юксак изоляцион хосса материалдир.

Полимер молекулаларининг таркибига углерод ва водороддан ташқари, бошқа баъзи элементларнинг атомлари кириши мумкин. Масалан, кенг тарқалган материал капроннинг молекулалари қуйидаги ячейкалардан ташкил толган:



Полимер молекулаларининг узун занжири юқоридаги формулада тасвирланганидек тўғри чизиқ бўйлаб жойлашмаган. Молекулалар эркин иссиқлик ҳаракат туфайли эгрилашади, буралади, қўшни ва узоқдаги молекулалар билан ўралашиб тугунлар ҳосил қилади. Полимерларнинг эластик ва мустаҳкам бўлишининг сабабларидан бири улар молекулаларининг тузилишидадир.

Каучукнинг чўзилганда дастлабки ўлчамидан бир неча марта кўп узайиш хоссаси ва ташқи нагрузка таъсири тўхташи билан унинг яна ўз ҳолатига қайтиши ҳаммамизга маълум. Каучукни шунчалик кўп деформациялаш учун бошқа эластик материалларга нисбатан бир неча марта кам куч керак. Каучукнинг эластиклик модули  $10 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$  га яқин, пўлатники эса 2 млн  $\frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$  ва ундан ҳам ортиқдир.

Тажрибаларда полимерларнинг юқори эластик деформацияси уларнинг ҳажмини ўзгартирмай, фақат нусханинг шаклини ўзгартириши аниқланган, бинобарин, бундай деформацияда потенциал энергия ўзгармайди. Шунинг учун полимерларнинг эластиклиги қаттиқ жисмлардаги сингари молекулаларнинг „силжиши“ туфайли эмас, полимер молекулаларининг алоҳида структурага эга эканлиги билан тушунтирилади.

Молекулаларнинг эшилган ва чигал занжирлари ташқи нагрузка таъсирида маълум даражада тўғриланади ва ориентирланади. Нагрузка олинганда ёки қиздирилганда бу молекулалар олдинги структурасига қайтади. Масалан, плексигласдан қилинган ваза иссиқ сувда шаклини йўқотади ва қолиплашдан олдинги, яъни ясси айлана ҳолатига келади.

Полимерларда шакл эластиклигининг бўлмаслик хоссаси идеал газларнинг хоссасига ўхшайди. Идеал газлар деформацияланганда уларнинг потенциал энергияси ўзгармайди.

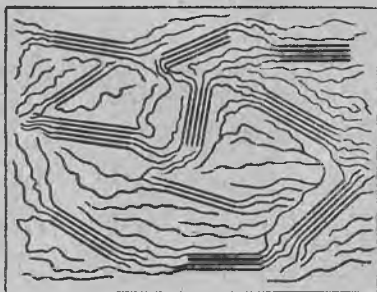
Эшилган ва буралган табиий толани (иплар, чизимчалар, арқонлар) шундай миқдордаги эшилмаган ёки буралмаган нейлон, капрон ва вискоза (сунъий ипак) толаларига нисбатан анча мустаҳкам бўлади, шиша толалари эса ниҳоятда мустаҳкамдир. Масалан, 1,5 мм йўғонликдаги капрон ип одамни кўтара олади, диаметри 2 см ацетон ипак арқон билан юк ортилган вагонни кўтариш мумкин.

Сунъий толаларнинг тузилиши ҳақида чалкаш тушунча ҳосил бўлмаслиги учун айрим „гигант“ молекулаларнинг узунлиги микродунё чегарасидан чиқмаслигини эслатиб ўтиш ке-

рак. Масалан, бундай молекуланинг узунлиги миллиметрнинг мингдан бир улушини ташкил қилади. Калта жун толаларини йигириб узун жун иплар тайёрланганидек, полимер толаларини йигириб ишлатиш учун мумкин бўлган узун иплар ҳосил қилинади.

Занжирли молекулалар орасида боғланиш („кўприк“) бўлганда узун занжирли молекулалар уч ўлчамли структура ҳосил қилиши мумкин. Бунда тола эмас, полимер парда (плёнка) си ёки полимер бўлаги ҳосил бўлиб, уларга турли усуллар билан ишлов бериш ва истаётган шаклни олиш мумкин.

Молекулалари чизиқли тузилган полимер моддалар кристалл структурага эга бўлиши мумкин. Лекин бундай жисмларда аморф жисмлардан фарқли ўлароқ, кристалланиш занжир бўйлаб тарқалмай, унинг айрим қисмларида чегараланган бўлади. Бунда узун ипсимон молекула тартибли (кристалл) жойлашган заррачалар соҳасига бир неча марта кириши мумкин (10-расм). Фазовий структурага эга бўлган полимерлар кристалл соҳалар ҳосил қилмайди, чунки унинг айрим занжирлари орасидаги боғланиш занжирларнинг тартибли жойлашишига йўл қўймайди.



10-расм. Полимернинг ипсимон молекулаларининг жойланиш схемаси.

Кўпчилик синтетик материалларнинг солиштирма оғирлиги жуда кичикдир. Улар ўрта ҳисобда алюминийдан 2 марта,

мисдан 4—6 марта, айримлари эса пўкакдан ҳам енгил. Эритилган полимер масса орқали ҳаво оқим ўтказиш йўли ҳосил қилинган *пенوپластлар*, жуда енгил бўлади, бундан ташқари, иссиқликни жуда ёмон ўтказиш хоссасига эгадир. Пенوپластлар Арктика ва Антарктикадаги экспедициядагилар учун уйлар қуришда ишлатилади.

Полимерларнинг асосий массасига махсус „тўлдирувчи“лар қўшиб, пўлатдан ҳам қаттиқ ва мустаҳкам, зангламайдиган ва чиримайдиган, оловга чидамли ва эриш температураси юқори бўлган кислота ва бошқа химиявий моддалар таъсирига чидамли хоссаларга эга бўлган материаллар олиш мумкин.

Моддаларнинг структурасини билиш ва ўзгартириш йўли билан исталган хоссали материаллар олиш соҳасида полимерлар физикаси ва химияси буюк истиқболлар очиб беради.

### МАСАЛАЛАРГА ЖАВОБЛАР

1. 1)  $S = 120 \text{ м}$ ;  $v = 50 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ; 2)  $S_1 \approx 7,1 \text{ м}$ ;  $v \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ; 3)  $5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ;  
 4)  $\approx 15 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ . 3. 3) Массаси катта шар ўқдан 4 см узоқликда бўлади; массаси камроқ шар эса 8 см узоқликда бўлади; 5)  $v \approx 8,9 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ;  $h = 20 \text{ м}$ .
4. 1)  $v_{\text{сек}} \approx 0,084 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$ ;  $\omega_{\text{сек}} \approx 0,105 \frac{1}{\text{сек}}$ ;  $v_{\text{мин}} \approx 0,0035 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$ ;  $\omega_{\text{мин}} \approx 0,0018 \frac{1}{\text{сек}}$ ;  
 $v_{\text{соат}} \approx 0,00022 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$ ;  $\omega_{\text{соат}} \approx 0,00015 \frac{1}{\text{сек}}$ ; 2)  $\approx 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ ;  
 3)  $\omega = 0,00007 \frac{1}{\text{сек}}$ ;  $v \approx 261 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ . 5. 1) 625 мм; 2)  $z_2 = 80$ ;  
 $n_2 = 50 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ ; 3) 56,52 о. к.; 4)  $\approx 176,4 \text{ кг}$ . 7. 2)  $\approx 70,7 \text{ Г}$ ; 3) 50 гу; 4) 4 гу,  
 8. 1)  $\approx 24,8 \text{ см}$ ; 2)  $\approx 986 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}$ ; 3)  $\approx 4 \text{ см}$ ; 9 см. 9. 3) 10 см; 4)  $42^\circ 50''$ .
12. 1)  $\approx 1,2 \text{ сек}$ ; 2) 17 м; 3) 765 м; 4)  $\approx 12 \text{ м}$ ;  $\approx 8 \text{ см}$ ; 5)  $\approx 3900 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ .
17. 2)  $65^\circ$ ; 3) 0,6 л; 4) 25 л; 5)  $2 \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{ мин}}$ . 18. 1) 8500 кал; 2)  $8^\circ$ ;  
 4)  $16,8^\circ$ ; 6)  $\approx 0,12 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ ; 7)  $0,09 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ ; 8)  $650^\circ\text{C}$ ; 9)  $\approx 440 \text{ ккал}$ .
19. 1) 0,015 кг м. 3) 2989 000 к Гм; 4)  $\approx 4,8 \text{ ккал}$ ; 5)  $\approx 0,47 \text{ ккал}$ ;  
 6)  $\approx 0,45 \text{ кг}$ ; 7)  $\approx 165,6 \text{ т}$ ; 8)  $\approx 21 \text{ ккал}$ ; 9)  $\approx 6,8 \text{ т}$ . 20. 1) 0,012 м;  
 3)  $\approx 0,000036$ . 21. 1) 2 л; 2) 200 л; 3) 2,5 ат; 4) 2 ат; 5)  $\approx 1,5$ .
22. 3)  $\approx 20 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$ ; 4)  $P = 258 \text{ Г}$ ,  $D = 0,01032 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ; 5)  $0,00258 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . 23. 1)  $\approx 6,82 \text{ л}$ ;  
 2)  $\approx 649 \text{ см}^3$ ; 3)  $273^\circ\text{C}$ . 4)  $\approx 109,1 \text{ л}$ . 24. 2)  $\approx 777 \text{ мм сим. уст.}$ . 26. 2)  $\approx 5,1 \text{ л}$ ;  
 3)  $\approx 0,51 \text{ ат}$ ; 4)  $\approx 2,09 \text{ л}$ ; 5)  $\approx 605^\circ\text{K}$ ; 6)  $D_t = D_0 \frac{p}{p_0(1 + \gamma t)}$ . 27. 1) 30,2 см;  
 2)  $\approx 73,6 \frac{\text{дн}}{\text{см}}$ . 28. 1)  $\approx 9 \text{ мм}$ ,  $\approx 11,5 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$ ; 2) 0,032 кгм. 29. 2)  $\approx 8800 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ .  
 3) 62,8 кг; 4)  $\approx 4$ ,  $\approx 1,7$ . 30. 1) 800 ккал; 2) 12576 ккал; 3) 3638 ккал;  
 4) 196 ккал; 5)  $\approx 79,8 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$ ; 6) 232 ккал. 31. 1) 639 ккал;  
 2) 61,9 ккал; 4)  $537 \frac{\text{кал}}{\text{г}}$ ; 5) 719 ккал; 6) 3741,5 ккал; 7)  $\approx 14,7 \text{ кг}$ .
32.  $\approx 93,5\%$ ;  $65\%$ ;  $45,9\%$ ; 2)  $\approx 8^\circ\text{C}$ ; 3)  $\approx 75\%$ ; 4)  $43,4\%$  гача камаяди.  
 5)  $\approx 0,4 \text{ м}^3$ .
33. 1) 2385 кгм; 2) 2637 кгм; 3)  $\approx 2009,6 \text{ о. к}$ ; 4) 19,6 о. к; 5) 102 о. к;  
 6) 125,6 о. к.

## МУНДАРИЖА

### БИРИНЧИ БЎЛИМ. МЕХАНИКА (давоми)

#### I боб. Жисмларнинг эгри чизиqli ҳаракати. Айланма ҳаракат

1. Жисмнинг тезлик билан бурчак ҳосил қилиб йуналган куч таъсири остидаги ҳаракати . . . . .	3
2. Ҳаракатларнинг мустақиллиги. Горизонтал отилган жисмнинг ҳаракати . . . . .	5
3. Горизонт билан бурчак ҳосил этадиган қилиб отилган жисмнинг ҳаракати . . . . .	8
4. Айлана бўйлаб текис ҳаракат. Бурчак тезлик. Айланиш даври . . . . .	11
5. Чизиqli тезлик. Бурчак тезлик билан чизиqli тезлик орасидаги боғланиш . . . . .	12
6. Марказга интилма тезланиш . . . . .	13
7. Марказга интилма куч . . . . .	15
8. Марказга интилма куч таъсирига мисоллар . . . . .	18
9. Ньютоннинг учинчи қонунини жисмларнинг айлана бўйлаб ҳаракатига татбиqli қилиш . . . . .	23
10. Марказдан қочма механизмлар . . . . .	24
11. Қаттиqli жисмларнинг айланма ҳаракати . . . . .	26
12. Тахометр . . . . .	28
13. Уқ атрофида айланаётган қаттиqli жисмга таъсир қиладиган кучлар . . . . .	28
14. Айланишни двигателдан машина қуролга узатиш . . . . .	29
15. Ҳаракатни қайиш ёрдами билан узатиш . . . . .	30
16. Фрикцион узатиш . . . . .	31
17. Ҳаракатни тишли гилдирақлар ёрдами билан узатиш . . . . .	32

#### II боб. Тебраниш ва тўлқинлар

18. Даврий ҳаракат . . . . .	37
19. Гармоник (оддий) тебраниш . . . . .	—
20. Тебранишнинг частотаси ва амплитудаси. Тебраниш даври . . . . .	39
21. Оғирлиqli кучи таъсири остида бўлган тебранишлар . . . . .	40
22. Математик маятникнинг тебраниш қонуллари . . . . .	42
23. Тебранма ҳаракатни график усулда ёзиш . . . . .	44
24. Тебранишлар фазаси. Фазалар силжиши . . . . .	45
25. Маятник тебранганида энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланиши . . . . .	48
25. Сўнар тебранишлар . . . . .	49
27. Маятникнинг соатда қўлланилиши . . . . .	51
27а. Гармоник тебранма ҳаракатларнинг қўшиқлиши . . . . .	52
28. Мажбурий тебранишлар . . . . .	54
29. Резонанс . . . . .	—
30. Техникада резонанснинг аҳамияти . . . . .	57

31. Тўлқинли ҳаракат. Кўндаланг тўлқинларнинг ҳосил бўлиши . . . . .	57
32. Бўйлама тўлқинлар . . . . .	61
33. Тўлқин узунлиги ва тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги . . . . .	62

### III б о б. Товуш

34. Товушнинг чиқиши . . . . .	64
35. Товуш тебранишларининг оддий тури . . . . .	65
36. Товушнинг клас сификацияси . . . . .	66
37. Товушнинг тарқалиши . . . . .	—
38. Товушнинг тарқалиш тезлиги . . . . .	68
39. Музыка говушлари. Тоннинг юксаклиги . . . . .	69
40. Товушларнинг кучи ва қаттиқлиги . . . . .	70
41. Товушнинг тембри . . . . .	72
42. Товуш тўлқинларининг қайтиши . . . . .	73
43. Турғун тўлқинлар . . . . .	75
44. Турғун говуш тўлқинларини кузатиш . . . . .	76
45. Товуш резонанси ва резонаторлар . . . . .	77
46. Қулоқ физикаси . . . . .	79
47. Товушни ёзиб олиш ва қайта айтириш . . . . .	80

### IV б о б. Суюқлик ва газнинг ҳаракати

48. Босим. Босим кучи . . . . .	83
49. Суюқликнинг ҳаракатини кузатиш . . . . .	84
50. Суюқликнинг стационар ҳаракати . . . . .	85
51. Ҳаракатланаётган суюқликдаги босим . . . . .	87
52. Суюқлик оқимининг сўриш таъсири ва унван амалда фойдаланиш . . . . .	89
53. Суюқлик ва газларда ички ишқалиш . . . . .	91
54. Жисм суюқлик ва газда ҳаракат қилганда унга буладиган қаршилиқ . . . . .	93
55. Жисмнинг бутун сиртидан суюқлик ёки газнинг сирланиб ўтиши . . . . .	94
56. Кутариш кучи . . . . .	96
57. Оқар сув энергиясидан фойдаланиш . . . . .	99
58. Гидравлик двигателлар . . . . .	100
59. Шамол двигателлари . . . . .	104

### ИККИНЧН БЎЛИМ. МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА ВА ИССИҚЛИК

#### V б о б. Модда тузилишининг молекуляр-кинетик назарияси асослари

60. Молекуляр-кинетик назариянинг ривожланиши . . . . .	107
61. Броун ҳаракати . . . . .	108
62. Диффузия . . . . .	110
63. Ер атмосфераси ҳақида . . . . .	112
64. Молекуляр-кинетик назарияга асосланиб тушунтириладиган тажрибалар . . . . .	—
65. Модданинг ҳажм бирлигидаги молекулаларнинг сони. Молекулаларнинг қатталиги . . . . .	113
66. Молекулаларнинг ҳаракат тезлиги . . . . .	114
67. Молекулаларнинг тўқнашиш сони ва эркин чопиш йўлининг ўртача узунлиги . . . . .	116
68. Молекулалар орасидаги ўзаро таъсир кучлари . . . . .	116
69. Иссиқлик ҳаракати. Температура . . . . .	120

#### VI б о б. Иссиқлик ва иш

70. Молекулаларнинг ҳаракат ва ўзаро таъсир энергияси. Жисмларнинг ички энергияси . . . . .	122
71. Жисмнинг ички энергиясининг ўзгариши . . . . .	—



72. Иссиқлик миқдорининг бирлиги . . . . .	123
73. Жисмнинг иссиқлик сизими тўғрисидаги тушунча. Модданинг солиштирма иссиқлик сизими . . . . .	125
74. Солиштирма иссиқлик сизимини ўлчаш . . . . .	126
75. Иссиқлик табиатига бўлган қарашларнинг ривожланиши . . . . .	127
76. Иссиқликнинг механик эквиваленти . . . . .	129
77. Энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонуни . . . . .	132

#### VI б о б. Қаттиқ ва суюқ жисмларнинг иссиқликдан кенгайиши

78. Жисмлар ҳажмининг температурага боғлиқ бўлиши . . . . .	135
79. Қаттиқ жисмларнинг чизиқли кенгайиши . . . . .	—
80. Қаттиқ жисмларнинг ҳажм кенгайиши . . . . .	136
81. Иссиқликдан кенгайишни техникада ҳисобга олиш . . . . .	137
81 а. Терморегулятор . . . . .	139
82. Суюқликларнинг иссиқликдан кенгайиши . . . . .	—

#### VIII б о б. Газларнинг хоссалари

83. Газларнинг босими . . . . .	142
84. Газнинг ҳажми билан босими орасидаги боғланиш. Бойль — Мариотт қонуни . . . . .	144
85. Газнинг зичлиги билан босими орасидаги боғланиш . . . . .	146
86. Газ ҳажмининг температурага боғлиқ бўлиши. Гей-Люссак қонуни . . . . .	147
87. Газ босимининг температурага боғлиқ бўлиши. Шарль қонуни . . . . .	149
88. Температураларнинг абсолют шкаласи . . . . .	153
89. Газнинг ҳажми, босими ва температураси орасидаги боғланиш. Газ ҳолатининг бирлашган қонуни . . . . .	154
90. Абсолют ноль тушунчасининг физик моҳияти . . . . .	156
91. Газ тез кенгайганда ва қисилганда температурасининг ўзгариши . . . . .	—
92. Қисилган газларнинг қўлланилиши . . . . .	157

#### IX б о б. Суюқликларнинг хоссалари

93. Суюқликларда молекуляр ҳаракат . . . . .	161
94. Сирт таранглик . . . . .	162
95. Сирт таранглик коэффициенти . . . . .	163
96. Ҳўллаш . . . . .	166
97. Капиллярлик . . . . .	168

#### X б о б. Қаттиқ жисмларнинг хоссалари

98. Кристалл ва аморф жисмлар . . . . .	170
99. Фазовий панжаралар . . . . .	172
100. Қаттиқ жисмларнинг деформацияси . . . . .	173
101. Эластиклик ва пластиклик . . . . .	174
102. Деформация турлари . . . . .	176
102а. Қаттиқлик . . . . .	179
102б. Гук қонуни . . . . .	180
103. Маҳкамлик. Маҳкамлик запаси . . . . .	182
103а. Металларни ишлаш ва ишлатишда уларнинг хоссаларининг аҳамияти . . . . .	184

#### XI б о б. Модда агрегат ҳолатининг ўзгариши

104. Жисмларнинг эриши . . . . .	187
105. Солиштирма эриш иссиқлиги . . . . .	188
106. Эриш ва қотиш вақтида жисмлар ҳажмининг ўзгариши . . . . .	190

107. Металларни қуйиш . . . . .	190
108. Қотишмалар ва уларнинг техникада қўлланилиши . . . . .	193
109. Буғланиш . . . . .	195
110. Буғланиш вақтида совиш . . . . .	—
111. Тўйинтирувчи буғ . . . . .	196
112. Тўйинтирувчи буғнинг босими . . . . .	197
113. Тўйинтирувчи буғнинг босими ва зичлиги унинг ҳажмига боғлиқ булмаслиги . . . . .	—
114. Тўйинтирмайдиган буғ . . . . .	198
115. Қайнаш . . . . .	200
116. Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги . . . . .	202
117. Ҳавонинг намлиги . . . . .	204
118. Ҳавонинг намлигини топиш усуллари . . . . .	205
119. Соч гигрометр . . . . .	206
120. Август психрометри . . . . .	—
121. Критик температура . . . . .	208
122. Газларни суюлтириш . . . . .	210
123. Суюлтирилган газларнинг хоссалари . . . . .	212

## XII б о б. Иссиқлик двигателлари

124. Газнинг кенгайишда бажарган иши . . . . .	213
125. Иссиқлик двигатели. Иссиқлик двигателининг ишлаши учун зарур шартлар . . . . .	—
126. Иссиқлик двигателларининг фойдали иш коэффициенти . . . . .	215
127. Буғ машина . . . . .	216
128. Буғ қозонлари . . . . .	219
129. Буғ турбиналари . . . . .	221
130. Ички ёниш двигатели . . . . .	224
131. Ички ёниш двигатели дизель . . . . .	229
132. Реактив двигателлар . . . . .	231
133. Реактив двигателларнинг асосий турлари . . . . .	233

## И л о в а

### I. Ультратовуш ва унинг қўлланилиши

§ 1. Ультратовуш генераторлари ва приёмниклари . . . . .	238
§ 2. Ультратовушнинг қўлланилиши . . . . .	240

### II. „Бутун олам тортишиш қонуни“ темасига қўшимча ўқув материали

§ 1. Оғирлик кучининг географик кенглик ва Ер юзидан баландлигига қараб ўзгариши . . . . .	242
§ 2. Тортишиш майдони . . . . .	244
§ 3. Ернинг сунъий йўлдошлари . . . . .	246
§ 4. Вазнсизлик ҳолати . . . . .	248
§ 5. Ортиқча оғирлик . . . . .	250

### III. „Қаттиқ жисмларнинг хусусиятлари“ темасига қўшимча ўқув материали

§ 1. Металларга механик ва термик ишлов беришда уларнинг хоссалари ва структураларининг ўзгариши . . . . .	252
§ 2. Металларга йўниш йўли билан ишлов бериш . . . . .	254
§ 3. Полимерларнинг физик хоссалари ҳақида тушунча. Полимерларнинг ишлатилиши . . . . .	255

