

Н. Д. БИТЬКО

# Ф И З И К А

1- ВА 2- ҚИСМЛАР

Механика, молекуляр физика ва иссиқлик

*Русча учинчи нашридан таржима*

СССР Олий ва махсус ўрта таълим  
министрлиги сиртқи махсус ўрта  
ўқув юртлари учун ўқув қўлланмаси  
сифатида маъқуллаган

$$\frac{0 - 6 - 4 - 6}{\bar{B} - M - 353 - 06 - 73} \frac{67}{144 - 73}$$

## СЎЗ БОШИ

Ушбу қўлланма сиртқи махсус ўрта ўқув юртлари ва мустақил таълим олувчилар учун мўлжалланган; у ишлаб чиқаришдан ажралмаган ҳолда кечки техникумларда ўқиётганлар учун ҳам фойдали бўлиши мумкин.

Қўлланма тўрт қисмдан иборат. Биринчи ва иккинчи қисмларда механика, молекуляр физика ва иссиқлик асослари, учинчи ва тўртинчи қисмларда электр, оптика ва атом тузилиши назарияси баён қилинган.

Қўлланма махсус ўрта ўқув юртлари учун физикадан ҳозир амалда бўлган, СССР олий ва махсус ўрта таълим ми-нистрлигининг махсус ўрта ўқув юртлари ўқув-методика бошқармаси томонидан 1962 йилда тасдиқланган программасига тўла мувофиқ келади.

Бутун программа материали мустақил таълим олаётганлар учун тушунарли шаклда баён қилинган.

Ўқувчиларнинг билимларини кенгайтирувчи ва физиканинг техника билан боғлиқлигини кўрсатувчи кўп мисоллар келтирилган.

Қўлланмага физика курси мазмунини яхшироқ тушуниш ва билимларни мустаҳкамлашга ёрдам берадиган кўплаб масалалар киритилган. Шу мақсадда ўз-ўзини текшириш учун савол ва масалалар ҳам берилган.

Ҳамма масалаларнинг жавоблари, энг қийинлари учун эса ечишга доир кўрсатмалар берилган.

Техникумлар физика кабинетларининг типик ускуналарга мўлжалланган лаборатория ишлари учун тафсилотлар ва энг зарур физикавий катталикларнинг жадваллари ҳам берилган.

Қўлланма (русчаси) нинг иккинчи нашрини тайёрлашда Халқаро бирликлар системаси (СИ билан боғлиқ бўлган зарур тузатишлар ва қўшимчалар киритилган.

Рецензентлар Г. Д. Палеолог ва Н. А. Толстиковга чин кўнгилдан миннатдорчилик изҳор қилишни ўзимнинг шарафли бурчим деб ҳисоблайман. Уларнинг таклиф ва маслаҳатлари қўллангани ҳам илмий, ҳам методик жиҳатдан яхшилашга имкон берди.

*Автор*

Қўлланма ва унинг таржимаси ҳақидаги мулоҳазаларингизни мамнуният билан қабул қиламиз. *Бизнинг адрес: Тошкент, Навоий кўчаси, 30, „Ўқитувчи“ нашриёти, физика-математика адабиёти редакцияси.*



# КИРИШ

І БО Б

## АСОСИЙ ТУШУНЧАЛАР

### 1- §. Табиат ҳақидаги фан ва техника

Физика—табиат ҳақидаги фанларнинг бири, у модданинг тузилишини, жисмлар ҳаракати ва энергиянинг турли кўринишларини, жисмлар ўзаро таъсирининг ҳар хил турларини ўрганади ва табиатнинг барча табиийёт фанлари (табиат ҳодисалари ҳақидаги фанлар) фойдаланадиган умумий қонунларини аниқлайди. Табиат ҳодисалари ҳақидаги механика, химия, астрономия, биология, геология, ботаника ва шунга ўхшаш бир қатор фанлар ичида физика маълум даражада етакчи роль ўйнайди, чунки у материя ҳаракатининг энг умумий формалари ва уларнинг бир-бирига айланишларини ўрганади.

Физика билан баъзи табиийёт фанлари орасига кескин чегара қўйиш жуда қийин. Масалан, физика билан химия орасида кенг чегаравий соҳалар мавжуд бўлиб, шу муносабат билан физикавий химия, химиявий физика сингари фанлар юзага келди. Билимнинг турли соҳарида физика методларидан баъзи хусусий масалаларни ўрганишда кенг фойдаланиладики, бу хусусий масалалар ҳам, ўз навбатида, алоҳида фанларни ташкил этади. Бунга осмон объектларида бўладиган физикавий ҳодисаларни ўрганувчи астрофизика, ер атмосфераси ва ер қобиғида бўладиган физикавий ҳодисаларни ўрганувчи геофизика мисол бўла олади.

Табиат ҳақидаги билимлар амалий кузатишлар жараёнида, фан анча тараққий этган босқичларда эса экспериментлар йўли билан тўпланиб, кенгайиб ва аниқланиб борди.

Ҳодисаларни табиий шароитда, қандай бораётган бўлса, худди шундайлигича, аммо улар орасидаги узвий боғланишларни аниқлаган ҳолда ўрганиш *илмий кузатиш* дейилади.

Текшириладиган ҳодисаларни сунъий равишда ҳосил қилиш *тажриба* дейилади. Кузатиш билан тажриба орасидаги ўхшашлик шундаки, кузатишда ҳам, тажрибада ҳам ҳодисалар орасидаги узвий боғланишлар аниқланади.

Инсон табиат қонунларини ўрганиб, улардан техникада (саноатда, қишлоқ хўжалигида, транспортда) меҳнатни енгилаштириш ва ўз ҳаётини яхшилаш учун фойдаланади. Физика ҳозирги замон техникасининг илмий асосини ҳам ташкил қилади.

Техниканинг теплотехника, электротехника, радиотехника сингари соҳалари физиканинг тегишли бўлимлари асосида ривожланди. Ўз навбатида, техниканинг талаб ва эҳтиёжлари физиканинг янгидан-янги соҳаларини яратди, масалан, электр моторлари ва генераторларининг яратилиши ўзгарувчан ток, жумладан, уч фазали ток ҳақидаги таълимотни ривожлантирди ва ҳоказо. Физика ва техника ўзаро бир-бирини тўлдирди ва назария соҳасида ҳам, амалиёт соҳасида ҳам тараққиётга ёрдам беради. Бунга уран атомлари ядроларининг бўлиниш ҳодисасини кашф қилиниши мисол бўла олади. Бу кашфиёт техникада атом энергиясидан фойдаланиш имкониятини яратди, бу эса бошқа элементлар атомлари ядроларининг бошқа ядроларга айлантириш соҳасидаги янги кашфиётларга олиб келди.

## 2-§. Материя ва унинг ҳаракати. Физикавий ва химиявий ҳодисалар. Материянинг сақланиш қонуни

Атрофимизни ўраб турган жисмлар ўз хоссалари жиҳатидан турли-тумандир. Улар ҳажмлари, қаттиқлиги, таркиби ва бошқа хоссалари билан фарқ қилади. Бироқ бундай фарқларга қарамай, уларнинг умумий хоссалари ҳам бор. Барча жисмлар учун умумий бўлган хоссалардан бири уларнинг моддийлигидир.

„Материя“ ва „ҳаракат“ табиётнинг асосий тушунчаларидир.

Материянинг энг умумий, фалсафий таърифини В. И. Ленин берган эди: „Материя сезги органларимизга таъсир қилиб, сезги уйғотадиган нарсадир; материя биз сезгиларимиз билан идрок қиладиган объектив реалликдир“...<sup>1</sup>

Табиатда учрайдиган ҳар бир нарса *физикавий жисм* деб аталади. Юлдузлар, Ер, сув томчиси, тошлар, қум зарралари— физикавий жисмлардир. Ҳозирги замон илмий тасавурларига кўра, ҳар бир физикавий жисм зарралар (молекулалар, атомлар, бошқа зарралар) дан тузилган.

*Физикавий жисмлар тузилган ёки уларнинг зарраларида (молекулаларида ва атомларида) тўпланган материя модда дейилади.* Модда турлари уларнинг физикавий хоссалари жиҳатидан ҳам, химиявий хоссалари жиҳатидан ҳам турлича бўлади, масалан, қўрғошин никелдан, олмос шишадан фарқ қилади.

Бироқ табиатдаги ҳамма нарсани ҳам модда деб бўлавермайди. Масалан, Қуёшдан ёки Юлдузлардан келаётган ёруғлик модда эмас. Ёруғлик материянинг бошқа мавжудлик шакли бўлиб, физикада материянинг бу шакли майдон деб аталади.

Шундай қилиб, *ҳозирги вақтда материя модда (атомлар, молекулалар, уларнинг тўпламлари) ва майдон шаклида намоён бўлади.*

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14- том, 154- бет.

Физика ва табиат ҳақидаги бошқа фанлар материянинг кон-  
крет хоссалари: масса, зичлик, ёпишқоқлик (қовушоқлик) ва  
ҳоказо хоссаларини ўрганadi.

Жисмларнинг иккинчи умумий хоссаси уларнинг вақт ўтиши  
билан ўзгариши ёки ҳаракатидир.

Ҳар кунлик кузатишларимиздан биламизки, вақт ўтиши би-  
лан машиналарнинг айрим қисмлари емирилади, атрофдаги ҳа-  
вонинг температураси ўзгаради, шамолнинг тезлиги ва йўна-  
лиши ўзгаради ва ҳоказо. Қуёш ва Юлдузлар ичида материя  
бир турдан иккинчи турга айланадиган мураккаб процесслар  
доимий равишда бўлиб туради. Қисқа қилиб айтганда, *табиат-  
даги барча жисмлар вақт ўтиши билан ўзгаради.*

Табиатдаги жисмларда бўладиган ҳаддан ташқари турли-  
туман ўзгаришлар *ҳодисалар* ёки *ҳаракатлар* дейилади, улар  
икки турга: физикавий ва химиявий ҳодисаларга бўли-  
нади.

Ҳодиса рўй беришида модда ўзгармасдан қолса, бундай  
ҳодисалар *физикавий ҳодисалар* дейилади. Тошнинг тушиши,  
пўлат парчасининг (хивичнинг) бўлакларга арраланиши, музи-  
ка асбобининг товуш чиқариши, электр лампасидан ток ўтган-  
да электр лампаси толасининг қизиши, сувнинг буғланиши  
ва ҳоказолар мисол бўла олади.

Ҳодиса рўй беришида модда ўзгарадиган бўлса, бундай  
ҳодисалар *химиявий ҳодисалар* дейилади. Ёнилғининг ёниши,  
рудадан металлни эритиб олиш ва шунга ўхшашлар химиявий  
ҳодисаларга мисол бўла олади.

*Материянинг энг содда ҳаракати унинг механикавий  
ҳаракатидир. Механикавий ҳаракат жисмларнинг бир-би-  
рига нисбатан вазияти ўзгаришидир.* Табиат ва техникада  
энг кўп тарқалган ҳаракат механикавий ҳаракатдир. Ернинг  
ўз ўқи атрофида айланиши ва шу билан бирга Қуёш атрофи-  
да ҳам ҳаракатланиши аниқланган, шунинг учун Ер ва унинг  
атмосферасида бўлган барча жисмлар бу ҳаракатда қатнашади.  
Бироқ Қуёш, Юлдузлар ва Коинотдаги бошқа жисмлар ҳам  
бир-бирига нисбатан ҳаракатланади.

Механикавий ҳаракатдан ташқари материянинг бошқа—му-  
раккаброқ ҳаракатлари ҳам мавжуддир, масалан, жисмларнинг  
қизиши, буғ ҳосил бўлиш, электромагнит тўқинларининг нур-  
ланиши, радиоактивлик, атомларнинг бир-бирига айланиши ва  
ҳоказо.

Олимлар табиатни кўп асрлар давомида ўрганиб, *материя  
ҳаракатсиз яшай олмайди, ҳаракатни материядан ажра-  
тиб ва йўқ қилиб бўлмайди, яъни ҳаракат материянинг  
ажралмас хоссасидир,* деган хулосага келдилар.

Табиатдаги жисмларда қандай ўзгаришлар бўлмасин, бу  
ўзгаришлар вақт ўтиши билан жисмларнинг фазодаги вазият-  
ларининг бир-бирига нисбатан ўзгаришида содир бўлади. Бу  
тўғрида В. И. Ленин шундай деб ёзган эди: „Оламда ҳаракат

қилувчи материядан бошқа ҳеч бир нарса йўқдир, ҳаракат қилувчи материя эса фақат фазо ва вақтда ҳаракат қилади<sup>1</sup>.

Шундай қилиб, материянинг ҳаракати фазо ва вақтда бўлади, ҳаракат материянинг ажралмас хоссаси, яъни атрибутидир. Материя ҳамма вақт ва ҳамма ерда, Галактикалардан ва Қуёш системасидан тортиб атомлар ва уларнинг ядроларигача мавжуддир, у доим ҳаракатда бўлади, материясиз ҳаракат бўлмаганидек ҳаракатсиз материя ҳам бўлмайди.

Материянинг учинчи хоссаси материянинг йўқ бўлмаслиги ёки унинг абадийлигидир. 1748 йилдаёқ улуғ рус олими М. В. Ломоносов аниқ тажрибалар ёрдамида модданинг сақланиш қонунини исбот қилиб берди. Унинг моҳияти шундай: *модда йўқдан пайдо бўла олмайди ва изсиз йўқолиб кета олмайди*. Бу қонун табиатнинг асосий қонунларидан бири бўлиб, Ломоносов қонуни дейилади.

М. В. Ломоносов модданинг сақланиш қонунини шундай таърифлаган: „Табиатда бўладиган ҳамма ўзгаришлар ўз моҳияти билан шундай ҳолатдирки, бу бир жисмдан қанча нима олинса, бошқа жисмга шунча қўшилади; шундай бўладиги, агар бир жойда материя бир оз камайса, бошқа жойда шунча кўпаяди“.

М. В. Ломоносов (1711—1765)—буюк рус олими. У физика, химия, астрономия, минералогия, металлургия, метеорология, география, тилшунослик ва тарих соҳаларида шуҳрат қозонди. Физикада Ломоносов модданинг сақланиш қонунини, энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонунини кашф қилди, шунингдек иссиқлик, атмосфера электри, оптика ва бошқа соҳаларни ўрганишга доир асарлар яратди.

### **3-§. Физика предмети. Физика қонуни ва физика формуласи, гипотеза ва назария ҳақида тушунча**

Материянинг доимий ҳаракатда бўлишини аниқладик. Материя ҳаракатининг турли шакллари мавжуд бўлиб, физика уларнинг энг содда шаклларини, яъни физикавий ҳаракатларни ўрганadi. Физикавий ҳаракатларга: жисмлар ёки уларнинг қисмларининг бир-бирига нисбатан силжишидан иборат бўлган механикавий ҳаракат; молекулаларнинг тартибсиз ҳаракатидан иборат бўлган иссиқлик; электронларнинг тартибли ҳаракатидан иборат бўлган электр; электр ва магнит майдонларнинг ҳаракатидан иборат бўлган электр магнит; атом ва уларнинг ядролари таркибига кирувчи майда зарраларнинг ҳаракатидан иборат бўлган атом ички ҳаракатлари киради. Бундан ташқари, физика материянинг ва физикавий ҳаракатларнинг бир турдан иккинчи турга айланишини ҳам ўрганadi.

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Асарлар, 14- том, 188 — 189- бетлар.



Кузатиш ва тажрибалар электр ҳаракатининг механикавий ҳаракатга (электр моторида), иссиқлик ҳаракатига (электр дазмолда) айланиши мумкин эканлигини кўрсатади. Механикавий ҳаракат ишқаланишда иссиқлик ҳаракатига айланади, иссиқлик ҳаракати эса ўз навбатида механикавий ҳаракатга айланиши мумкин, масалан, автомобиль, самолёт ва бошқалардаги ички ёнуд двигателларида шундай бўлади.

Бирор физикавий ҳодисани ўрганиш учун уни бир неча марта ва турли шароитларда кузатиш керак. Кўплаб ҳодисаларни тажрибаларда кузатиш мумкин, масалан, жисмларнинг иссиқликдан кенгайиши, сувнинг қайнаши ва бугланиши, маятникнинг тебраниши, темирнинг магнитланиши ва шунга ўхшашлар. Баъзи ҳодисаларни эса фақат табиий шароитлардагина кузатиш мумкин, масалан, момақалдироқ, қутб ёғдуси, Қуёш ва Ойнинг тутилиши ва шунга ўхшашлар.

Шароитларни ўзгартириб ва ҳодисани кузатиб, ҳодисаларнинг ўзи рўй бераётган шароитларга боғланишларини аниқлашга ҳаракат қилинади, бунда ҳодисалар орасидаги ички боғланиш ва боғлиқлик аниқланади.

Физикавий ҳодисалар орасида бизнинг онгимизга боғлиқ бўлмаган ҳолда табиатда доим мавжуд бўлган ўзаро алоқадорлик ва ўзаро боғланиш *физикавий қонун* дейилади.

Олимлар физикавий ҳодисалар орасида мавжуд бўлган ўзаро алоқадорлик ва ўзаро боғланишларни янада аниқроқ билиш натижасида физикавий қонунларни кашф қиладилар.

Баъзи вақтларда физикавий қонунни ҳодисани характерловчи катталиклар орасидаги миқдорий муносабатни белгилайдиган қилиб математикавий равишда ифодалаш мумкин бўлади. Физикавий қонуннинг математикавий ифодаланишини *физикавий формула* дейилади.

Фан ҳодисалар орасидаги ўзаро алоқадорликни аниқлаш билан бирга бу алоқаларнинг сабабларини ҳам тушунтириб беради. Шу мақсадда илмий *фаразлар* ёки *гипотезалар*, яъни табиатдаги мураккаб ҳодисалар ва улар орасидаги боғланишнинг моҳиятини тушунтириб берувчи илмий асосланган назарий фаразлар илгари сурилади. Гипотезалар кўплаб янги тажрибаларда синаб кўрилади. Агар тажрибалар илгари сурилган гипотезаларни тасдиқласа, бу гипотезалар *илмий назариялар* бўлиб қолади.

#### 4-§. Физиканинг техника учун аҳамияти

Табиат ҳақидаги фанлар ичида техника тараққиёти учун физика энг катта аҳамиятга эгадир. Физика техниканинг асосидир, чунки физиканинг қонунлари техникада кўп қўлланилади: трамвайларнинг тузилиши ва ишлаши, электровозлар, самолётлар, турбиналар, кўп босқичли ракеталар, кўтариш кранлари, экскаваторлар, радио—хуллас техниканинг барча соҳасида физика кенг қўлланилади.

Физика соҳасидаги янги кашфиётлар мавжуд техниканинг яхшиланиши ёки янги техниканинг пайдо бўлишига сабаб бўлади. Техниканинг тараққиёти ўз навбатида фаннинг янада ривожланишига олиб келади.

Масалан, электромагнит тўлқинларнинг кашф қилиниши ва ўрганилиши радиотелеграфнинг, радиотелефоннинг, радиолокациянинг, радионавигация ва телевидениенинг юзага келишига сабаб бўлди.

Техниканинг бундай соҳаларининг ривожланиши электр соҳасидаги фаннинг тараққиётига ёрдам берди, бундан ўз навбатида тез ишловчи электрон-ҳисоб машиналари яратишга имкон туғилди, электрон-ҳисоб машиналари техниканинг турли соҳаларида кенг қўлланилмоқда.

Электромагнетизм ҳодисасининг кашф қилиниши электромагнит телеграф ва телефонни кашф қилинишига имкон берди. Электромагнит индукция ҳодисасининг кашф қилиниши туфайли эса электр машиналари яратилди. XIX асрнинг иккинчи ярмида электр машиналарнинг кенг ишлатилиши эса амалий электротехниканинг янада равнақ топишига олиб келди, бунинг натижасида эса электр ҳақидаги таълимот янада чуқуროқ ўрганилди.

Саноат ва транспорт учун универсал двигателга бўлган эҳтиёж туфайли буғ машинаси яратилди, бу эса иссиқлик (термодинамика ва молекуляр кинетик назария) ҳақидаги таълимотнинг юзага келишига сабаб бўлди. Иссиқлик ҳақидаги янги билимлар асосида (термодинамика билимлари асосида) двигателларнинг буғ турбиналари, ички ёнув двигателлари сингари қувватли ва тежамли турлари яратилди, улар саноатда ва транспортда кенг ишлатилмоқда.

Бу мисоллар назариянинг амалиёт билан чамбарчас боғлиқлигини исбот қилади. Амалиёт илмий назариянинг ривожланишига ёрдам беради, назария эса келгусида амалиётга нисбатан етакчи роль ўйнайди.

Совет олимлари ва кашфиётчилари ҳар бир илмий кашфиётни инсоннинг табиатни бўйсундириши учун ёрдам беришга қўлламоқдалар. Бизнинг мамлакатимизда техника тез такомиллашмоқда, бу меҳнаткашларнинг турмуш шароитларининг яхшиланишига ёрдам бермоқда. Меҳнаткашларнинг фаровон ҳаётини кўзлаб саноат, транспорт, қишлоқ хўжалиги ва аҳолининг турмуш эҳтиёжларига энергия берувчи қудратли электр станциялар қурилмоқда; каналлар, газопроводлар, автоматлашган заводлар қурилмоқда ва ҳоказо. Буларнинг ҳаммаси совет кишиларининг ҳаётини янада фаровонлаштиради.

Йигирманчи асрда физика соҳасида кўплаб муҳим кашфиётлар қилинди. Совет физикларининг энг муҳим кашфиётларидан бири ядро энергиясини амалий ҳосил қилиш усуллари ни ишлаб чиқиш ва ундан мамлакатимиз халқ хўжалигида фойдаланиш бўлди. 1954 йилдан бошлаб мамлакатимизда 5000 *квт*

қувватли жаҳонда биринчи атом станцияси ишламоқда ва 400 000 *квт* қувватли бир неча атом станцияларни қуриш бошланди. Жаҳонда биринчи „Ленин“ атом муз ёрари қурилди.

Жуда юқори температурали ва юқори босимли буғ ҳосил қилиш усулларини тадқиқ қилиш асосида бизнинг мамлакатимизда улкан қувватли буғ турбиналари қурилди, бу турбиналар 300 *ат* гача босим ва 600°С га яқин температурада ишлайди. Ҳавода жисмларнинг товуш тезлигида ва товушдан тез ҳаракатлари қонунларини ўрганиш ва реактив двигателлар соҳасида қўлга киритилган ютуқлар асосида самолётсозлик ва ракетасозликда катта муваффақиятларга эришилди. Совет самолётларида тезлик, баландлик ва учиш узоқлиги соҳасида жаҳон рекордлари ўрнатилган. Жаҳонда биринчи марта Ер сунъий йўлдошларининг, автоматик космик станцияли космик ракета-лар, космик кемалар, ичида одами бўлган Ер йўлдош кемаларининг учирилиши, автоматик станциянинг Ойга қўндирилиши, Марсга, Венерага учирилиши—буларнинг ҳаммаси Совет фани ва техникасининг ажойиб ютуғидир.

Совет физиклари, химиклари, математиклари, астрономлари ва кўплаб бошқа мутахассисларининг меҳнатлари туфайли инсоният космик фазонинг ўзлаштирилиши, инсоннинг Ойдан тортиб барча Планеталарга парвоз қилиши бўсағасида турибди. Бизнинг мутахассисларимиз автоматика, телемеханика ҳамда фан ва техниканинг бошқа соҳаларида улкан ютуқларга эришмоқдалар.

Ўта ўтказувчанлик назарияси, акустика, қаттиқ жисмларнинг мустақкамлиги ва ўта юксак босимлар физикаси соҳасида катта натижаларга эришилди.

Бироқ физиканинг аҳамияти бу билан чекланиб қолмайди. Физиканинг муваффақиятли ривожланиши фаннинг бошқа соҳаларининг тараққиётига ёрдам беради. Физикавий қонунларни билиш ва микроскоп, телескоп, спектроскоп, фотоэлемент, радио ва шунга ўхшаш турли-туман физикавий асбоблар ва қурилмаларнинг қўлланиши медицина, агрономия, химия, астрономия, метеорология ва бошқа фанларнинг ривожланишига кенг имкониятлар яратиб берди.

Модда тузилишини илмий тушунишга доир қилинган кашфиётлар туфайли физиканинг аҳамияти ҳаддан ташқари юксалди.

Буларнинг ҳаммаси ҳозирги замон физикаси табиатни ўрганивчи бошқа фанлар орасида етакчи роль ўйнашини кўрсатади.

### Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Физика фани нимани ўрганади?
2. Физикавий жисм деб нимага айтилади?
3. Модда деб нимага айтилади?
4. Ҳозирги вақтда материя қандай шаклларда намоён бўлади?

5. Материянинг ленинча таърифи қандай?
  6. Ҳодиса деб нимага айтилади?
  7. Физикавий ҳодиса деб нимага айтилади? Мисоллар келтиринг.
  8. Химиявий ҳодиса деб нимага айтилади? Мисоллар келтиринг.
  9. Механикавий ҳаракат деб қандай ҳаракатни айтилади?
  10. Қандай ҳаракатлар содда ҳаракатларга ва қандай ҳаракатлар мураккаб ҳаракатларга киради? Мисоллар келтиринг.
  11. Модданинг сақланиш қонунининг моҳияти нимадан иборат?
  12. Модданинг сақланиш қонунини М. В. Ломоносов қандай ифодалаган эди?
  13. Физика қандай ҳаракатларни ўрганadi?
  14. Физикавий қонун деб нимага айтилади?
  15. Физикавий формула деб нимага айтилади?
  16. Гипотеза нима?
  17. Назария нима?
  18. Нима учун физика техниканинг асосидир дейиш мумкин?
  19. Физика соҳасидаги кашфиётлар янги техниканинг пайдо бўлишига сабаб бўлганини қандай мисолларда кўрсатиш мумкин?
  20. Техниканинг ривожланиши физиканинг янада ривожланишига сабаб бўлганини қандай мисолларда кўрсатиш мумкин?
  21. Кейинги йилларда совет олимлари физика ва техника соҳасида қандай муҳим кашфиётлар қилдилар?
-

## ФИЗИКАВИЙ КАТТАЛИКЛАР ВА УЛАРНИ ЎЛЧАШ

### 5- §. Физикавий катталик ва ўлчаш ҳақида тушунча

Инсон ўз амалий фаолиятида энг қадим замонлардан бошлаб кўплаб турли-туман ўлчашларни бажарган. Фаннинг ривожланиши билан ўлчашнинг янги усулларини ишлаб чиқилди ва янги ўлчов бирликлари танланди. Бир ҳолда катта, яна бир ҳолда эса кичик бўлиши мумкин бўлган ҳамма нарса *катталик* деб аталади, масалан, узунлик, юз, ҳажм, оғирлик, вақт, температура ва ҳоказо.

Бирор катталикни ўлчаш деган сўз шу катталикда у билан бир жинсли бўлган ва *ўлчов бирлиги* учун қабул қилинган бошқа катталикнинг неча марта бор эканлигини аниқлаш демакдир.

5 м каттами ёки 5 кг каттами, бундай таққослаш мумкин эмас. Бу катталиклар бир жинсли эмас. Фақат бир жинсли катталикларнигина, масалан, бирор жисмнинг узунлигини иккинчи жисмнинг узунлиги билан, бирор жисмнинг ҳажмини бошқа жисмнинг ҳажми билан таққослаш мумкин.

Физикавий жисмлар, майдонлар ва физикавий ҳодисаларнинг баъзи хоссаларини характерловчи катталиклар *физикавий катталиклар* дейилади. Масалан, жисмнинг оғирлиги, температураси, ҳаракат тезлиги, иши, қуввати ва ҳоказо—буларнинг ҳаммаси физикавий катталиклардир.

### 6- §. Куч ҳақида тушунча Жисмнинг оғирлиги.

#### Масса ҳақида тушунча

Агар жисмга бошқа жисм таъсир қилмаса, жисм ўз ўрнидан силжимади, яъни жисм тинч туради. Масалан, столдаги темир шарчани итариб юбормагунча ёки магнитни яқинлаштирмагунча, ўз ўрнидан қўзғалмайди. Бу ҳолларда шарчага бошқа жисмлар: одамнинг қўли, магнит таъсир қилади. Шарча ҳаракатга келади, бирор вақт ҳаракатда бўлади, сўнгра шарча ва стол сиртлари орасидаги ишқаланиш туфайли ҳаракатдан тўхтайдди. Жисмга таъсир қилиб, унинг ҳаракат тезлигини ўзгартирадиган ҳар қандай таъсир *куч* деб аталади.

Жисмни итарар эканмиз, қўлларимизнинг мускуллари зўриқади, бинобарин, биз жисмга таъсир қилаётган мускул зў-

риқиши кучдир, магнитнинг темирга таъсири ҳам кучдир. Столга ишқаланиш столда сурилаётган ёки думалаётган жисми тўхтатади, бинобарин, ишқаланиш ҳам кучдир.

Куч жисмга таъсир қилиб фақат унинг тезлигини ўзгартирибгина қолмасдан, жисмнинг ўзини ҳам ўзгартириши мумкин. Масалан, горизонтал тахтага қўйилган ёки илга осилган тош тахтани эгиб ёки ипни таранглаб унга таъсир кўрсатади. Бу ерда биз жисмларнинг шакллари ёки ўлчамлари ўзгаришини кўрамиз, буни жисмнинг деформацияланиши деймиз.

Шундай қилиб, „куч жисмнинг ҳаракат тезлигининг ўзгариш сабабидир“ деган таърифга яна „куч жисмнинг деформацияланиш сабабидир“ деб қўшимча қилиш мумкин экан.

Ердан кўтарилган ва бирор нарса билан ушлаб турилмаган ҳар қандай жисм ерга тушади. Ер билан жисм орасида тортишиш кучи бўлгани учун жисм Ерга тушади (буни кейинроқ батафсил кўрамиз).

Жисмнинг Ерга тортишиш кучи жисмнинг *оғирлиги* ёки *оғирлик кучи* дейилади.

Жисмнинг оғирлиги унинг ер сиртидаги ўрни ва ердан баландлигига, яъни географик кенглик ва ердан баландлигига қараб ўзгаради. Бирор жисмнинг ҳажмида тўпланган модда миқдори *жисмнинг массаси* дейилади.

Жисм қаерда бўлмасин, Ернинг сиртидами ёки Ер сиртидан узоқдами, ундаги модда миқдори ўзгармайди, шунинг учун жисмнинг массаси унинг фазода эгаллаган ўрнига боғлиқ эмас.

## **7- §. Узунлик, масса, куч ва вақтнинг ўлчов бирликлари**

Халқаро алоқаларнинг ривожланиши ўлчовларнинг ягона халқаро системасини белгилашни талаб қилди, бундай ягона система товар алмашилишидаги ва илмий кашфиётлар алмашилишидаги ноқулайликларни бартараф қилган бўлур эди.

1889 йилда Парижда ўтказилган ўлчов ва тарозилар Халқаро конференциясининг қарорига мувофиқ асосий ўлчов бирликлари сифатида узунлик, масса ва вақт қабул қилинди.

*Узунлик бирлиги қилиб метр (м)* қабул қилинган. Дастлаб метр Париж меридианининг қирқ миллиондан бир улушига тенг деб олинди. Узунлик бирлиги учун бундай аниқланган бирликни танлашда унинг табиатдаги бирор ўзгармас объект билан боғлиқ бўлишига ва ундан нусха олиш осон бўлишига аҳамият берилди. Кейинроқ маълум бўлдики, ўлчашлардаги доимий католикларнинг мавжудлиги ва Ер шакли ҳақида аниқ маълумотларнинг бўлмаганлиги туфайли қайта ўлчашларда метрдан аниқ нусха олиш мумкин эмас экан. Шунинг учун асосий узунлик бирлиги сифатида 1960 йилгача иридийли платинадан қилинган халқаро прототипдаги 0°С температурада чизилган икки чизиқ орасидаги масофа сифатида

аниқланган метрни қабул қилишга шартлашилди. Метрнинг бу прототиби Севр шаҳрида ўлчов ва тарозилар Халқаро бюросида сақланади.

СССРда метрнинг иложи борича аниқ қилиб платина ва иридий қотишмасидан тайёрланган иккита намунаси бsr, улар СССР Фанлар академияси қошидаги ўлчов ва тарозилар палатасида сақланади.

Ўлчовлар ва тарозилар бўйича 1960 йилда ўтказилган XI Бош конференция узунликнинг табиий ва емирилмайдиган эталонини ҳосил қилиш мақсадида метрнинг ёруғлик тўлқин узунлиги орқали аниқланган янги таърифини қабул қилди, унинг аниқлик даражаси ҳозирги замон метрология талабларига тўла мувофиқ келади.

Метрнинг юздан бир улуши сантиметр (*см*) дейилади, мингдан бир улуши эса миллиметр (*мм*) дейилади.

*Масса бирлиги учун* 1 килограмм (1 кг) қабул қилинган.

*Килограмм*—Севр шаҳрида ўлчов ва тарозилар Халқаро бюросида сақланадиган иридийли платинадан қилинган халқаро прототипнинг массасидир.

Килограмм масса эталони 1  $дм^3$  дистилланган сувнинг энг катта зичликка эга бўлган  $+4^{\circ}C$  даги массасидан жуда кам фарқ қилади. Шунинг учун уларни тенг деб олиш мумкин.

Килограмм массанинг мингдан бир улуши грамм масса дейилади ва 1 г деб белгиланади.

*Оғирлик (оғирлик кучи) ва куч бирлиги қилиб* Халқаро бирликлар системаси (СИ) да ньютон (*н*) қабул қилинган: ньютон— 1 кг массали жисмга 1  $м/сек^2$  га тенг тезланиш берувчи кучдир. Системага кирмайдиган бирликлар сифатида механикага, техникага доир ҳисобларда килограмм-куч (*кг*), умумий ва физикавий химияда, физикада, химиявий термодинамикага доир илмий адабиётларда дина (*дина*) қабул қилинган.

Одамлар *вақтни* жуда қадим замонлардаёқ ўлчаган эдилар. Вақт ўлчов бирлиги қилиб сутка олинар эди. Күёшнинг горизонт устида бирдай вазиятни олган икки кетма-кет вақти орасидаги, масалан, кетма-кет икки тушликлар орасидаги вақт оралиги күёш суткаси дейилади.

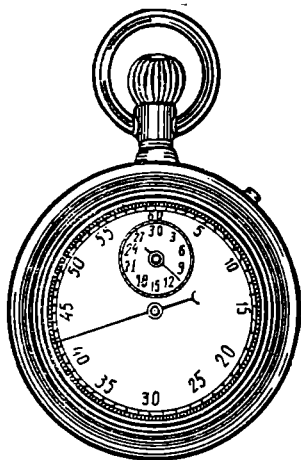
Бироқ күёш суткасининг катталиги йил давомида ўзгариб туради (бу Ернинг Күёш атрофидан ҳаракатланишига боғлиқ), шунинг учун күёш суткаларининг бир йиллик ўртача арифметик қиймати олинади. Бундай ўртача күёш суткалари 24 соатга, соат 60 минутга, минут эса 60 секундга бўлинади:

$$1 \text{ секунд} = \frac{1}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1}{86400} \text{ ўртача күёш суткаси};$$

$$1 \text{ соат} = 3600 \text{ сек.}$$

Физикада вақтнинг асосий бирлиги секунд (*сек*) дир. Вақтни ўлчаш учун соатлар, секундомерлар (1-расм) ва бошқа асбоблар ишлатилади.

Яқин вақтларгача секунд ўртача қуёш суткасининг  $\frac{1}{86400}$  қисми деб таърифланар эди. Бироқ ўртача қуёш суткалари



1-расм. Секундомер.

$10^{-7}$  *сек* (0,0000001 *сек*) гача аниқланган, бу фан ва техниканинг ҳозирги тараққиётида мутлақо етарли эмас. Ўлчов ва тарозилар бўйича XI Бош конференция вақтнинг асосий бирлиги сифатида секунднинг янги таърифини тасдиқлади: секунд эфемерид вақти билан тропик йилнинг 1900 йил 0 январи соат

12 нинг  $\frac{1}{31\,556\,925,9747}$  улушига тенг.

Вақтнинг таърифи Ернинг Қуёш атрофидан айланиши—тропик йил, яъни кетма-кет икки бақорги тенгкунликлар орасидаги вақт оралиги билан аниқланади. Тропик йилнинг доимий эмаслигини (у ҳар юз йилда 0,5 *сек* га камаяди) назарга олиб, муайян йил, яъни XX асрнинг бошланишига мос келувчи „1900 йил 0

январь соат 12<sup>о</sup> олинган, бу 1899 йилнинг 31 декабрь туш вақтига тўғри келади.

Эфемерид вақти деб Ойнинг ва бошқа осмон жисмларининг ҳаракати асосида белгиланадиган ва Ернинг айланиш тезлиги ўзгаришларига боғлиқ бўлмаган текис ўтувчи вақтга айтилади.

Секунднинг бу янги таърифи секундни эски секунднинг кейинги 300 йил давомидаги ўртача қийматига тенглайди. У янги вақт бирлигини киритмайди, бироқ табиий эталондан янада аниқроқ,  $10^{-10}$  *сек* (0,0000000001 *сек*) гача аниқликда фойдаланишга имкон беради.

## 8-§. Жисмнинг массаси ва оғирлиги орасидаги боғланиш

Жисмнинг 1 *кг* массаси ва унинг 1 *кГ* оғирлиги 45° кенглик ва денгиз сатҳида сон жиҳатидан тенгдир. Бироқ бундан жисмнинг массаси ва оғирлиги тенг қийматли тушунчалардир деган маъно келиб чиқмайди.

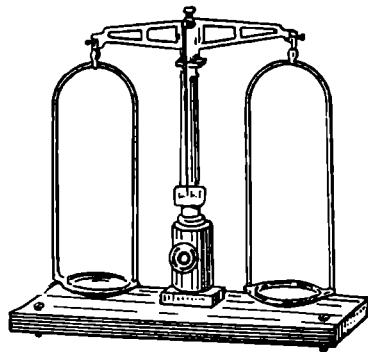
Масалан, 1 *кг* массанинг оғирлиги экваторда 0,997 *кГ*, кутбда 1,004 *кГ*, Ленинградда 1,0013 *кГ*, Москвада 1,0009 *кГ*, Тбилисида 0,0995 *кГ*, Ер сиртидан 10 *км* баландликда 0,996 *кГ* га тенг бўлади.



Оғирликнинг бундай кичик ўзгаришларини жуда сезгир пружинали тарозилар ёрдамидагина пайқаш мумкин. Амалда бу ўзгаришларни назарга олмаслик мумкин.

Жисмнинг массасини Ернинг исталган жойида шайинли тарози ёрдамида (2-расм) ўлчаш мумкин, чунки жисмнинг оғирлиги қандай ўзгаришидан қатъи назар унинг массаси ўзгаришсиз қолади.

Агар Ернинг бирор жойида жисм билан тошнинг шайинли тарозидида мувозанатига эришилса, бу мувозанат Ернинг ихтиёрий жойида ҳам сақланади, чунки жисмнинг оғирлиги ва тарози тошининг оғирлиги бирдай ўзгаради. Шундай қилиб, шайинли тарозиларда жисмнинг массасини аниқлаш учун жисмнинг оғирлиги билан массаси аввалдан маълум бўлган тошнинг оғирлиги тенглигига эришиш керак.



2-расм. Техникавий тарози.

Бинобарин, массани ўлчаш оғирликларни ўлчашга олиб келади. 1 кг массанинг оғирлигини оғирлик бирлиги учун қабул қилишга шартлашилган ва бу бирлик ҳам 1 килограмм деб аталади (1 кг деб ёзилади). Бу деган сўз масса ва оғирлик бирликларини бундай танлашда жисмнинг массаси унинг оғирлигига сон жиҳатдан тенгдир, масалан, жисмнинг оғирлиги 20 г бўлса, унинг массаси ҳам 20 г бўлади.

Бироқ ҳамма вақт шуни эсда тутиш керак: жисмнинг оғирлиги унинг Ер билан ўзаро таъсири натижаси бўлиб, улар марказлари орасидаги масофага боглиқ бўлади, шунинг учун географик кенглик ва Ер сиртидан баландлигига боглиқ бўлади.

Шайинли тарозилар қадимги Мисрда ҳам маълум эди, бироқ уларнинг тузилиши жуда қўлаки эди. Йирик рус олими Д. И. Менделеев (1834—1907) тарозиларнинг тузилиши ва уларда тортиш усулларини ишлаб чиқишда жуда катта иш қилди. У таклиф қилган қадоктошлар тўплами фақат бизнинг мамлакатимизда эмас, бутун дунёда ишлатилади.

## 9-§. Ўлчов бирликлари системалари

Турли физикавий катталикларни (масса, оғирлик, вақт ва шу кабиларни) ўлчаш учун тегишли бирликлар керак.

Асосий ўлчов бирликлари халқаро келишувга мувофиқ белгиланади. Асосий бирликларни қўллаш йўли билан формула-

82058

лардан чиқарилган бирликлар *ҳосилавий* (асосий бирликлардан ҳосил қилинган) бирликлар дейилади. Асосий бирликларнинг улар қатнашган ҳисоблаш формулаларидан чиқарилган *ҳосилавий* бирликлар билан йиғиндиси физикавий катталикларнинг *ўлчов бирликлари системаси* дейилади.

Бирликларнинг тўртта системаси (ГОСТ 7664—61) белгиланган: 1) физикавий бирликлар системаси, 2) амалий бирликлар системаси, 3) техникавий бирликлар системаси ва 4) халқаро система (СИ системаси).

*Физикавий бирликлар системасида* асосий бирликлар узунлик бирлиги (*см*), масса бирлиги (*г*), вақт бирлиги (*сек*). Бу система қисқача „СГС системаси“ деб (сантиметр, грамм-масса, секунд) аталади.

Амалий бирликлар системасида асосий бирликлар узунлик бирлиги (*м*), масса бирлиги (*кг*), вақт бирлиги (*сек*) дир. Бу система қисқача „МКС система“ (метр, килограмм-масса, секунд) деб аталади.

МКС системаси халқаро бирликлар системаси (СИ) нинг бир қисмидир. СИ системасининг асосий бирликлари: узунлик бирлиги—метр (*м*), масса бирлиги—килограмм (*кг*), вақт бирлиги—секунд (*сек*), температуралар фарқи бирлиги—Кельвин градуси ( $^{\circ}\text{K}$ ), ток кучи бирлиги—ампер (*а*), ёруғлик кучи бирлиги—шам (*ш*).

Бирликларнинг бу ягона системаси СССРнинг Давлат стандарти (ГОСТ 9867—61) сифатида тасдиқланган ва 1963 йилнинг биринчи январидан асосан шу система қўлланилади.

Техникавий бирликлар системасида узунлик бирлиги (*м*), оғирлик ёки бошқа ихтиёрий куч бирлиги (*кГ*), вақт бирлиги (*сек*) қабул қилинган. Бу система қисқача „МКГСС“ системаси дейилади (метр, килограмм-куч, секунд).

Ҳосилавий бирликларни белгилаш учун асосий бирликлар устида баъзи математикавий амалларни бажаришга тўғри келади. Масалан, сирт бирлигини аниқлаш учун томонлари узунлик бирлигига тенг бўлган квадрат олиб, уни иккинчи даражага кўтариш керак. Физикавий системада юза бирлиги  $1 \text{ см}^2$  дир. Амалий ва техникавий системаларда юз бирлиги  $1 \text{ м}^2$  бўлади. Ҳажм бирлигини аниқлаш учун қирралари узунлик бирлигига тенг куб олиб, бу бирликни учинчи даражага кўтариш керак. Физикавий системада ҳажм бирлиги  $1 \text{ см}^3$ . Амалий ва техникавий системаларда ҳажм бирлиги  $1 \text{ м}^3$ .

Шундай қилиб, биз бир неча бирликлар системалари бор эканлигини аниқладик. Бироқ масалалар ечиш ва турли ҳисобларни бажаришда ҳисобни қайси системада олиб боришимиз аввалдан белгилаб олишимиз керак. Барча маълумотларни танланган система бирликларига ўтказгандан кейингина ҳисоблашни бошлаш керак.

Ҳисоблашда бошқа бирликларни ҳам қўллаш мумкин, би-

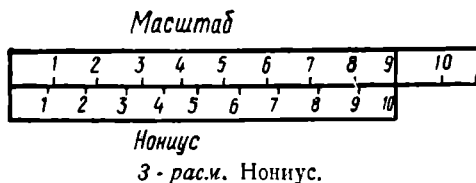
роқ шуни назарда тутиш керакки, агар бир жинсли катталиклар турли бирликларда ифодаланган бўлса, улар устида амаллар бажариш мумкин эмас.

## 10- §. Ўлчашлар

1. Масштаб. Ўлчашни бошлашдан аввал асбоб шкаласидаги бўлимлар қийматини аниқлаб олиш зарур. Ўлчанадиган физикавий катталиқнинг асбобнинг шкаласидаги бир бўлимга тўғри келган ўлчов бирликлари сони бўлим қиймати дейилади.

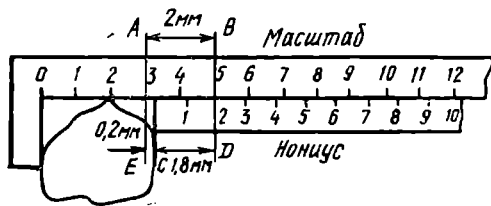
Жисмларнинг чизиқли ўлчамларини ўлчаш учун энг содда асбоб ўлчаш чизғичи ёки масштабдир. Масштабда узунликни 1 мм гача аниқликда ўлчашга имкон берувчи сантиметрли ва миллиметрли бўлимлар чизилган.

2. Нониус. Унча катта бўлмаган чизиқли ўлчамларни (узунлик, кенглик, қалинлик, диаметр) 0,1 мм гача аниқликда ўлчаш учун нониусдан фойдаланилади (3 - расм). У масштаб



бўйлаб силжитиш мумкин бўлган кичик чизғичдан иборат. Нониусда умумий узунлиги 9 мм бўлган 10 та тенг бўлимлар чизилган, демак, нониуснинг бир бўлими 0,9 мм га тенг. 4-расмда ўлчанаётган жисм ва нониуснинг жойлашиши кўрсатилган. Жисмнинг ўлчанаётган узунлигидаги бутун миллиметрлар сони 3 га тенг эканлиги расмдан кўриниб турибди. Қолган қисми  $EC = AB - CD = 2 \text{ мм} - 1,8 \text{ мм} = 0,2 \text{ мм}$ . Жисмнинг узунлиги 3,2 мм га тенг. Миллиметрнинг ўндан бир улушлари тезроқ ва осон топилиши учун нониуснинг иккинчи штрихи масштаб штрихларидан бири билан (бизнинг ҳолда 5-штрих билан) устма-уст тушганига аҳамият берайлик, бинобарин, миллиметрнинг бутун сонлари устига миллиметрнинг ўндан икки улушини қўшиш керак. Санашда шундай қоидадан фойдаланилади: миллиметрнинг ўндан бир улушлари сони нониуснинг масштабдаги бирор штрих билан устма-уст тушган штрихнинг тартиб номерига тенг.

3. Штангенциркуль. Масштаб билан бевосита бирлаштирилган нониус штангенциркуль дейилади. Штангенциркуль завод ва лабораторияларда кенг қўлланилади, чунки у билан машина ва механизмларнинг кичик деталлари ўлчамларини ўлчаш осон. Нониуснинг биз юқорида тавсифлаган ясалишида ўлчаш аниқлиги 0,1 мм га тенг, бироқ нониусни бошқача ясаб,

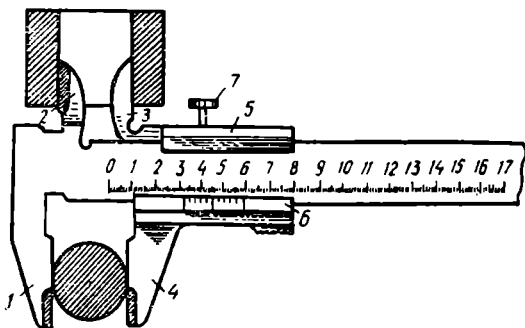


4- расм. Жисм узунлигини нониус ёрдамида ўлчаш.

штангенциркуль билан 0,05—0,02 мм гача аниқликда ўлчаш мумкин.

Штангенциркулнинг тузилиши ва унинг ёрдамида қандай ўлчаш намунаси 5-расмда кўрсатилган. Қўзгалмайдиган иккита ўлчаш 1 ва 2 оёқчалари бевосита масштаб билан бирлашган. Қолган иккита ўлчаш 3 ва 4 оёқчалари эса 6 чеккаси йўнилган 5 сургичга бирлашган, сургич бўйлаб нониус бўлимлари чизилган. Масштабнинг орқа томонида узунасига ариқча қилинган. Унда чуқурликни ўлчагич (расмда кўрсатилмаган) ҳаракатланади. У сургичга маҳкамланган ингичка планкадан иборатдир. Сургич 7 винт билан маҳкамланади.

1 ва 4 оёқчалар бир-бирига зич тақалганда нониус ва масштабнинг нолинчи штрихлари устма-уст тушади.



5 - расм. Штангенциркуль.

Штангенциркуль билан ўлчашда шундай қоидадан фойдаланилади: масштабнинг нониуснинг нолинчи штрихига энг яқин бўлими ўлчанаётган узунликдаги бутун миллиметрлар сонини, нониуснинг масштабдаги бирор бўлим билан устма-уст тушган бўлими эса миллиметрнинг ўндан бир улушлари сонини кўрсатади.

Масалан, пўлат шарчанинг диаметрини ўлчашда нониуснинг нолинчи чизиги масштабнинг 31 штрихи орқасида жойлашган, нониуснинг 3-чизиги эса масштабнинг 40 бўлими билан мос келади. Бу ҳолда шарчанинг диаметри 31,3 мм бўлади.

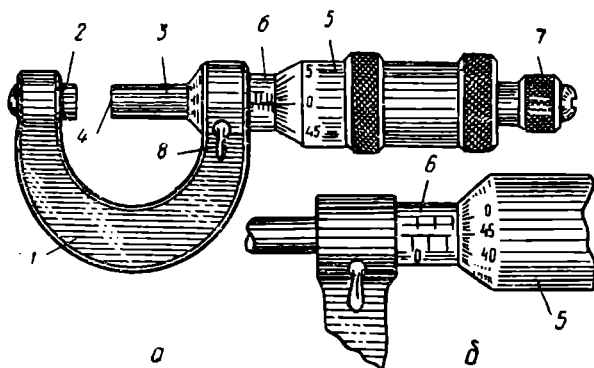
4. Микрометр. Аниқ механизмларнинг турли деталларини тайёрлашда миллиметрнинг юздан бир улушигача аниқликда ўлчашга тўғри келади, ана шундай ҳолларда микрометрдан фойдаланилади (6-а ва б расм). Микрометр 1 скобадан иборат бўлиб, у микрометрнинг корпуси бўлиб хизмат қилади. Скобанинг бир томонидан қўзғалмас ўлчов текислиги 2 жойлашган бўлиб, иккинчи томонига гайка ўйилган. Гайка орқали учига қўзғалувчан ўлчов текислиги 4 ўрнатилган 3 винт ўтган. 5 гильзани юритиб винт силжитилади. Гильзада айлана бўйлаб одатда 50 та тенг бўлимлар бўлади. Гильза бир марта тўла айланганда винт 0,5 мм силжийди. Агар гильзани бир бўлимга буралса, винт 50 марта кичик масофага силжийди, яъни

$$0,5 \text{ мм} : 50 = 0,01 \text{ мм}$$

масофага силжийди.

Винт йўли бўйлаб 0,5 мм бўлимларга бўлинган 6 горизонтал тўғри чизиқ чизилган. Ўлчов текисликлари ўзаро бир-бирига текканда, масштабнинг нолинчи бўлими билан гильзанинг нолинчи бўлими устма-уст тушади.

Микрометр билан ўлчашда винтни ўлчов текисликларга ҳаддан ташқари кучли босиш натижасида хатоликлар бўлиши



6- расм. Микрометр.

мумкин. Бу камчиликни бартараф қилиш учун микрометрнинг махсус қурилмаси—7 пармаси бор. Текисликларнинг буюмга босими маълум катталиқка етгач, парма салт айлана бошлайди. Микрометр керакли ўлчамга етгач, уни шу вазиятда 8

тормоз бурғичи ёрдамида маҳкамлаб қўйилади (бу иш эҳтиёт-корлик билан бажарилади), сўнгра эса жисмнинг ўлчами аниқланади.

Масштабнинг гильза айланасига энг яқин бўлими ўлчанаётган узунликда бўлган бутун ярим миллиметрлар сонини, гильза айланасининг масштабдаги чизиқ билан уст-ма-уст тушган бўлими эса бутун ярим миллиметрлардан ортиқ бўлган миллиметрнинг юздан бир улушлари сонини билдиради.

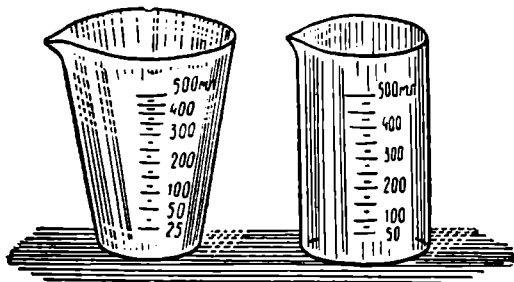
Масалан, 6-б расмда гильза поядан 2 та бутун бўлим ва яримта бўлимни очган ва гильза лабидаги бўлимлардан 45 тасига бурилган. Бинобарин, 2 қўзғалмас текислик ва 4 қўзғалувчан ўлчов текислиги орасидаги масофа (ўлчанаётган узунлик) қуйидагига тенг бўлади:

$$2 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм} + 0,45 \text{ мм} = 2,95 \text{ мм.}$$

5. Ҳажми ўлчаш. Ҳажм бирлиги бўлиб  $1 \text{ м}^3$  хизмат қилиши мумкин:

$$1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ дм}^3 = 1\,000\,000 \text{ см}^3.$$

Ноаниқ шаклдаги унча катта бўлмаган қаттиқ жисмларнинг ҳажмини ўлчаш учун мензуркалардан фойдаланилади (7- расм).



7- расм. Ўлчов мензуркалари.

Агар жисмларнинг шакли тўғри бўлса, уларнинг ҳажмларини ўлчаш учун геометриядан маълум бўлган формулалардан фойдаланилади. Масалан, узунлиги  $a$ , кенглиги  $b$ , баландлиги  $h$  бўлган параллелепипеднинг ҳажмини

$$V = abh$$

формуладан ҳисоблаш мумкин.

Цилиндрнинг ҳажми

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

формуладан ҳисобланилади, бу ерда  $V$  — ҳажм,  $d$  — диаметр,  $h$  — баландлик,  $\pi$  (грекча ҳарф „пи“) тахминан 3,14 га тенг. Масалан, цилиндрнинг диаметри 2 см га, унинг баландлиги 3 см га тенг бўлса, цилиндрнинг ҳажми

$$V = \frac{3,14 \cdot (2 \text{ см})^2 \cdot 3 \text{ см}}{4} = \frac{3,14 \cdot 4 \text{ см}^2 \cdot 3 \text{ см}}{4} = 9,42 \text{ см}^3.$$

Шарнинг ҳажми қуйидагига тенг:

$$V = \frac{\pi d^3}{6}.$$

Масалан, агар шарнинг диаметри 3 см га тенг бўлса, унинг ҳажми

$$V = \frac{1}{6} \cdot 3,14 (3 \text{ см})^3 = \frac{1}{6} \cdot 3,14 \cdot 27 \text{ см}^3 = 14,13 \text{ см}^3.$$

6. Шайинли тарози. Қандай ясалишига қараб шайинли тарозилар (2-расмга қаранг) жисмларнинг массасини 0,1—0,01 г гача аниқликда ўлчашга имкон беради (максимал юк 1 кг гача бўлганда). Жисмнинг массасини ўлчашда уни тарозининг чап палласига қўйилади, чунки ўнг палласига тарозини мувозанатга келтириш учун қадоқ тошлар танланади. Қадоқ тошлар массанинг асосий эталонларига мувофиқ тайёрланади. Агар тарози мувозанатлашган бўлса, у ҳолда жисмнинг массаси тошларнинг массасига тенг бўлади.

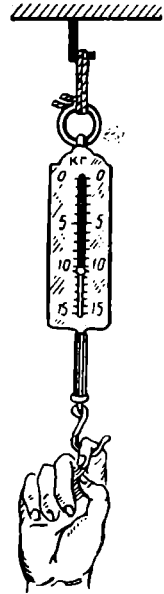
Кундалик ҳаётда шайинли тарозида жисмнинг оғирлиги ўлчанади. Лекин аслида бундай эмас. Масалан, 1 кг қанд ёки бошқа моддани тортишда бу модданинг Ерга тортилиш кучини (оғирлигини) эмас, балки унинг миқдорини, яъни массасини ўлчанади.

7. Динамометр. Куч жисмларни деформацияловчи сабаб эканлигини аниқлаган эдик; кучларни пружинали тарозилар — динамометрлар билан ўлчашда шу хоссадан фойдаланилади (8-расм).

Пружинани чўзувчи куч неча марта ортса, пружина ҳам шунча марта кўп чўзилади.

Оғирлик — жисмнинг Ерга тортишиш кучи. Шунинг учун пружинали тарозилар ўзларига осилган жисмларнинг оғирлигини ўлчашга имкон беради.

8. Секундомер. Жисмнинг ҳаракати бошлангандан у тўхтагунча ўтган вақт ораллигини ўлчаш деган сўз бу вақт ораллигида бошқа секунд, минут, соат деб аталган ва ўлчов бир-



8-расм. Пружинали тарозининг қўлнинг тортиш кучини ўлчашда қўлланиши.

лиги қилиб олинган вақт оралигининг неча марта жойлашишини билиш демакдир.

Лаборатория практикасида жисмлар ҳаракатланган кичик вақт ораликларини ўлчаш учун секундомер деб аталадиган асбоб ишлатилади (1-расмга қаранг). Секундомер секунднинг улушларини ҳам ўлчашга имкон беради ва унинг тузилишига боглиқ ҳолда вақтни  $0,2 \text{ сек}$  ва ундан кам аниқликда ўлчайди.

### Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Катталик деб нимага айтилади?
2. Бирор катталикни ўлчаш деган сўз нимани билдиради?
3. Физикавий катталик деб нимага айтилади? Мисоллар келтиринг.
4. Куч деб нимага айтилади?
5. Жисмнинг оғирлиги деб нимага айтилади, таърифлаб беринг.
6.  $1 \text{ кг}$  оғирлик бирлиги учун қандай оғирлик қабул қилинган,  $1 \text{ Г}$  учун-чи?
7. Агар жисми Ернинг турли кенгликларига ва турли баландликларига кўчирилса унинг оғирлиги ўзгарадими?
8. Жисмнинг массаси деб нимага айтилади?
9.  $1 \text{ кг}$  масса бирлиги учун қандай масса қабул қилинган,  $1 \text{ г}$  учун-чи?
10. Жисмнинг фазодаги вазиятини ўзгартирганда унинг массаси ўзгарадими?
11. Шайинли тарозилар қандай мақсадларда ишлатилади?
12. Нима учун жисмларнинг оғирлигини шайинли тарози ёрдамида аниқ ўлчаб бўлмайди?
13. Пружинали тарозилар қандай мақсадларда ишлатилади?
14. Нима учун жисмларнинг массасини пружинали тарозиларда аниқ ўлчаб бўлмайди?
15. Қандай жисмлар массалари жиҳатидан барабар дейилади?
16. Нима учун амалий мақсадларда жисмнинг массасини аниқлашда ҳам, оғирлигини аниқлашда ҳам шайинли тарозилардан фойдаланиш мумкин?
17. Ойда жисмнинг оғирлиги унинг Ердаги оғирлигидан 6 марта кам эканлиги аниқланган. Ойда жисмнинг массасини Ерда биз фойдаланган шайинли тарози ва ўша тошлар билан аниқлаб бўладими? Нима учун?
18. Бирликлар системаси нима ва физикада қандай бирликлар системалари қўлланилади?
19. Физикавий бирликлар системасида, амалий бирликлар системасида ва техникавий бирликлар системасида асосий бирликлар нима? СИ системасида-чи?
20. Қандай бирликлар ҳосилавий бирликлар дейилади? Физикавий ва техникавий системаларда ҳосилавий бирликларни келтириб чиқаришга мисоллар келтиринг.
21. СИ системасида вақт бирлиги қилиб нима қабул қилинган?
22. Физикада қандай вақт бирлигидан кўпроқ фойдаланилади?
23. Вақтни ўлчаш учун қандай асбоблар ишлатилади?
24. СИ системасида узунлик бирлиги нима?
25. Метрнинг эталони қандай?
26. Масштаб нима ва ундан қандай фойдаланилади?
27. Масштабда ўлчаш аниқлиги қандай бўлади?
28. Нониус нима ва у қандай тузилган?
29. Нониус ёрдамида қандай аниқликда ўлчаш мумкин?
30. Нониус билан ўлчаганда қандай қондага кўра ҳисобланади?
31. Штангенциркуль нима ва у билан қандай аниқликда ўлчаш мумкин?
32. Штангенциркуль билан ўлчашда қандай қонданан фойдаланилади?
33. Микрометр қандай тузилган ва у нима учун қўлланилади?
34. Микрометр билан қандай аниқликда ўлчаш мумкин?



35. Микрометрдан фойдаланиб ўлчаганда қандай қондадан фойдаланилади?

36. Агар микрометр гильзасини бир марта тўла айлантирсак, микрометр винти ўқ бўйлаб қанча сурилади? Ярим марта айлантирсак-чи?

1,50 марта айлантирсак-чи?

37. Қандай ҳажм бирликларини биласиз?

38. Ноаниқ шаклли унча катта бўлмаган қаттиқ жисмнинг ҳажмини қандай ўлчаш мумкин?

39. Тўғри шаклли жисмларнинг ҳажмини аниқлаш учун қандай ўлчаш керак?

40. Параллелепипед, цилиндр, шар ҳажмини аниқлаш учун қандай формулалардан фойдаланиш мумкин?

41. Агар цилиндрнинг диаметри  $d = 2$  см, баландлиги  $h = 5$  см бўлса, унинг ҳажми қанчага тенг?

42. Агар шарнинг диаметри  $d = 2$  см бўлса, унинг ҳажми қанчага тенг?

## 11-§. Зичлик ва солиштирма оғирлик

Турли моддалар олиб, улардан  $1 \text{ см}^3$  ҳажмли жисмлар тайёрласак, у ҳолда қўرғошиндан қилинган жисмнинг массаси 11,3 г, темирдан қилинган жисмнинг массаси 7,8 г, дюралюминийдан қилинган жисмники 2,7 г, дубдан қилинган жисмники 0,9 г ва пўкакдан қилинган жисмники 0,24 г келишини кўрамиз.

Бу жисмларнинг ҳажмлари бирдай ( $1 \text{ см}^3$ ), бироқ моддаларнинг массаси ҳар хил. Бирдай ҳажмдаги моддалар масса-сидаги фарқни характерлаш учун модданинг зичлиги тушунчаси киритилган.

*Модда массасининг унинг эгаллаган ҳажмига нисбати билан ўлчанадиган катталиқ модданинг зичлиги дейилади.*

Жисмнинг массасини унинг ҳажмига бўлиб, зичликни топамиз

$$D = \frac{m}{V},$$

бу ерда  $D$ —зичлик,  $m$ —масса,  $V$ —ҳажм.

Бу формулада  $V = 1$  деб олсак,  $D = m$  бўлади. Бундан модданинг зичлиги модданинг ҳажм бирлигидаги массасига сон жиҳатдан тенг бўлади деб хулоса қилиш мумкин.

СГС системасида зичликнинг бирлигини келтириб чиқарайлик. Агар  $m = 1$  г,  $V = 1 \text{ см}^3$  деб олсак, у ҳолда зичликнинг бирлиги  $1 \text{ г/см}^3$  бўлади.  $4^\circ\text{C}$  температурадаги тоза сувнинг зичлиги шундай бўлади.

Модданинг зичлигини  $\text{кг/дм}^3$  ва  $\text{т/м}^3$  ҳисобида ҳам ифодалаш мумкин, чунки касрнинг сурат ва махражини 1000 марта орттириганда касрнинг катталиги ўзгармайди.

У ҳолда, масалан, темирнинг зичлиги  $7,8 \text{ г/см}^3$  ёки  $7,8 \text{ кг/дм}^3$ , ёки  $7,8 \text{ т/м}^3$  дейиш мумкин. Айтайлик, миснинг зичлигини аниқлаш керак бўлсин. Ўлчашлар ёрдамида мис парчасининг мас-

саси 89 г, ҳажми эса  $10 \text{ см}^3$  эканлиги маълум бўлди. Миснинг зичлиги

$$D = \frac{89 \text{ г}}{10 \text{ см}^3} = 8,9 \text{ г/см}^3 \text{ бўлади.}$$

Зичликнинг  $1 \text{ кг/дм}^3$  ва  $1 \text{ т/м}^3$  бирликлари системага кирмайди бирликлардир. МКС ва СИ системаларида зичликнинг бирлиги  $1 \text{ кг/м}^3$  бўлади.

Баъзи моддаларнинг зичликлари қийматларини келтирамиз ( $\text{г/см}^3$ ,  $\text{кг/дм}^3$ ,  $\text{т/м}^3$  ҳисобда).

Қаттиқ моддалар	Сууюқликлар
Алюминий . . . . . 2,7	Бензин . . . . . 0,7
Темир . . . . . 7,8	Сув . . . . . 1,0
Жез . . . . . 8,5	Керосин . . . . . 0,82
Мис . . . . . 8,9	Нефть . . . . . 0,76
Никель . . . . . 8,8	Симоб . . . . . 13,6
Пўлат . . . . . 7,9	Спирт . . . . . 0,79
Рух . . . . . 7,2	Скипидар . . . . . 0,86
Чўян . . . . . 7,0	Эфир . . . . . 0,72

Баъзида жисмларни тарозида бевосита тортиб бўлмайди: бунда ёки тарозилар кичиклик қилиши, ёки жисмни тарозига олиб қўйиш имконияти бўлмайди. Масалан, муз тоғи, ғишт заводининг трубази ёки қурилиши керак бўлган темир йўл кўпригининг оғирлигини бевосита тарозида тортиб бўлмайди. Шунга қарамасдан, агар уларнинг ҳажмини ва ҳажм бирлигидаги оғирлигини билсак, уларнинг оғирлигини ҳисоблаб чиқариш мумкин. Бирдай ҳажмга эга бўлган жисмларнинг оғирликларидаги фарқни характерлаш учун солиштира оғирлик тушунчаси киритилади.

*Модда оғирлигининг у эгаллаган ҳажмга нисбати билан ўлчанадиган катталиқ модданинг солиштира оғирлиги дейилади:*

$$\gamma = \frac{P}{V}.$$

Бу ерда  $\gamma$  (грекча ҳарф „гамма“) солиштира оғирлик,  $P$ — оғирлик,  $V$ — ҳажм.

Бу формулада  $V=1$  деб олиб,  $\gamma = P$  эканини топамиз. Бундан модданинг солиштира оғирлиги сон жиҳатидан модданинг ҳажм бирлигидаги оғирлигига тенг экан, деб хулоса қилиш мумкин.

Солиштира оғирлик энг кўп қуйидаги бирликларда ифодаланади:

$$1 \frac{\text{Г}}{\text{см}^3}, 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ ва } 1 \frac{\text{Т}}{\text{м}^3}.$$

Солиштира оғирлик бирликлари СГС ва МКС системаларининг бирликлари эмас, чунки бу системаларнинг асосий бирликларига куч бирлиги ва, демак, оғирлик бирлиги ҳам кирмайди.

СИ системасида солиштира оғирлик бирлиги  $1 \text{ н/м}^3$ .

Бизга оғирлиги 54 Г бўлган ва 20 см<sup>3</sup> ҳажми эгаллаган алюминий парчасининг солиштирма оғирлигини билиш керак бўлсин. Алюминийнинг солиштирма оғирлиги қуйидаги бўлади:

$$\gamma = \frac{54 \text{ Г}}{20 \text{ см}^3} = 2,7 \text{ Г/см}^3 \text{ ёки } \gamma = \frac{54 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ н}}{20 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 27 \text{ 000 н/м}^3.$$

Модданинг зичлиги ва шу модданинг Ер сиртидаги солиштирма оғирлиги СГС системасида сон жиҳатидан тенг бўлади, шунинг учун масалалар ечишда иккала катталиқ қиймати ҳам битта жадвалдан топилади.

## 12-§. Ўлчашлардаги хатоликлар

Ўзунлик, диаметр, масса ва кўплаб бошқа физикавий катталиқларни ўлчашда хато қилинади ёки бошқача айтганда ўлчаш *хатоликларига* йўл қўйилади. Баъзи ҳолларда хатоликлар катта, баъзи ҳолларда кичик бўлиши мумкин, бу ўлчов асбобларининг аниқлик даражасига ва ўлчашни бажараётган кузатувчининг индивидуал хусусиятларига боғлиқ (масалан, ўлчашларни бажара олиш малакаси, кўришнинг равшанлиги, чарчашлик даражаси ва шунга ўхшаш).

Бирор катталиқни абсолют аниқ ўлчаш мумкин эмас, чунки ўлчов асбоблари идеал эмас, шунингдек бу кузатувчининг айрим хусусиятларига ҳам боғлиқ.

Катталиқнинг тақрибий қиймати унинг ҳақиқий қийматидан ортиқ ҳам, кам ҳам бўлиши мумкин, шунинг учун катталиқнинг „ҳақиқий“ қийматига эришиш учун иложи борица яқин қийматни топиш учун бир неча ўлчашларнинг ўрта арифметик қиймати олинади.

Масалан, втулканинг баландлигини штангенциркуль билан ўлчашда  $h_1 = 10,2 \text{ мм}$ ;  $h_2 = 10,1 \text{ мм}$ ;  $h_3 = 9,9 \text{ мм}$ ;  $h_4 = 9,8 \text{ мм}$ ;  $h_5 = 10,3 \text{ мм}$ ;  $h_6 = 9,7 \text{ мм}$  натижалар олинган бўлса, ўртача арифметик қиймати

$$h_{\text{ср}} = \frac{10,2 \text{ мм} + 10,1 \text{ мм} + 9,9 \text{ мм} + 9,8 \text{ мм} + 10,3 \text{ мм} + 9,7 \text{ мм}}{6} = 10 \text{ мм}$$

бўлади. Баландликнинг шу қийматини „ҳақиқий қиймати“ учун қабул қиламиз.

Ўлчанаётган катталиқнинг алоҳида ўлчаш натижаси билан унинг ўрта арифметик қиймати орасидаги фарқ *абсолют хатолик* дейилади ва  $\Delta$  ҳарфи (грекча катта „дельта“ ҳарфи) билан белгиланади.

Бизнинг мисолимизда алоҳида ўлчаш натижаси билан арифметик қиймат орасидаги фарқ  $\Delta h_1 = 10,2 \text{ мм} - 10 \text{ мм} = +0,2 \text{ мм}$ ,  $\Delta h_2 = 10,1 \text{ мм} - 10 \text{ мм} = 0,1 \text{ мм}$ ,  $\Delta h_3 = 9,9 \text{ мм} - 10 \text{ мм} = -0,1 \text{ мм}$ , шунга ўхшаш  $\Delta h_4 = -0,2 \text{ мм}$ ,  $\Delta h_5 = +0,3 \text{ мм}$ ,  $\Delta h_6 = -0,3 \text{ мм}$ .

Ўлчашлардаги абсолют хатоликларни билган ҳолда абсолют хатоликлар модуллари йиғиндиси ҳисобланади, яъни уларнинг ишораларига аҳамият бермаган ҳолда уларнинг абсолют қийматлари йиғиндиси ҳисобланади ва сўнгра модуллар-

нинг ўртача арифметик қийматлари топилади, бу қиймат ўртача *абсолют хато*  $|\Delta h_{\text{ўр}}|$  дейилади. Бизнинг мисолда

$$\Delta h_{\text{ўр}} = \frac{0,2 \text{ мм} + 0,1 \text{ мм} + 0,1 \text{ мм} + 0,2 \text{ мм} + 0,3 \text{ мм} + 0,3 \text{ мм}}{6} = \frac{1,2 \text{ мм}}{6} = 0,2 \text{ мм}.$$

Олинган ўртача абсолют хато втулка баландлигининг ўртача қийматидан катта ёки кичик томонга оғишини билдиради.

Бундан втулканинг баландлиги

$$h = h_{\text{ўр}} \pm \Delta h_{\text{ўр}} \text{ ёки } h = (10,0 \pm 0,2) \text{ мм}.$$

Ўлчаш сифатини тўла характерлаш учун ўлчашдаги *нисбий хатолик* хатолик аниқланади. *Ўлчашдаги ўртача абсолют хатоликнинг ўлчанаётган катталиқнинг ўртача қиймати*га нисбатининг *процентлардаги ифодаси ўлчашнинг нисбий хатоси дейилади*. Бу хатолик  $\delta$  ҳарфи (грекча кичик „дельта“ ҳарфи) билан белгиланади. Бизнинг мисолда

$$\delta = \frac{\Delta h_{\text{ўр}}}{h_{\text{ўр}}} = \frac{0,2 \text{ мм}}{10 \text{ мм}} \cdot 100\% = 2\%.$$

Умуман

$$\delta = \frac{\Delta \text{ўр} \cdot 100\%}{A_{\text{ўр}}},$$

бу ерда  $A_{\text{ўр}}$  — ўлчанаётган катталиқнинг ўртача қиймати,  $\Delta_{\text{ўр}}$  — ўлчашларнинг ўртача абсолют хатолиги.

Махсус ўрта ўқув юртларида физикадан лаборатория ишларини бажаришда 3 — 5% хатога йўл қўйиш мумкин.

Агар нисбий хатолик 0,5% дан ошмаса катталиқни ўлчашни анчагина сифатли дейиш мумкин.

*1- лаборатория иши. Тўғри геометрик шаклдаги қаттиқ жисм моддасининг зичлигини аниқлаш.*

**Асбоб ва ускуналар:** шайинли тарози (лаборатория тарозиси), 100 г гача қадоқ тошлар, штангенциркуль, тўғри геометрик шакли жисмлар тўплами.

## Ишнинг бажарилиши

1. Жисмнинг узунлик ўлчамларини 0,1 мм гача аниқликда ўлчанг.

2. Жисмнинг ҳажмини 0,1 см<sup>3</sup> гача аниқликда ўлчанг.

3. Жисмнинг массасини 0,1 г гача аниқликда тортиш йўли билан аниқланг.

4. Модданинг зичлигини

$$D = \frac{m}{V}$$

формуладан 0,1 г/см<sup>3</sup> гача аниқликда ҳисобланг.

5. Иловадаги 1- жадвал маълумотларидан фойдаланиб, зичликни аниқлашдаги нисбий хатоликни аниқланг.

Ўлчашлар ва ҳисоблашлар натижаларини қуйидаги жадвалга ёзинг.

Модда	Узунлиги, $a$	Кенглиги, $b$	Баланглиги, $h$	Диаметри, $d$	Ҳажми, $V$	Массаси, $m$	Зичлиги, $D$	Нисбий хатолик, % да
-------	------------------	------------------	--------------------	------------------	---------------	-----------------	-----------------	-------------------------

1- масала. Узунлиги 200 м ва диаметри 0,4 мм бўлган мис симнинг массасини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$d = 0,4 \text{ мм} = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$l = 200 \text{ м};$$

$$D = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

$$m - ?$$

Ечишнинг I усули

1. Симнинг кўндаланг кесим юзини аниқлаймиз:

$$S = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$S = \frac{3,14 \cdot (0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,16 \cdot 10^{-6}}{4} \text{ м}^2 = 12,56 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2.$$

2. Симнинг ҳажмини аниқлаймиз:

$$V = Sl;$$

$$V = 12,56 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2 \cdot 200 \text{ м} = 25,12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

3. Мис симнинг массасини аниқлаймиз:

$$D = \frac{m}{V}; \quad m = DV;$$

$$m = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 25,12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 223,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 223,6 \text{ г}.$$

Ечишнинг II усули.

1. Масалани ечиш формуласини чиқарамиз:

$$m = DV; \quad V = Sl = \frac{\pi d^2}{4} l; \quad m = \frac{\pi D^2 l}{4}.$$

2. Миснинг массасини ҳисоблаб топамиз:

$$m = \frac{8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 3,14 \cdot (0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2 \cdot 200 \text{ м}}{4} = 223,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 223,6 \text{ г}.$$

2- масала. Мис сим галтагининг оғирлиги 890 Г. Агар симнинг диаметри 1 мм, миснинг солиштира оғирлиги  $8,9 \frac{\text{Г}}{\text{см}^3}$  бўлса, симнинг узунлиги қанча?

Берилган (СИ системасида):

$$\gamma = 8,9 \frac{\text{Г}}{\text{см}^3} = 87,22 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^3;$$

$$P = 890 \text{ Г} = 8722 \cdot 10^{-3} \text{ Н};$$

$$d = 1 \text{ мм} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$l - ?$$

Ечишнинг I усули

1. Мис симнинг ҳажмини аниқлаймиз:

$$V = \frac{P}{\gamma};$$

$$V = \frac{8722 \cdot 10^{-3} \text{ Н}}{87,22 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

2. Симнинг кўндаланг кесим юзини ҳисоблаймиз:

$$S = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$S = \frac{3,14 \cdot (0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{4} = 0,00785 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

3. Симнинг узунлигини топамиз:

$$V = Sl; \quad l = \frac{V}{S};$$

$$l = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3}{0,00785 \cdot 10^{-6} \text{ м}} \approx 127,4 \text{ м}.$$

Ечишнинг II усули

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

$$V = \frac{P}{\gamma}; \quad S = \frac{\pi d^2}{4}; \quad V = Sl; \quad l = \frac{V}{S}.$$

$V$  ва  $S$  нинг қийматларини қўйиб,  $l$  нинг ифодасини келтириб чиқарамиз:

$$l = \frac{4P}{\pi d^2 \gamma}$$

2. Симнинг узунлигини ҳисоблаб чиқарамиз:

$$l = \frac{4 \cdot 8722 \cdot 10^{-3} \text{ Н}}{3,14 \cdot (0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2 \cdot 87,22 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3} \approx 127,4 \text{ м}.$$

**3-масала.** Қарағай ёғочдан қилинган тишли гилдирак моделнинг оғирлиги  $10 \text{ кг}$ . Бу моделга қуйилган чўян гилдиракнинг оғирлиги қанча? Қарағай ёғочининг солиштирма оғирлиги  $0,5 \text{ Г/см}^3$ , чўяннинг солиштирма оғирлиги  $7 \text{ Г/см}^3$  га тенг.

Берилган (СИ системасида):

$$\gamma_1 = 0,5 \text{ Г/см}^3 = 4,9 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3;$$

$$P_1 = 98 \text{ Н};$$

$$\gamma_2 = 7 \text{ Г/см}^3 = 68,6 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3.$$

$P = ?$

Ечишнинг I усули

1. Ёғоч моделнинг ҳажмини аниқлаймиз:

$$V_1 = \frac{P_1}{\gamma_1};$$

$$V_1 = \frac{98 \text{ Н}}{4,9 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3} = 0,02 \text{ м}^3.$$

2. Чўян гилдиракнинг ҳажмини ёғоч моделнинг ҳажмига тенг деб олиб, чўян гилдиракнинг оғирлигини топамиз:

$$\gamma_2 = \frac{P_2}{V_2} = \frac{P_2}{V_1}; \quad P_2 = V_2 \gamma_2;$$

$$P_2 = 68,6 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3 \cdot 0,02 \text{ м}^3 \approx 1400 \text{ Н}.$$

Ечишнинг II усули

1. Масалани ечиш формуласини чиқарамиз:

$$\gamma_1 = \frac{P_1}{V_1}; \quad V_1 = \frac{P_1}{\gamma_1}; \quad \gamma_2 = \frac{P_2}{V_2}; \quad V_2 = \frac{P_2}{\gamma_2}.$$

$$V_1 = V_2, \text{ шунинг учун } \frac{P_1}{\gamma_1} = \frac{P_2}{\gamma_2}; \quad P_2 = \frac{P_1 \gamma_2}{\gamma_1}.$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$P_2 = \frac{98 \text{ Н} \cdot 68,6 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3}{4,9 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3} \approx 1400 \text{ Н}.$$

## Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Модданинг зичлиги деб нимага айтилади?
2. Модданинг зичлиги қандай формула билан ифодаланади?
3. Физикавий бирликлар системасида зичликни ўлчаш учун қандай birlik олинади? Зичликнинг яна қандай ўлчов birlikлари бор?
4. Физикавий birlikлар системасида қандай модданинг зичлиги бирга тенг? Унинг зичлигини СИ системасида ифодаланг.
5. Ҳажмлари бир хил бўлган икки jisмдан қайси бирининг зичлиги катта бўлади?
6. Модданинг зичлигини тажриба йўли билан қандай аниқлаш мумкин?
7. Модданинг солиштирма оғирлиги деб нимага айтилади?
8. Модданинг солиштирма оғирлиги қандай формула билан ифодаланади?
9. Модданинг солиштирма оғирлигини birlikларнинг физикавий системасида ўлчаш учун қандай birlik қабул қилинади? Солиштирма оғирликнинг яна қандай birlikлари бор?
10. Қандай модданинг солиштирма оғирлиги физикавий системада бирга тенг? Унинг солиштирма оғирлигини СИ системасида ифодаланг.
11. Модданинг солиштирма оғирлигини тажриба йўли билан қандай аниқлаш мумкин?
12. Музнинг зичлиги  $0,92 \text{ г/см}^3$ . Массаси  $0,23 \text{ кг}$  бўлган муз қанча ҳажми эгаллайди?

Ж а в о б и:  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ .

13. Симобнинг зичлиги  $13,6 \text{ г/см}^3$ . Ҳажми  $200 \text{ см}^3$  бўлган симобнинг массасини аниқланг.

Ж а в о б и:  $2,72 \text{ кг}$ .

14. Узунлиги  $2 \text{ м}$ , кенлиги  $1 \text{ м}$  ва баландлиги  $1,5 \text{ м}$  бўлган яшикдаги антрацитнинг массасини аниқланг. Антрацитнинг зичлиги  $1,5 \text{ кг/дм}^3$ .

Ж а в о б и:  $4,5 \cdot 10^3 \text{ кг}$ .

15. Пўлатнинг зичлиги  $7,9 \text{ г/см}^3$ .  $125 \text{ та}$  пўлат пружиначанинг массаси  $1 \text{ г}$ . Агар пружиначанинг кўндаланг кесим юзи  $0,15 \text{ мм}^2$  бўлса, шундай битта пружинанинг узунлигини аниқланг.

Ж а в о б и:  $7 \text{ мм}$ .

16. Узунлиги  $100 \text{ м}$  ва кўндаланг кесими  $4 \text{ мм}^2$  бўлган темир симнинг оғирлиги қанча бўлади? Темирнинг солиштирма оғирлиги  $7,8 \text{ Г/см}^3$  га тенг.

Ж а в о б и:  $30,576 \text{ н}$ .

17. Пўлат рельсининг оғирлиги  $316 \text{ кг}$ . Агар рельсининг узунлиги  $8 \text{ м}$ , пўлатнинг солиштирма оғирлиги  $7,9 \text{ Г/см}^3$  бўлса, унинг кўндаланг кесим юзини топинг.

Ж а в о б и:  $0,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ .

18. Арқон (трос)  $1500 \text{ кг}$  оғирликдаги юкни кўтариши мумкин. Агар дуб дарахтидан тайёрланган тўсиннинг бўйи  $10 \text{ м}$ , эни  $0,4 \text{ м}$ , баландлиги  $0,6 \text{ м}$ , дуб дарахтининг солиштирма оғирлиги  $0,9 \text{ кг/дм}^3$  га тенг бўлса, шу арқон билан тўсинни кўтариш мумкинми?

Ж а в о б и: Мумкин эмас.

### Ш Б О Б

#### ТҰҒРИ ЧИЗИҚЛИ ҲАРАКАТ КИНЕМАТИКАСИ АСОСЛАРИ

##### 13-§. Механик ҳаракат

Табиат ҳодисаларини бевосита кузатиш материянинг ҳаракатда эканини, вақт ўтиши билан жисмлар ўзларининг фазода ўзаро жойлашишларини ўзгартиришини кўрсатади. Ҳаракатларнинг энг содда тури механик ҳаракатдир.

*Жисмнинг шартли равишда қўзғалмас деб қабул қилинган бошқа жисмларга нисбатан ҳаракати механик ҳаракат деб аталади.*

Бинолар, телеграф устунлари, дарахтлар Ер билан бирга ҳаракатланишига қарамасдан шартли равишда уларни қўзғалмас деб ҳисобланади. Трамвайлар, автомобиллар ва қўзғалмас жисмларгача бўлган масофалари ўзгараётган бошқа жисмлар ҳаракатланувчи жисмлар деб олинади.

Рандалаш станогининг тиғи шартли равишда қўзғалмас деб қабул қилинган столга нисбатан ҳаракатланади. Аксинча, агар тиғни қўзғалмас қилиб ўрнатилса, ишлов берилаётган деталь билан бирга стол ҳаракатланувчан бўлиши керак.

Баъзи юлдузларни қўзғалмас деб олинади ва уларга нисбатан ердаги ва сувдаги жисмларнинг географик кенгликлари ва узунликлари аниқланади.

Механик ҳаракатнинг таърифидан бу тушунча икки ёки ундан ортиқ жисмларга тегишли бўлиб, бир жисмга нисбатан гапирилганда маънога эга бўлмайди. Жисм тебраняптими ёки тинч турибдими деб фикр юритиш учун бу ҳаракатни ўрганишда бирор жисмни қўзғалмас деб олинади ва уни саноқ боши деб аталади.

Физиканинг жисмлар механик ҳаракатини ва нисбий тинчлик шароитларини ўрганадиган бўлими *механика* дейилади.

Механиканинг механик ҳаракатни уни юзага келтирган сабабларга, ҳаракатланувчи массаларга боғлиқ бўлмаган ҳолда ўрганадиган бўлими *кинematика* дейилади.



#### 14-§. Моддий нуқта. Моддий нуқта ҳаракатларининг классификацияси. Жисмнинг илгариланма ҳаракати

Бирор жисмнинг ҳаракатини ўрганишда баъзан унинг ўлчамларини назарга олмаслик қулай бўлади. Юлдузлар биздан жуда узоқ масофаларда тургани учун улар бизга ёруғлик сочувчи нуқталар бўлиб кўринади, ҳолбуки юлдузларнинг ўлчамлари жуда улкан.

Катта баландликларда учаётган самолёт аслида катта ўлчамларга эга бўлишига қарамай бизга кичик, нуқтавий бўлиб кўринади. Агар жисмнинг ўлчамлари жисм турган масофага нисбатан ҳисобга олмаслик даражада кичик бўлса, бундай ҳолларда жисмнинг ўлчамларини ҳисобга олмаслик мумкин. Шу асосда физикада моддий нуқта тушунчаси киритилади.

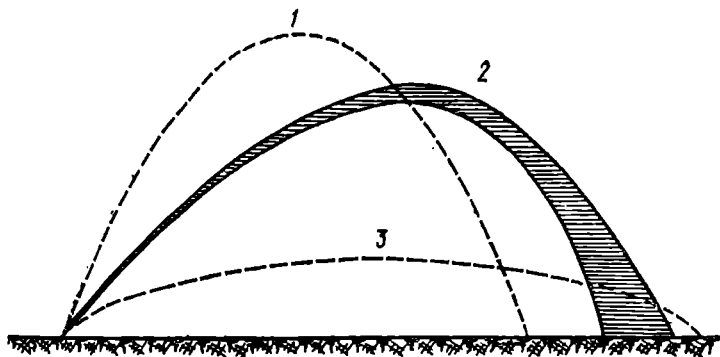
Ўлчамлари эътиборга олинмайдиган ва айна вақтда ҳамма массаси шу нуқтада тўпланган деб фараз қилинадиган жисм *моддий нуқта* дейилади.

Моддий нуқта ҳаракати маълум чизиқ бўйлаб содир бўлади, бу чизиқнинг шакли турли-туман бўлиши мумкин.

Моддий нуқтанинг ўз ҳаракатида чизган чизиги нуқтанинг *траекторияси* дейилади.

Ҳаракатланиш траекториялари шакли жиҳатидан тўғри чизиқли ва эгри чизиқли ҳаракатлар бўлади.

Тўғри чизиқли ҳаракатга соат тошининг ҳаракатини, тикув машинасидаги игнанинг ҳаракатини, насос цилиндридаги поршеннинг ҳаракатини, ички ёнув двигателидаги поршеннинг ҳаракатини мисол қилиб келтириш мумкин; эгри чизиқли ҳаракатга Ернинг Қуёш атрофидан айланиши, сув чиқаётган шлангдан Ер сиртига бурчак остида тушаётган сувнинг, тўпдан чиққан снаряднинг, горизонтга бурчак остида отилган отилган тошнинг ҳаракатини (9-расм), йўлнинг бурилиш жойида трамвайнинг



9-расм. Жисмларнинг эгри чизиқли ҳаракатдаги траекторияси:

1—отилган шарчанинг траекторияси (ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмаган); 2—шлангдан отилётган сув оқимининг траекторияси (ҳавода); 3—тўпдан чиққан снаряднинг траекторияси (ҳавонинг қаршилиги назарга олинмаган).

ҳаракатини, автоматик станцияли космик ракетанинг ҳаракатини ва бошқа ҳаракатларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Кундалик кузатишларимиздан бир жисмнинг иккинчи жисмдан тезроқ ёки секинроқ ҳаракатланишини биламиз. Масалан, ТУ-104 реактив самолёти космик ракетадан кўра секинроқ ҳаракатланади. Жисмларнинг гоҳ секин, гоҳ тезроқ ҳаракатланиши ёки ўз ҳаракатини ўзгартирмаслиги мумкин эканини биламиз. Бунга кўплаб мисоллар келтириш мумкин. Ҳаракатнинг жадаллигини характерлаш учун механикада *тезлик* деган катталик киритилади.

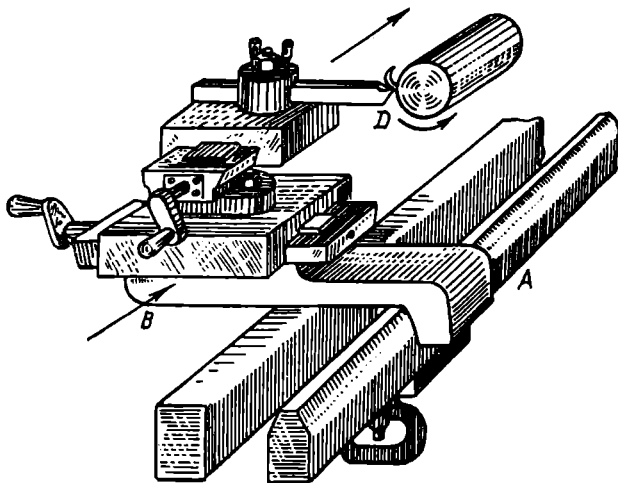
Тезлигига кўра ҳаракатларни текис, нотекис ёки ўзгарувчан ҳаракатларга ажратиш мумкин.

Агар ҳаракатланаётган жисмнинг тезлиги катталик жиҳатидан ўзгаришсиз қолса, бундай ҳаракат *текис ҳаракат* дейилади. Агар ҳаракат тезлиги катталик жиҳатидан ўзгарса, бундай ҳаракат *ўзгарувчан ҳаракат* дейилади.

Тезликнинг доимийлиги ҳақида қандай фикр юритиш мумкин?

Фараз қилайлик, биз автомобилда кетяпмиз ва спидометр стрелкаси 5 *мин* ҳаракат давомида циферблатнинг бир вазиятида турибди ва ўз вазиятини ўзгартирмади. Бу вақт давомида автомобиль 3 *км* масофани ўтди дейлик. Спидометрнинг кўрсатишлари доимий бўлгани учун тезликнинг сон қиймати 5 минут давомида ўзгармади.

Демак, ҳар бир минутда автомобиль 600 *м* дан, 1 *сек* давомида 10 *м* дан, 0,1 *сек* да 1 *м* дан, 0,01 *сек* да 0,1 *м* дан, 0,001 *сек* да 0,01 *м* дан йўл ўтди ва ҳоказо.



10-расм. Токарлик станогиниң суппорти схемаси.

*Агар моддий нуқта тенг вақт ораликлари давомида тенг масофалар ўтса, моддий нуқтанинг бундай ҳаракати текис ҳаракат дейилади.*

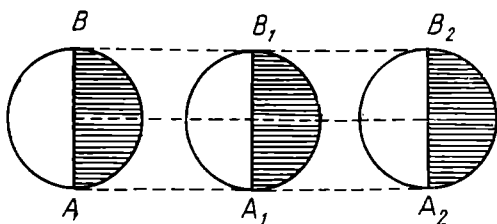
Телеграф лентасининг ҳаракати, заводдаги конвейер лентасининг ҳаракати, метронинг ҳаракатланувчан зинаси (эскалатор) нинг, токарлик станогини тигининг ҳаракати (10-расм), электровознинг тўғри йўлдаги ҳаракатини текис ҳаракат дейиш мумкин.

*Агар моддий нуқтанинг ихтиёрий тенг вақт ораликларида ўтган масофалари тенг бўлмаса, унинг бундай ҳаракати нотекис ҳаракат дейилади.* Самолёт, трамвай, автомобилнинг узоқ масофалардаги ҳаракати, жисмларнинг Ерга тушиши нотекис ҳаракатдир. Йўлнинг бир участкасида бу жисмлар тезроқ, бошқа участкаларида секинроқ ҳаракатланади.

Жисмларнинг шундай ҳаракатланиш ҳоллари ҳам бўладики, бунда уларнинг ўлчамларини назарга олмаслик ва моддий нуқталар деб ҳисоблаш мумкин эмас. Бундай ҳолларда жисм кўп миқдордаги моддий нуқталарнинг йиғиндиси бўлиб, унинг алоҳида нуқталарининг бир-бирига нисбатан ҳаракатлари ўрганилади.

Жисмлар илгариланма ва айланма ҳаракатда бўлиши мумкин.

Ҳаракатланаётган жисмнинг икки нуқтасини бирлаштирувчи ҳар қандай тўғри чизиқ ўз-ўзига параллел силжиса, жисмнинг бундай ҳаракати *илгариланма ҳаракат* дейилади (масалан, 11-расмдаги *A* ва *B* нуқталар).



11-расм. Дискнинг илгариланма ҳаракати.

Автомобиль кузовининг йўлнинг тўғри қисмидаги ҳаракати, бўйлама рандалаш станогини столининг тигига нисбатан ҳаракати ва шунга ўхшашлар илгариланма ҳаракатга мисол бўлади.

Илгариланма ҳаракатда жисмнинг барча нуқталари бирдай ҳаракатланади. Улар шакли ва узунлиги бирдай бўлган траекториялар чизадилар. Шунинг учун бутун жисмнинг илгариланма ҳаракатини характерлаш учун унинг қандайдир бирор нуқтаси қандай ҳаракатланаётганини билишнинг ўзи кифоя қилади.

Табиатда ва техникада жисмларнинг айланма ҳаракати ҳам учраб туради, масалан, Ернинг ўз ўқи атрофидан суткалик айланиши, соатлардаги стрелкаларнинг ҳаракати, шкивнинг айланиши, маховик, чарх тошининг айланиши ва шунга ўхшаш ҳаракатларни унга мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Жисмнинг айланма ҳаракатида унинг ҳар бир нуқтаси айлана чизади.

Барча айланаларнинг марказлари айланиш ўқи деб аталган бир тўғри чизиқда ётади.

### 15-§. Тўғри чизиқли текис ҳаракат. Бундай ҳаракатнинг тезлиги. Тезлик бирликлари

Ҳар қандай ҳаракатда ҳам биз моддий нуқтанинг муайян вақт оралиги давомида бирор масофага силжишини кузатамиз, бунда масофа ва вақт шартли равишда ҳисобнинг бошланиши, яъни ҳисоб (саноқ) жисми деб олинган бирор жисмга нисбатан ҳисобланади. Бунда нуқта турлича ҳаракатланиши мумкин: дастлаб вақтнинг тенг ораликларида, масалан, биринчи 2 секундда ҳар секундда ўтилган масофа ортади, сўнгра 4 секунд давомида ўзгармаслиги ва охириги 2 секундда ўтилган масофа камайиши мумкин.

Бу мисолдан шундай хулоса қилишимиз мумкин: ҳаракатнинг бошида нуқта *тезланувчан* ҳаракат қилган, кейин *текис* ва ҳаракатнинг охирида *секинланувчан* ҳаракат қилган.

Шундай қилиб, *тўғри чизиқли текис ҳаракатда моддий нуқта ихтиёрий тенг вақт ораликларида тўғри чизиқ бўйлаб тенг масофалар ўтади.*

Самолёт ёки пароход берилган курс бўйлаб бирмунча вақт давомида, поезд горизонтал ва тўғри чизиқли темир йўл участкасида, токарлик станогининг В суппорти А станина бўйлаб тўғри чизиқли ва текис ҳаракат (10-расмга қаранг) қилиши мумкин.

Жисмларнинг ҳаракатини кузатар эканмиз уларнинг тезликлари турлича бўлишини пайқаш осон. Агар икки жисм учун ҳаракат вақти бирдай бўлса, шу вақт ичида катта масофани ўтган жисмнинг тезлиги катта бўлади. Агар икки жисмнинг ўтган йўли баравар бўлса, шу йўлни ўтишга камроқ вақт сарф қилган жисмнинг тезлиги катта бўлади. Шундай қилиб, жисмларнинг *тезлиги* ҳақида уларнинг ўтган йўллари ва унга сарф қилган вақтларига қараб фикр юритиш мумкин.

*Текис ҳаракатнинг тезлиги деб ўтилган йўлнинг шу йўлни ўтиш учун кетган вақтга нисбати билан ўлчанадиган кинематика айтилади.*

Математик шаклда бу таърифни шундай ёзиш мумкин:

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

бу ерда  $v$  — тезлик,  $s$  — жисмнинг ўтган йўли,  $t$  — вақт.

Бу формуладан тезлик бирлигини ҳосил қиламиз:

$$\text{тезлик бирлиги} = \frac{\text{йўл бирлиги}}{\text{вақт бирлиги}},$$

яъни *моддий нуқтанинг вақт бирлиги ичида йўл бирлигини*

ўтадиган текис ҳаракат тезлиги тезликнинг бирлиги учун қабул қилинади.

СГС системасида тезлик бирлиги қуйидагича бўлади:

$$v = \frac{s}{t}, \quad v = \frac{1 \text{ см}}{1 \text{ сек}} = 1 \text{ см/сек.}$$

СГС системасида тезлик бирлиги қилиб моддий нуқтанинг 1 сек да 1 см йўл ўтгандаги текис ҳаракат тезлиги олинади.

СГС системасида тезлик бирлиги қилиб шундай текис ҳаракатнинг тезлиги олинадики, бунда моддий нуқта 1 сек да 1 см йўл ўтади.

СИ системасида тезлик бирлиги қуйидагича бўлади:

$$v = \frac{s}{t}, \quad v = \frac{1 \text{ м}}{1 \text{ сек}} = 1 \text{ м/сек.}$$

СИ системасида тезлик бирлиги қилиб шундай текис ҳаракатнинг тезлиги қабул қилинадики, бунда моддий нуқта ҳар бир секундда бир метрга тенг йўл ўтади.

Масалалар ечишда кўпинча тезликни бир бирликдан иккинчисига ўтказишга тўғри келади. Техникада тезлик бирлиги сифатида 1 км/соат ҳам олинади, уни 1 м/сек да ҳам ифодалаш мумкин. Бунинг учун 1 км ни метрлар, 1 соатни эса секундларда ифодалаш керак. Масалан,

$$18 \text{ км/соат} = \frac{18000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 5 \text{ м/сек.}$$

4-масала. Самолёт 1080 км/соат тезлик билан текис ҳаракатланмоқда. Шу самолёт 1500 м масофани қанча вақтда ўтади?

Берилган (СИ системада):

$$v = 1080 \text{ км/соат} = \frac{1080000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 300 \text{ м/сек};$$

Ечилиши

$$1. v = \frac{s}{t} \text{ формуладан}$$

$$\frac{s = 1500 \text{ м.}}{t = ?}$$

$$\text{вақтни топамиз: } t = \frac{s}{v}$$

2. Вақтни ҳисоблаймиз:

$$t = \frac{1500 \text{ м/сек}}{300 \text{ м}} = 5 \text{ сек.}$$

5-масала. Қўйдаланг кесим юзи 2 дм<sup>2</sup> бўлган нефть қувири орқали 8 мин 20 сек давомнда 2 м<sup>3</sup> нефть ўтиши учун у қандай тезлик билан ҳаракатланиши керак?

Берилган (СИ системада):

$$s = 2 \text{ дм}^2 = 0,02 \text{ м}^2;$$

$$v = 2 \text{ м}^3;$$

$$t = 8 \text{ мин } 20 \text{ сек} = 500 \text{ сек.}$$

$$v = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

$$s = \frac{V}{S}; \quad v = \frac{s}{t} = \frac{v}{st}.$$

2. Нефтнинг тезлигини ҳисоблаймиз:

$$v = \frac{2 \text{ м}^3}{0,02 \text{ м}^2 \cdot 500 \text{ сек}} = 0,2 \text{ м/сек.}$$

## 16-§. Вектор ва скаляр катталиклар ҳақида тушунча. Текис ҳаракатнинг тезлик графиги

Шаҳардаги бирор аниқ пунктга боришдан аввал биз у ёки бу автобус ёки трамвайнинг қаерга боришини аниқлашимиз керак. Бундан ҳаракат тезлигининг йўналиши ҳаракатни харақтерлаш учун муҳим белгилардан бири экани келиб чиқади.

Ҳаракатланаётган бирор жисмнинг тезлигини тўла аниқлаш учун унинг *фақат* сон қийматинигина эмас йўналишини ҳам билиш керак.

Сон қиймати ва йўналиши билан аниқланадиган катталик *вектор катталик* ёки *вектор* деб аталади.

Фақат сон қийматлари билан аниқланадиган катталиклар *скалярлар* дейилади, масалан, масса, зичлик, температура ва шунга ўхшашлар скаляр катталиклардир.

Шундай қилиб, *тезлик вектор катталикдир*.

Тўғри чизиқли ҳаракатда тезлик вектори ҳамма вақт траектория бўйлаб йўналган.

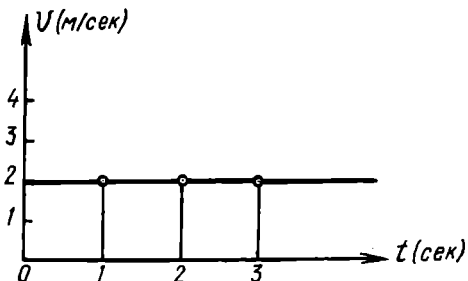
Тўғри чизиқли ҳаракатда ва текис ҳаракатда тезлик вектори ҳамма вақт ўзгаришсиз қолади, чунки унинг йўналиши ҳам, сон қиймати ҳам ўзгармайди.

Чизмаларда вектор катталикни учига стрелка қўйилган тўғри чизиқ кесмаси билан ифодаланади. Кесманинг узунлиги танланган масштабда векторнинг сон қийматини, стрелка эса унинг йўналишини ифодалайди. Автомобилнинг тезлиги  $10 \text{ м/сек}$  га тенг бўлиб, ўнгга горизонтал йўналган тезлигини график равишда ифодалаш талаб қилинган бўлсин. Масштаб танлаймиз:  $1 \text{ см}$  га  $5 \text{ м/сек}$  тезлик мос келади, бунда автомобилнинг тезлиги горизонталга ўнг томонга стрелка қўйилган ва узунлиги  $2 \text{ см}$  га тенг бўлган тўғри чизиқ кесмаси билан ифодаланади (12-расм).

Текис ҳаракатнинг тезлигини график ёрдамида аниқ тасвирлаш мумкин. Тўғри бурчакли шундай чизамизки, унинг



12-расм. Тезлик векторининг график тасвири.



13-расм. Текис ҳаракат тезлиги графиги.

бир томони горизонтал ва чапдан ўнгга, бошқа томони эса юқорига тик йўналган бўлсин.

Биз тўғри бурчакли координаталар ўқларини ҳосил қиламиз. Горизонтал абсциссалар ўқини вақт ўқи, вертикал ординаталар ўқини тезликлар ўқи деб қабул қиламиз. Горизонтал

ўқда 1 *сек* вақт ораликларига мос келадиган тенг кесмалар, вертикал ўқда эса бошқа масштабда 1 *м.сек* тезликларга мос келадиган тенг кесмалар чизамиз. Айтайлик, жисм 2 *м.сек* тезлик билан ҳаракатланаётган бўлсин. 1 *сек* вақтни ифодаловчи кесманинг учидан 2 тезлик бирлигига тенг перпендикуляр чиқарамиз. 2 *сек*, 3 *сек* ва ҳоказо вақт ораликларини ифодаловчи кесмалар учидан ҳам шундай перпендикулярлар чиқарамиз. Тезлик доимий бўлгани учун бу перпендикулярлар баравар бўлиши керак. Агар бу перпендикулярларнинг учларида ётган нуқталарни бирлаштирсак, вақт ўқига параллел бўлган тўғри чизиқ ҳосил бўлади (13-расм). Бу тўғри чизиқ текис ҳаракатнинг тезлик графиги бўлади. Бу график ҳаракат вақти давомида тезлик ўзгармаганини кўрсатади.

### 17-§. Текис ҳаракат тенгламаси

$v = \frac{s}{t}$  формуладан шундай ёзиш мумкин:

$$s = vt.$$

Бу формула йўлнинг вақтга боғлиқлигини билдиради ва *текис ҳаракат тенгламаси* дейилади.

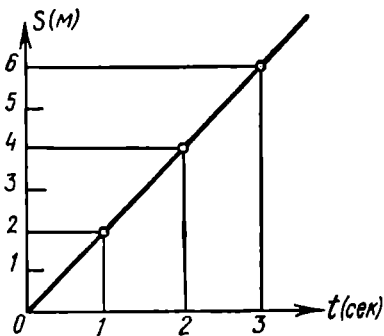
Тўғри чизиқли текис ҳаракатда тезлик сон қиймати жиҳатидан ҳам, йўналнши жиҳатидан ҳам доимий катталиқдир, шунинг учун тенгламани шундай ўқиш мумкин: *моддий нуқтанинг текис ҳаракатида ўтилган йўл ҳаракат вақтига пропорционал*дир.

Текис ҳаракатнинг йўлин графикда аён кўрсатиш мумкин. Горизонтал ўқни вақт ўқи, вертикал ўқни йўл ўқи деб қабул қиламиз. Айтайлик, жисмнинг тезлиги 2 *м/сек* га тенг бўлсин. Бу ҳолда  $t = 0$  да  $s = 0$  бўлади, 1 *сек* ичида 2 *м* йўл ўтади, 2 *сек* ичида 4 *м* йўл ўтади, 3 *сек* ичида 6 *м* йўл ўтади ва ҳоказо.

Бу натижаларни жадвал кўринишида ёзиш мумкин:

<i>t, сек</i>	0	1	2	3
<i>s, м</i>	0	2	4	6

1 *сек*, 2 *сек*, 3 *сек* га мос кесмалар учидан перпендикулярлар чиқарамиз ва бу перпендикулярларда 2 *м*, 4 *м* ва 6 *м* йўлларни қўямиз. Бу перпендикулярлар учларида ётган нуқта-



14-расм Текис ҳаракатнинг йўл графиги.

ларни бирлаштириб, координаталар бошидан ўтувчи тўғри чизикни ҳосил қиламиз (14-расм). Бу тўғри чизик текис ҳаракатнинг йўл графиги бўлади.

Шундай қилиб, текис ҳаракатнинг йўл графиги координаталар бошидан ўтувчи қия тўғри чизик билан ифодаланади. Бу график йўлнинг вақтга тўғри пропорционал бўлган эканини кўрсатади.

**6-масала.** Товушнинг ҳаводаги тезлиги  $340 \text{ м/сек}$  га тенг, радио тўлқинларининг тезлиги эса  $300\,000 \text{ км/сек}$ . Операни залда оркестрдан  $34 \text{ м}$  узоқликда ўтирган томошабин ва  $6\,000 \text{ км}$  узоқликдаги радио тингловчи эшитмоқда. Оркестр товушини ким олдин эшитади ва қанча олдин эшитади?

Б е р и л г а н (СИ системада):

$$\begin{aligned} v_1 &= 340 \text{ м/сек}; \\ s &= 34 \text{ м}; \\ v_2 &= 300\,000 \text{ км/сек} = 300\,000\,000 \text{ м/сек}; \\ s_2 &= 6\,000 \text{ км} = 6\,000\,000 \text{ м}. \end{aligned}$$

Е ч и л и ш и

1. Товушнинг эшитувчигача тарқалиш тезлигини аниқлаймиз:

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1}.$$

2. Радио тўлқинларнинг радио тингловчигача тарқалиш вақтини топаемиз:

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2}.$$

3. Оркестр товушини радио эшитувчи томошабиндан қанча аввал эшитади?

$$t = t_1 - t_2$$

ёки

$$t = \frac{s_1}{v_1} - \frac{s_2}{v_2}.$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t = \frac{34 \text{ м}}{340 \text{ м/сек}} - \frac{6\,000\,000 \text{ м}}{300\,000\,000 \text{ м/сек}} = 0,1 \text{ сек} - 0,02 \text{ сек} = 0,08 \text{ сек}.$$

**7-масала.** Метро эскалаторида тинч турган одамни у  $1 \text{ мин}$  да кўтариб чиқади. Эскалатор тинч турган бўлганда эди йўловчи  $3 \text{ минут}$ да кўтарилган бўлур эди. Ҳаракатланаётган эскалатордан йўловчи қанча вақтда юриб чиқади?

Б е р и л г а н (СИ системада):

$$\begin{aligned} t_1 &= 60 \text{ сек} \text{ (эскалаторнинг ҳаракатланиш вақти)}; \\ t_2 &= 180 \text{ сек} \text{ (ҳаракатсиз эскалатордан йўловчининг ҳаракатланиш вақти)} \end{aligned}$$

$t$  — (йўловчининг ҳаракатланаётган эскалатордан юриб чиқиш вақти)?

Е ч и л и ш и

1. Эскалаторнинг ҳаракатланиш тезлиги  $v_1$  ни аниқлаймиз:

$$v_1 = \frac{s}{t_1},$$

$s$  — эскалаторнинг узунлиги.

2. Одамнинг ҳаракатланаётган эскалатордан юриб чиқиш тезлиги  $v_2$  ни аниқлаймиз:

$$v_2 = \frac{s}{t_2}.$$

3. Одамнинг эскалатор ҳаракатланаётган вақтдаги тезлиги  $v$  ни (Ерга нисбатан) аниқлаймиз:

$$v = v_1 + v_2.$$



4. Эскалатор ҳаракатланаётганда йўловчининг кўтарилиш вақтини топамиз:

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

6. Масалани ечиш учун умумий формулани чиқарамиз:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{s}{v_1 + v_2} = \frac{s}{\frac{s}{t_1} + \frac{s}{t_2}} = \frac{s}{s \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right)} = \frac{t_1 t_2}{t_2 + t_1}.$$

7. Энди ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t = \frac{60 \text{ сек} \cdot 180 \text{ сек}}{60 \text{ сек} + 180 \text{ сек}} = 45 \text{ сек}.$$

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Механик ҳаракат деб нимага айтилади? Механик ҳаракатларга мисоллар келтиринг.

2. Тинчликнинг нисбийлигини қандай тушуниш керак? Нисбий тинчликка мисоллар келтиринг.

3. Механика нимани ўрганади?

4. Кинематика нимани ўрганади?

5. Моддий нуқта деб нимага айтилади?

6. Қандай ҳолларда жисмнинг ўлчамларини назарга олмаса бўлади?

7. Траектория деб нимага айтилади ва қандай траекторияларни биласиз?

8. Турли жадалликдаги ҳаракатларга мисоллар келтиринг.

9. Ҳаракатлар траекториялари шаклларига қараб қандай турларга бўлинади? Мисоллар келтиринг.

10. Ҳаракатлар тезликларига кўра қандай турларга бўлинади?

11. Қандай ҳаракат текис ҳаракат дейилади? Мисоллар келтиринг.

12. Қандай ҳаракат илгариланма ҳаракат дейилади? Мисоллар келтиринг.

13. Қандай ҳаракат айланма ҳаракат дейилади? Мисоллар келтиринг.

14. Тўғри чизиқли текис ҳаракат деб қандай ҳаракатга айтилади? Мисоллар келтиринг.

15. Текис ҳаракатнинг тезлиги нима?

16. Текис ҳаракатнинг тезлигини қандай формула билан ифодалаш мумкин?

17. СГС ва СИ системаларида тезлик қандай бирликларда ўлчанади?

18. Тезликни  $\text{км/соат}$  дан  $\text{м/сек}$  га ўтказиш учун нима қилиш керак?

19. Қандай катталиклар вектор катталиклар ва қандайлари скаляр катталиклар дейилади?

20. Тезлик қандай катталикларга киради?

21. Вектор катталиқ график равишда қандай ифодаланади?

22. Текис ҳаракат тенгламаси қандай формула билан ифодаланади ва у қандай ўқилади?

23. Текис ҳаракатнинг тезлик графиги қандай ифодаланади?

24. Текис ҳаракатнинг йўли графикда қандай ифодаланади?

25. Қайиқ 2,1 км масофани текис ҳаракатланиб 5 м/сек тезликда ўтди. Унинг ҳаракат вақтини топинг.

Ж а в о б и: 7 мин.

26. Автомобиль тўғри йўлдан 30 км масофани 40 км/соат тезлик билан ўтди. Иккинчи автомобиль ўша пунктнинг ўзидан 15 мин кейин чиқиб, 54 км/соат тезлик билан юрди. Қайси автомобиль олдин етиб келади?

Ж а в о б и: биринчиси (3 мин 20 сек олдин).

27. Волга орқали Сизран кўпригининг узунлиги 1920 м. Шу кўприкдан узунлиги 280 метр бўлган юк поезде 22,5 км/соат тезлик билан ўтмоқда. Поезд кўприкда қанча вақт бўлади?

Ж а в о б и: 5 мин 52 сек.

28. Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 м/сек га тенг (16°C температурада). Гўп отилганда чақнаш сезилгандан 20 сек кейин кузатувчи унинг товушини эшитди. Тўпгача бўлган масофани аниқланг.

Ж а в о б и: 6,8 км.

### 18-§. Ўзгарувчан ҳаракат. Ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача ва оний тезлиги

Трамвай, автобус ёки электр поездининг ҳаракатини кузатар эканмиз, унинг мураккаб эканлигига ишонч ҳосил қиламиз. Йўлнинг баъзи қисмларида бу жисмлар тезроқ, бошқа қисмларида секинроқ ҳаракатланади, тўхташ жойларида эса тезлик нолга тенг бўлади. Бундай ҳаракатлар жуда кўп. Буларнинг ўхшашлиги шундаки, уларнинг ҳаммасида вақт ўтиши билан тезлик ўзгаради. Бундай ҳаракат *текисмас ҳаракат* ёки *ўзгарувчан ҳаракат* дейилади.

Шундай қилиб, *жисмнинг тезлиги катталиқ жиҳатидан ўзгарадиган ҳаракат ўзгарувчан ҳаракат дейилади.*

Шунга қарамасдан, ўзгарувчан ҳаракатни қандайдир ўзгармас тезлик билан характерлаймиз, бу тезлик ўртача тезлик бўлади. Масалан, автобус 145 км масофани 5 соат давомида текисмас ҳаракат қилиб ўтган бўлса, у ҳолда 1 соатда ўтилган масофанинг ўртача арифметик қийматини топиб, у 29 км/соат тезлик билан ҳаракатланибди, деймиз. Албатта, унинг тезлиги айрим вақт ораликларида 29 км/соат га тенг бўлиши мумкин, бироқ қолган вақт ораликларида унинг тезлиги ундан ортиқ ҳам, кам ҳам бўлиши, тўхташ жойларида эса нолга тенг бўлиши мумкин.

Фараз қилайлик, биринчи автобус ўтган шу масофани бошқа автобус шунча вақт ичида текис ҳаракат қилиб, яъни ўзгармас тезлик билан ўтган бўлсин. Бу автобуснинг тезлиги бутун ҳаракат вақтида ўзгармаган ва  $145 \text{ км} : 5 = 29 \text{ км соат}$  га тенг бўлган бўлур эди. Кўриб турибмизки, ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача тезлиги маълум шароитларда текис ҳаракат тезлигига тенг бўлиши мумкин, шунинг учун қуйидаги таърифни бериш мумкин: *ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача тезлиги деб шундай текис ҳаракатнинг тезлигига айтиладики, унинг ўтган йўли ва вақти ўзгарувчан ҳаракатнинг йўли ва вақтига баравар бўлади.*

Агар йўлни  $s$  ҳарфи, вақтни  $t$  билан, ўртача тезликни  $v_{\text{ур}}$  билан белгиласак, таърифга мувофиқ шундай ёзиш мумкин:

$$v_{\text{ур}} = \frac{s}{t},$$

бундан

$$s = v_{\text{ур}} t.$$

Ўзгарувчан ҳаракатда жисмнинг тезлиги ўзгаргани сабабли унинг бутун йўл давомидаги ҳақиқий тезлиги ҳақида гапириш мумкин эмас, унинг айна шу пайтдаги тезлиги, яъни оний тезлиги ҳақида гапириш мумкин. Айтайлик, биз мотоциклнинг

ҳаракат бошланганидан 20 сек ўтгандан кейинги ҳаракат тезлигини билмоқчимиз. Ўлчашлар 20 сек нинг охирида мотоцикл 300 м юрганини, 20,05 секунд охирида эса 300,8 м юрганини кўрсатган бўлсин. Бу маълумотларга кўра 20-секунднинг охирига мос оний тезлигини ҳисоблаймиз.

1. Ҳаракат вақти орттирмасини топамиз:

$$20,05 \text{ сек} - 20 \text{ сек} = 0,05 \text{ сек}.$$

2. Йўл орттирмасини топамиз:

$$300,8 \text{ м} - 300 \text{ м} = 0,8 \text{ м}.$$

3. Вақт орттирмаси давомида ҳаракатнинг ўртача тезлигини топамиз:

$$v_{\text{ур}} = \frac{0,8 \text{ м}}{0,05 \text{ сек}} = 16 \text{ м/сек}.$$

Бу тезлик бизни қизиқтираётган пайтга (20-сек охирига яқин) бўлган кичик вақт оралиги (0,05 сек) учун топилган, шунинг учун уни мотоциклнинг 20-сек охиридаги оний тезлиги деб олиш мумкин.

Агар жуда кичик вақт оралигидаги масофа орттирмасини ўлчасак, у ҳолда оний тезликнинг қиймати анча аниқроқ бўлади, чунки бунда бизни қизиқтирган 20-сек нинг охирига яқинроқдаги тезликни излаган бўлур эдик.

Олинган 16 м сек натижани, агар 20-сек охиридан бошлаб мотоцикл текис ҳаракат қила бошлаган бўлганда эди, у 1 сек давомида шунча масофани ўтган бўлур эди, деб тушуниш керак.

Юқорида айтиб ўтганларимиздан *ўзгарувчан ҳаракатнинг оний тезлиги деб айни шу пайтдан бошланадиган текис ҳаракатнинг тезлиги айтилади*, деган хулоса чиқариш мумкин.

Оний тезликни топиш учун жисмнинг бизни қизиқтирган пайт ўтгандан кейинги жуда кичик вақт оралигидаги ўртача тезликдан фойдаланиш мумкин.

У ҳолда шундай ёзиш мумкин:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t},$$

бу ерда  $v$  — оний тезлик,  $\Delta s$  — вақт оралиги  $\Delta t$  да ўтилган йўл қисмининг узунлиги.

Вақт оралиги орттирмаси қанча кичик, яъни  $\Delta t$  нолдан қанча кам фарқ қилса, юқорида келтирилган формуладан оний тезликни шунча аниқроқ топиш мумкин.

## 19- §. Текис ўзгарувчан ҳаракат. Тезланиш. Тезланиш бирликлари

Агар қия текисликдан думалаётган шарчанинг ҳаракатига, пароход ёки поезднинг станция ёки портдан йўлга чиқаётган ҳаракатига назар ташласангиз, бундай ўзгарувчан ҳаракатлар-

нинг тезликлари кескин сакраш билан эмас, балки аста-секин, яъни текис ўзгараётганини сезасиз.

Бундай ҳаракатларни ўрганиш уларнинг тезликлари текис ўзгаришини кўрсатди. Демак, тезлик вақтга пропорционал ўзгаради деб айтиш мумкин. Бундай ҳаракатлар *текис ўзга рувчан* ҳаракат дейилади.

Шундай мисолларни кўрайлик.

1. Айтишлик, ўлчашлар натижасида самолётнинг тезлиги 0,01 *сек* да 0,2 *м/сек* га, 0,02 *сек* да 0,4 *м/сек* га, 0,03 *сек* да 0,6 *м/сек* га, 0,04 *сек* да 0,8 *м/сек* га, 0,05 *сек* да 1 *м/сек* ва ҳоказо 1 *сек* да 20 *м/сек* га ортанлиги маълум бўлсин.

Бу ҳолда тезлик текис ортди, яъни вақтга қатъий пропорционал равишда ортди деб ҳисоблаш мумкин.

2. Ўлчашлар натижасида станцияга келаётган поезднинг ўз тезлигини камайтираётгани маълум бўлсин: 0,1 *сек* давомида у ўз тезлигини 0,05 *м/сек* га, 0,2 *сек* давомида 0,10 *м/сек* га, 0,3 *сек* да 0,15 *м/сек* га, 0,4 *сек* да 0,20 *м/сек* га, 0,5 *сек* да 0,25 *м/сек* га ва ҳоказо 1 *сек* давомида 0,50 *м/сек* га камайтирди.

Бу ҳолда поезднинг тезлиги вақтга пропорционал камайди деб қайд қилиш мумкин.

Бундай пропорционаллик ҳар қандай тенг вақт ораликларида сақланиши керак.

Баён қилганларимиздан шундай таъриф беришимиз мумкин: *ҳар қандай тенг вақт ораликлари давомида тезлиги тенг катталикларга ўзгарадиган ҳаракат текис ўзгарувчан ҳаракат дейилади.*

Агар жисмнинг тезлиги текис ортаётган бўлса, бундай ҳаракат *текис тезланувчан* ҳаракат деб, текис секинланадиган бўлса, *текис секинланувчан* ҳаракат деб аталади.

Текис тезланувчан ҳаракатга Ердан кўтарилган самолётнинг ҳаракати, пристандан йўлга чиққан пароходнинг ҳаракати, тушаётган болғанинг ҳаракати ва бошқа ҳаракатлар мисол бўлади. Текис секинланувчан ҳаракатга бекатга яқинлашаётган трамвайнинг ҳаракати, тормозланган автомобилнинг ҳаракати, тик юқорига отилган жисмнинг ҳаракати ва бошқаларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин.

Агар ҳаракатлиниш вақти ва ўтилган йўл маълум бўлса, у ҳолда ўзгарувчан ҳаракат формуласидан текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезлигини аниқлаш мумкин:

$$v_{\text{ур}} = \frac{s}{t}.$$

Бошланғич тезлик  $v_0$  ва охириги тезлик  $v_t$  маълум бўлганда эса текис ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача тезлиги  $v_{\text{ур}}$  бу икки тезликнинг ўртача арифметик қиймати сифатида аниқланади, чунки тезлик ёки текис ортади, ёки текис камаяди.

Бу ҳолда шундай формула оламиз:

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_0 + v_t}{2}.$$

Агар энгил автомобиль ва трамвай ўз ҳаракатини тўхташ жойидан баравар бошласа, бирмунча вақтдан кейин автомобилнинг тезлиги трамвайнинг тезлигидан анча ортиқ бўлади. Демак, бу ҳаракатлар ўз тезликларининг ортиш жадаллиги билан фарқ қилади. Бундай ҳолларда энгил автомобиль трамвайга қараганда катта тезланишга эга бўлди деб гапирилади.

Сонли мисол кўрайлик. Велосипедчининг тезлиги  $2 \text{ м/сек}$  эди, текис тезланувчан ҳаракат қилиб  $5 \text{ сек}$  ўтгандан кейин унинг тезлиги  $12 \text{ м/сек}$  га етди. Ҳар секунддаги тезликнинг ортиш жадаллигини аниқланг.

1. Текис тезланувчан ҳаракат давомида тезликнинг ортишини топамиз:

$$12 \text{ м/сек} - 2 \text{ м/сек} = 10 \text{ м/сек}.$$

2. Тезликнинг ортиш жадаллигини топамиз:

$$10 \text{ м/сек} : 5 \text{ сек} = 2 \text{ м/(сек} \cdot \text{сек)} = 2 \text{ м/сек}^2.$$

Велосипедчи тезлигининг ортиш жадаллиги  $2 \text{ м/сек}^2$  га тенг эканлигини кўрамиз. Бу секундига икки метр секунд ёки  $2$  метр тақсим секунд квадрат деб ўқилади. Олинган бу катталик *тезланиш* деб аталади. *Тезлик ортишининг шу ортиш содир бўлган вақт оралигига нисбати билан ўлчанадиган катталик тезланиш дейилади.*

Агар тезланишни  $a$  ҳарфи билан, бошланғич, яъни ҳаракат бошланишидаги тезликни  $v_0$  билан, охириги тезликни  $v_t$  билан, вақтни  $t$  билан белгиласак, бутун ҳаракат вақтида тезликнинг ортиши  $\Delta v = v_t - v_0$  билан белгиланади ( $\Delta$  — грекча „дельта“ ҳарфи); ҳар бир вақт бирлигидаги тезлик ортиши  $\frac{v_t - v_0}{t}$  га тенг бўлади.

Бинобарин,

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \text{ ёки } a = \frac{\Delta v}{t}.$$

СГС системасида тезланиш бирлиги учун  $1 \text{ м/сек}^2$  қабул қилинади:

$$a = \frac{\Delta v}{t}; \quad a = \frac{1 \text{ см/сек}}{\text{сек}} = 1 \text{ см/сек}^2,$$

яъни бу шундай текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезланишидирки, унинг тезлиги  $1 \text{ сек}$  да  $1 \text{ см/сек}$  га ўзгаради.

СИ системасида тезланиш бирлиги қилиб  $1 \text{ м/сек}^2$  олинади:

$$a = \frac{\Delta v}{t}; \quad a = \frac{1 \text{ м/сек}}{1 \text{ сек}} = 1 \text{ м/сек}^2,$$

яъни бу шундай текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезланишидирки, унинг тезлиги  $1 \text{ сек}$  да  $1 \text{ м/сек}$  га ўзгаради.

*Тезлик сингари тезланиш ҳам вектор катталикдир, яъни у фазода йўналишга эга.*

Агар ҳаракат текис ўзгарувчан ва тўғри чизиқли бўлса, у ҳолда тезланиш катталиги жиҳатидан ҳам, йўналиши жиҳатидан ҳам ўзгармас катталик бўлади.

Текис тўғри чизиқли ҳаракат бўлган ҳол учун тезланиш нолга тенг.

Агар тезланиш мусбат ( $a > 0$ ) бўлса, ҳаракат текис тезланувчан, агар тезланиш манфий ( $a < 0$ ) бўлса, ҳаракат текис секинланувчан бўлади.

**8-масала.** Автомобиль тормозланишда 4 сек давомида ўз тезлигини 45 км/соат дан 9 км/соат гача камайтирди. Автомобилнинг тезланишини ва унинг тормозланишда босиб ўтган йўлини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$v_0 = 45 \text{ км/соат} = \frac{45000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 12,5 \text{ м/сек};$$

$$v_t = 9 \text{ км/соат} = \frac{9000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 2,5 \text{ м/сек};$$

$$t = 4 \text{ сек.}$$

$$a = ?$$

$$s = ?$$

(„минус“ ишораси ҳаракатнинг секинланувчан эканлигини билдиради).

2. Автомобилнинг тормозланишда босиб ўтган йўлини аниқлаймиз ва ҳисоблаймиз:

$$s = v_{\text{ур}} t = \frac{(v_0 + v_t) t}{2};$$

$$s = \frac{(12,5 \text{ м/сек} + 2,5 \text{ м/сек}) \cdot 4 \text{ сек}}{2} = \frac{15 \text{ м/сек} \cdot 4 \text{ сек}}{2} = 30 \text{ м.}$$

**9-масала.** Автомобиль тезлиги 18 км/соат бўлган ҳолда текис тезланувчан ҳаракатлана бошлади ва 10 сек дан кейин 54 км/соат тезликка эришди. Автомобилнинг текис тезланувчан ҳаракатда босиб ўтган йўли ва ўртача тезлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$v_0 = 18 \text{ км/соат} = \frac{18000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 5 \text{ м/сек};$$

$$v_t = 54 \text{ км/соат} = \frac{54000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 15 \text{ м/сек};$$

$$t = 10 \text{ сек.}$$

$$v_{\text{ур}} = ?$$

$$s = ?$$

1. Автомобиль ҳаракатининг ўртача тезлигини топамиз:

$$v_{\text{ур}} = \frac{v_0 + v_t}{2};$$

$$v_{\text{ур}} = \frac{5 \text{ м/сек} + 15 \text{ м/сек}}{2} =$$

$$= 10 \text{ м/сек.}$$

2. Автомобилнинг текис тезланувчан ҳаракатда ўтган йўлини аниқлаймиз ва ҳисоблаймиз:

$$s = v_{\text{ур}} \cdot t$$

$$s = 10 \text{ м/сек} \cdot 10 \text{ сек} = 100 \text{ м.}$$

**10-масала.** Велосипедчи тезлиги  $28,8 \text{ км/соат}$  бўлгани ҳолда тормозлай бошлади ва  $20 \text{ м}$  масофада унинг тезлиги  $7,2 \text{ км/соат}$  гача камайди. Тормозланиш вақтини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 28,8 \text{ км/соат} = \frac{28000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 8 \text{ м/сек};$$

$$v_t = 7,2 \text{ км/соат} = \frac{7200 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 2 \text{ м/сек}$$

$$s = 20 \text{ м.}$$


---


$$t = ?$$

Ечилиши

1. Велосипедчининг ўртача тезлигини топамиз:

$$v_{\text{ўр}} = \frac{v_0 + v_t}{2}.$$

2. Тормозланиш вақтини топамиз:

$$s = v_{\text{ўр}} \cdot t, \quad t = \frac{s}{v_{\text{ўр}}}.$$

3. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

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

4. Ҳисоблаймиз:

$$t = \frac{2 \cdot 20 \text{ м}}{8 \text{ м/сек} + 2 \text{ м/сек}} = \frac{40 \text{ м}}{10 \text{ м/сек}} = 4 \text{ сек}.$$

**11-масала.** Электр поезд станциядан йўлга чиқиб текис тезланувчан ҳаракатлана бошлади. Агар поезд  $1 \text{ км}$  масофани  $1 \text{ мин } 40 \text{ сек}$  да ўтган бўлса, у қандай тезликка ( $\text{км/соат}$  ҳисобида ифодаланг) эришган?

Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 0;$$

$$s = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м};$$

$$t = 1 \text{ мин } 40 \text{ сек} = 100 \text{ сек.}$$


---


$$v_t = ?$$

Ечилиши

1. Поезднинг ўртача тезлиги ифодасини ёзамиз:

$$v_{\text{ўр}} = \frac{s}{t}.$$

2. Поезднинг охириги тезлигини аниқлаймиз:

$$v_{\text{ўр}} = \frac{v_0 + v_t}{2}, \quad \text{аммо } v_0 = 0,$$

шунинг учун  $v_{\text{ўр}} = \frac{v_t}{2}$ . Бундан  $v_t = 2v_{\text{ўр}}$ .

3. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

$$v_t = 2v_{\text{ўр}} = \frac{2s}{t}.$$

4. Охириги тезликни ҳисоблаймиз:

$$v_t = \frac{2 \cdot 1000 \text{ м}}{100 \text{ сек}} = 20 \text{ м/сек} = \frac{20 \cdot 3600 \text{ км}}{1000 \text{ соат}} = 72 \text{ км/соат}.$$

**12-масала.** Самолёт Ердан кўтарилиши учун  $144 \text{ км/соат}$  тезликка эришиши керак. Бундай тезликка эришиш учун у  $8 \text{ сек}$  вақт сарф қилади. Самолётнинг шундай тезланиб олиши учун қанча йўл ўтишини аниқланг. Унинг ҳаракатини текис тезланувчан деб олинг.

Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 0;$$

$$v_t = 144 \text{ км/соат} = \frac{144000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 40 \text{ м/сек};$$

$$t = 8 \text{ сек.}$$


---


$$s = ?$$

Ечилиши

1. Самолётнинг ўртача тезлигини топамиз:

$$v_{\text{ўр}} = \frac{v_0 + v_t}{2}, \quad \text{аммо } v_0 = 0,$$

шунинг учун

$$v_{\text{ўр}} = \frac{v_t}{2}.$$

2. Самолётнинг тезланиш олгунча ўтган масофасини аниқлаймиз:

$$s = v_{yp} t.$$

3. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз ва ҳисоблаймиз:

$$s = v_{yp} t = \frac{v_t}{2} \cdot t;$$
$$s = \frac{40 \text{ м/сек}}{2} \cdot 8 \text{ сек} = 160 \text{ м}.$$

13-масала. Маълум бир тезлик билан келаётган поезд тормозланиш бошлангандан кейин тўхтагунча 200 м масофа ўтди. Агар тормозланиш 20 сек давом этган бўлса, поезд қандай тезлик билан ҳаракатланаётган эди?

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$v_t = 0;$$
$$t = 20 \text{ сек};$$
$$s = 200 \text{ м}.$$

1. Поезднинг ўртача ҳаракат тезлигини шундай ифодалаймиз:

$$v_{yp} = \frac{s}{t}.$$

$$v_0 = ?$$

2. Поезднинг бошланғич тезлигини

аниқлаймиз:  $v_{yp} = \frac{v_0 + v_t}{2}$ ; аммо  $v_t = 0$ ,

шунинг учун  $v_{yp} = \frac{v_0}{2}$ .

Бундан

$$v_0 = 2 v_{yp}.$$

3. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

$$v_0 = 2 v_{yp} = 2 \cdot \frac{s}{t}.$$

4. Поезднинг бошланғич тезлигини ҳисоблаймиз:

$$v_0 = \frac{2 \cdot 200 \text{ м}}{20 \text{ сек}} = 20 \text{ м/сек} = \frac{20 \cdot 3600 \text{ км}}{1000 \text{ соат}} = 72 \text{ км/соат}.$$

## 20-§. Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезлиги ва йўли формуласини чиқариш

Текис ўзгарувчан ҳаракатда тезланиш ҳаракат процессида ўзгармайди, шунинг учун уни ҳисоблашда ихтиёрий вақт ораллигини, яъни бутун ҳаракат вақтини олиш мумкин. Тезланишнинг таърифига кўра:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}.$$

Бундан

$$v_t = v_0 + at \text{ ёки } v_t = v_0 + at.$$

Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезлиги бошланғич тезликнинг тезланиш ва ҳаракат вақти кўпайтмасига қўшилганига тенг. Бу формула текис тезланувчан ва текис секинланувчан ҳаракатларнинг тезлигини ҳисоблаш учун ҳам ўринлидир. Аммо текис тезланувчан ҳаракатда тезланиш мусбат, текис секинланувчан ҳаракатда эса тезланиш манфий бўлади, яъни тезликнинг йўналиши билан бир хил ва тезлик йўналишига тескари бўлади.



Ҳар қандай ўзгарувчан ҳаракатда жисмнинг ўтган йўлини қуйидаги формулага мувофиқ ҳисоблаш мумкин:

$$s = v_{\text{ур}} \cdot t.$$

Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача тезлиги қуйидагига тенг:

$$v_{\text{ур}} = \frac{v_0 + v_t}{2},$$

$v_t$  нинг ўрнига охириги тезликнинг  $v_t = v_0 + at$  ифодасини қўямиз ва қуйидагини оламиз:

$$v_{\text{ур}} = \frac{v_0 + v_0 + at}{2} = \frac{2v_0 + at}{2} = \frac{2v_0}{2} + \frac{at}{2} = v_0 + \frac{at}{2}.$$

Шундай қилиб,

$$v_{\text{ур}} = v_0 + \frac{at}{2}.$$

Ўртача тезликнинг олинган ифодасини йўл формуласига қўйиб, қуйидаги ифодани оламиз:

$$s = \left( v_0 + \frac{at}{2} \right) t,$$

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

Бу формула текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тенгламаси дейилади.

*Бошланғич тезлиги бўлган текис ўзгарувчан ҳаракатнинг йўли бошланғич тезликнинг вақтга кўпайтмасига тезланиш билан ҳаракат вақти квадрати кўпайтмасининг ярми қўшилганига тенг.*

Масалалар ечишда кўпинча ишлатиладиган яна бир формулани чиқарамиз.

1. Ўртача тезликнинг умумий формуласини ёзамиз:

$$v_{\text{ур}} = \frac{v_0 + v_t}{2}.$$

2. Тезланиш формуласини ёзамиз:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}.$$

3. Тезланиш формуласидан вақтни топамиз:

$$t = \frac{v_t - v_0}{a}.$$

4.  $v_{\text{ур}}$  ва  $t$  нинг қийматини йўл формуласи  $s = v_{\text{ур}}t$  га қўйиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$s = \frac{v_t + v_0}{2} \cdot \frac{v_t - v_0}{a},$$

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a}.$$

*Бошланғич тезлиги бўлган текис ўзгарувчан ҳаракатда утилган йўл охириги ва бошланғич тезликлар айирмасини иккиланган тезланишга бўлинганига тенг.*

Текис ўзгарувчан ҳаракатга доир чиқарилган учта формуладан техника масалаларида ишлатиладиган баъзи муносабатларни чиқариш мумкин.

Бошланғич тезлиги бўлмаган, яъни  $v_0 = 0$  текис тезланувчан ҳаракат учун бу формулалар соддалашади ва шундай кўринишга келади:

$$v_t = at; \quad s = \frac{at^2}{2}; \quad s = \frac{v_t^2}{2a}.$$

Текис секинланувчан ҳаракат учун  $v_t = 0$ ; юқоридаги формулалар шундай кўринишга келади:

$$v_0 = -at; \quad s = -\frac{v_0^2}{2a}; \quad s = -\frac{at^2}{2}.$$

Масалалар ечишда тезланишни керакли ишора билан олиш керак. Агар ҳаракат текис тезланувчан бўлса, тезланишни мусбат; агар текис секинланувчан бўлса, тезланишни манфий ишора билан олиш керак.

**14-масала.** Самолёт 216 км/соат тезлик билан учаётган эди, 20-сек давомида 9 м/сек<sup>2</sup> тезлиши билан ҳаракатлана бошлади. Самолёт текис тезланувчан ҳаракатлиб қанча масофани ўтди ва қандай тезликка эришди?

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$v_0 = 216 \text{ км/соат} = 60 \text{ м/сек};$$

$$a = 9 \text{ м/сек}^2;$$

$$t = 20 \text{ сек}.$$

1. Самолётнинг охириги (20-сек охиридаги) тезлигини аниқлаймиз ва ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v_t = v_0 + at.$$

$$v_t = 60 \text{ м/сек} + 9 \text{ м/сек}^2 \cdot 20 \text{ сек} = 240 \text{ м/сек}.$$

$$v_t = ?$$

$$s = ?$$

2. Самолётнинг 20 сек давомида ўтган йўлини топамиз ва ҳисоблаймиз:

$$s = \frac{v_t - v_0^2}{2a} = \frac{(v_t^2 - v_0^2)}{2a} \cdot \frac{(v_t - v_0)}{2a};$$

$$s = \frac{(240 \text{ м/сек} + 60 \text{ м/сек}) \cdot (240 \text{ м/сек} - 60 \text{ м/сек})}{2 \cdot 9 \text{ м/сек}^2} =$$

$$= 300 \text{ м/сек} \cdot \frac{180 \text{ м/сек}}{18 \text{ м/сек}^2} = 3000 \text{ м} = 3 \text{ км}.$$

**15-масала.** Автомобиль тормозланишда 7 секунд давомида ўз тезлигини 54 км/соат дан 28,8 км/соат га камайтирди. Автомобилнинг тезланишини ва тормозланишда босиб ўтган йўлини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$v_0 = 54 \text{ км/соат} = \frac{54000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} =$$

$$= 15 \text{ м/сек};$$

$$v_t = 28,8 \text{ км/соат} = 8 \text{ м/сек};$$

$$t = 7 \text{ сек}.$$

1. Автомобилнинг тезланишини аниқлаймиз ва ҳисоблаймиз:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t};$$

$$a = ?$$

$$s = ?$$

$$a = \frac{8 \text{ м/сек} - 15 \text{ м/сек}}{7 \text{ сек}} = \frac{-7 \text{ м/сек}}{7 \text{ сек}} = -1 \text{ м/сек}^2.$$

2. Автомобилнинг тормозланишда ўтган йўлининг ифодасини топамиз ва ҳисоблаймиз:

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a};$$

$$s = \frac{64 \text{ м}^2/\text{сек}^2 - 225 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{2 \cdot (-1 \text{ м/сек}^2)} = \frac{-161 \text{ м/сек}^2}{-2 \text{ сек}^2} = 80,5 \text{ м}.$$

16-масала. Самолёт 20 сек давомида ўз тезлигини 720 км/соат дан 180 км/соат га камайтирди. Самолёт қандай секинланиш билан учган ва бу вақт ичида у қанча масофани учиб ўтган?

Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 720 \text{ км/соат} = 200 \text{ м/сек};$$

$$v_t = 180 \text{ км/соат} = 50 \text{ м/сек};$$

$$t = 20 \text{ сек.}$$

a — ?  
s — ?

$$a = \frac{50 \text{ м/сек} - 200 \text{ м/сек}}{20 \text{ сек}} = -\frac{150 \text{ м/сек}}{20 \text{ сек}} = -7,5 \text{ м/сек}^2.$$

Ечилиши

1. Самолётнинг секинланишини топамиз ва ҳисоблаймиз:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t},$$

2. Самолётнинг ўтган йўли ифодасини топамиз ва йўлни ҳисоблаймиз:

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a};$$

$$s = \frac{(50 \text{ м/сек})^2 - (200 \text{ м/сек})^2}{2(-7,5 \text{ м/сек}^2)} = \frac{2500 \text{ м}^2/\text{сек}^2 - 40000 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{-15 \text{ м/сек}^2} =$$

$$= \frac{-37500 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{-15 \text{ м/сек}^2} = 2500 \text{ м.}$$

17-масала. Поезд 10 м/сек тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормозлангандан сўнг  $-0,1 \text{ м/сек}^2$  тезланиш билан тўла тўхтагунча юрди. Поезднинг тормозланишда ўтган йўлини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 10 \text{ м/сек};$$

$$a = -0,1 \text{ м/сек}^2;$$

$$v_t = 0.$$

s — ?

Ечилиши

Поезднинг тормозланишда ўтган йўлини аниқлаймиз ва ҳисоблашларни бажарамиз:

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a},$$

аммо  $v_t = 0$ , шунинг учун:

$$s = -\frac{v_0^2}{2a};$$

$$s = -\frac{(10 \text{ м/сек})^2}{2 \cdot (-0,1 \text{ м/сек}^2)} = \frac{100 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{0,2 \text{ м/сек}^2} = 500 \text{ м.}$$

18-масала. 43,2 км/соат тезлик билан кетаётган автомобиль тормозлангандан 3 сек ўтгач тўхтайд. Тормозлар автомобилга қандай тезланиш беради ва у тўхтагунча қанча масофа ўтади?

Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 12 \text{ м/сек};$$

$$v_t = 0;$$

$$t = 3 \text{ сек.}$$

a — ?

s — ?

Ечилиши

1. Автомобилнинг тезланишини аниқлаймиз ва уни ҳисоблаймиз:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t},$$

$$a = \frac{0 - 12 \text{ м/сек}}{3 \text{ сек}} = -4 \text{ м/сек}^2.$$

(„Минус“ ишора ҳаракатнинг секинланувчан эканлигини билдиради.)

2. Автомобиль тўхтагунча ўтган масофани топамиз ва ҳисоблаймиз:

$$s = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2a}, \text{ аммо } v_t = 0, \text{ шунинг учун } s = -\frac{v_0^2}{2a};$$

$$s = -\frac{(12)^2 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{2 \cdot (-4 \text{ м/сек}^2)} = \frac{144 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{8 \text{ м/сек}^2} = 18 \text{ м.}$$

19-масала. Поезд 72 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормозлангандан сўнг тўла тўхтагунча у 200 м масофани ўтди. Тормозланишдаги тезланиш ва унга кетган вақтни аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} v_0 &= 72 \text{ км/соат} = 20 \text{ м/сек}; \\ v_t &= 0; \\ s &= 200 \text{ м}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= ? \\ t &= ? \end{aligned}$$

Ечилиши

1. Поезднинг тезланишини аниқлаймиз ва ҳисоблаб чиқамиз:

$$s = \frac{-v_0^2}{2a},$$

бундан

$$2as = -v_0^2;$$

$$a = -\frac{(20 \text{ м/сек})^2}{2 \cdot 200 \text{ м}} = -\frac{400 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{400 \text{ м}} = -1 \text{ м/сек}^2.$$

(„Минус“ ишора ҳаракатнинг секинланувчан эканини билдиради.)

2. Тормозланиш вақти ифодасини топамиз ва ҳисоблашларни бажарамиз:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}, \text{ бундан } t = \frac{v_t - v_0}{a}.$$

Бироқ  $v_t = 0$ , шунинг учун  $t = -\frac{v_0}{a}$ ;

$$t = \frac{-20 \text{ м/сек}}{-1 \text{ м/сек}^2} = 20 \text{ сек}.$$

20-масала. Автобус ўз жойидан қўзғалиб 1 м/сек<sup>2</sup> тезланиш билан тегиш тезланувчан ҳаракат қилди. Ҳаракат бошлангандан кейинги тўртинчи секундда автобус қанча масофа ўтади?

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} v_0 &= 0; \\ a &= 1 \text{ м/сек}^2; \\ t_4 &= 4 \text{ сек}; \\ t_3 &= 3 \text{ сек}. \end{aligned}$$

$$s_4 = ?$$

Ечилиши

1. Автобуснинг 4 сек да ўтган йўлини топамиз

$$s_4 = v_0 t_4 + \frac{at^2}{2},$$

аммо  $v_0 = 0$ , шунинг учун

$$s_4 = \frac{at_4^2}{2}.$$

2. Автобуснинг 3 сек да ўтган йўлини аниқлаймиз:

$$s_3 = \frac{at_3^2}{2}.$$

3. Тўртинчи секундда ўтган йўлни билиш учун 4 секундда ўтилган йўлдан 3 секундда ўтилган йўлни айриш керак, яъни

$$s_4 = s_4 - s_3.$$

4. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз:

$$s_4 = \frac{at_4^2}{2} - \frac{at_3^2}{2} = \frac{a}{2} (t_4^2 - t_3^2).$$

5. Автобуснинг тўртинчи секунд давомида ўтган йўлини ҳисоблаймиз.

$$s_4 = \frac{1 \text{ м/сек}^2}{2} \cdot (16 \text{ сек}^2 - 9 \text{ сек}^2) = \frac{1 \text{ м/сек}^2 \cdot 7 \text{ сек}^2}{2} = 3,5 \text{ м}.$$

## Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Қандай ҳаракат ўзгарувчан ҳаракат деб аталади? Мисоллар келтиринг.
2. Ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача тезлиги нима?
3. Ўзгарувчан ҳаракатнинг оний тезлиги нима?
4. Ўзгарувчан ҳаракатнинг тезланиши нима?
5. Тезланиш вектор катталики ёки скаляр катталикими?
6. СГС ва СИ системаларидаги тезланиш бирликлари қандай?
7. Текис ўзгарувчан ҳаракат деб қандай ҳаракатга айтилади?
8. Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг қандай турлари бўлади?
9. Бошланғич тезлиги нолдан фарқли бўлган текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезлиги ва йўли формуласини қандай чиқариш мумкин?
10. Бошланғич тезлиги нолга тенг бўлган текис тезланувчан ҳаракатнинг тезлиги ва йўли формуласини қандай чиқариш мумкин?
11. Бошланғич тезлиги нолга тенг бўлган текис секинланувчан ҳаракатнинг тезлиги ва йўли формуласини қандай чиқариш мумкин?
12. Қуйидаги формулаларда нима аргумент бўлади ва нима функция бўлади?

$$v_t = at;$$

$$v_t = v_0 + at;$$

$$s = \frac{at^2}{2};$$

$$s = v_0t + \frac{at^2}{2} ?$$

13. Агар буғ машинасининг поршени цилиндрда 0,3 сек да 0,9 м йўл юрса, поршеннинг ўртача тезлиги қанча?

Ж а в о б и: 3 м/сек.

14. 18 км/соат тезлик билан кетаётган велосипедчи тепаликдан туша бошлади. Агар тезланиш 0,8 м/сек<sup>2</sup> га тенг бўлса, велосипедчининг 6 сек дан кейинги тезлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 9,8 м/сек.

15. Поезд станциядан йўлга чиқди ва биринчи 30 сек да 112,5 м йўл юрди. Поезднинг тезланиши ва охириги тезлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 0,25 м/сек<sup>2</sup>; 7,5 м/сек.

16. Самолёт учиб кўтарилиши учун тезлиги 162 км/соат бўлиши керак. Бундай тезликка эришиш учун 6 сек вақт сарфлайди. Самолётнинг тезланиш олиши учун ўтган масофасини аниқланг.

Ж а в о б и: 135 м.

17. Станцияга яқинлашаётган поезд ундан 250 м наридан бошлаб тормозланган ҳолда тўла тўхтагунча юриб келди. Агар тўхтагунча поезд 25 сек ҳаракатланган бўлса, у қандай тезланиш билан ҳаракатланган?

Ж а в о б и: 0,8 м/сек<sup>2</sup>.

18. Қалинлиги 30 см бўлган деворни тешиб ўтган ўқнинг тезлиги 600 м/сек дан 300 м/сек гача камайди. Ўқнинг тезланишини ва унинг деворда ҳаракатланган вақтини аниқланг.

Ж а в о б и: 450 000 м/сек<sup>2</sup>; 0,00067 сек.

19. Паровоз 14 м/сек тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормозлангандан сўнра 10 сек давомида унинг тезлиги 3 м/сек гача камайди. Поезднинг тезланишини ва тормозланишда ўтган масофасини аниқланг.

Ж а в о б и: 1,1 м/сек<sup>2</sup>; 85 м.

20. Артиллерия снаряди тепаликка тушган пайтида 900 м/сек тезликка эга эди. Агар снаряд ерга 3 м кирган бўлса, снаряднинг тезланишини ва унинг шу чуқурликка кириш вақтини аниқланг.

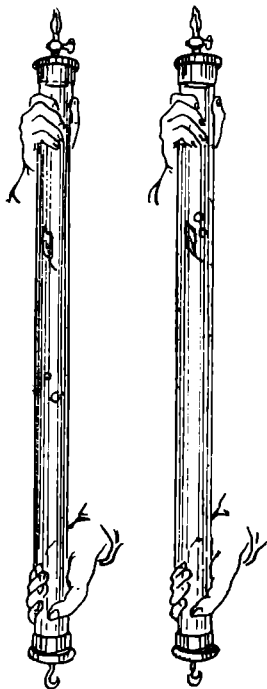
Ж а в о б и: 135 000 м/сек<sup>2</sup>; 0,0067 сек.

21. Агар тормозланиш масофаси 112,5 м га тенг бўлса, 81 км/соат тезлик билан кетаётган поездни тўхтатиш учун қандай тезланиш ва қанча вақт керак?  
Ж а в о б и: 2,25 м/сек<sup>2</sup>; 10 сек.

22. Поезд 64,8 км/соат тезлик билан бормоқда. У баландликка кўтарила бошлади ва бунда унинг тезлиги бир минутдан кейин 10 м/сек гача камайди. Поезднинг тезланиши ва бу вақтда унинг ўтган йўли аниқлансин.  
Ж а в о б и: 0,13 м/сек<sup>2</sup>; 860 м.

## 21-§. Жисмларнинг эркин тушиши. Эркин тушиш тезланиши

Шундай тажриба қилиб кўрайлик. Бир томони кавшарланган ва иккинчи томонига ичидан ҳавони сўриб олиш учун жўмрак маҳкамланган узунлиги бир метрга яқин шиша най олайлик. Найга турли оғирлик ва турли шаклдаги жисмларни, масалан, қуш пати, қоғоз парчалари, пўкак ва қўрғошин питралар солайлик (15- расм.). Найни айлантриб ва тик вазиятга келтириб қуйдагини кузатиш мумкин. Найда ҳаво бўлганда қуш пати қўрғошин питралардан сезиларли даражада орқада қолади. Демак, ҳавонинг бўлиши тушиш тезлигини камайтиради, яъни тушувчи жисмларга қаршилик кўрсатади. Агар найдан ҳавони сўриб чиқарилса, барча жисмларнинг, уларнинг оғирлиги ва шакллари-дан қатъи назар, бир пайтда, яъни барабар тезликда тушишини кузатиш мумкин.



15- расм. Жисмларнинг эркин тушиши намоёнш қилинадиган най.

*Ҳавосиз фазода жисмларнинг Ерга тортиши туфайли тушиши тинч ҳолатдан ( $v_0 = 0$ ) бошланади ва жисмларнинг эркин тушиши дейилади.*

Бу ҳодисани биринчи бўлиб Галилей ўрганди, бироқ у вақтда ҳаво насослари бўлмагани учун Галилей ҳавосиз фазода тажриба ўтказа олмай, тажрибаларни ҳавода ўтказди. Жисмларнинг ҳавода ҳаракатланганда дуч келадиган барча иккинчи даражали ҳодисаларни назарга олмай, Галилей жисмларнинг эркин тушиш қонунини кашф қилди (1590 й.).

1- қ о н у н. *Эркин тушиш тўғри чиқиқли текис тезланувчан ҳаракатдир.*

2- қ о н у н. *Ернинг айни шу жойида эркин тушиш тезланиши барча жисмлар учун бир хил, унинг ўртача қиймати 980 см/сек<sup>2</sup> ёки 9,8 м/сек<sup>2</sup>.*

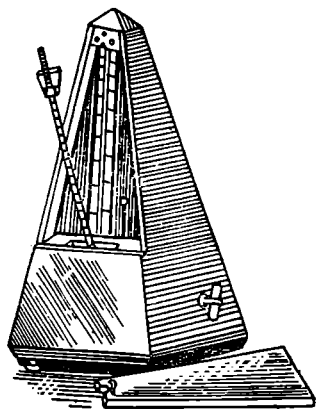
Эркин тушиш тезланишини  $g$  ҳарфи билан белгилаш қабул қилинган.

Бошлангич тезликсиз текис тезланувчан, яъни  $v_0 = 0$  бўлган ҳаракат формуласидан фойдаланиб ва унда  $s$  ни  $h$  га ва  $a$  ни  $g$  га алмаштириб жисмларнинг эркин тушиш формуларини ҳосил қиламиз:

$$v_t = gt; \quad h = \frac{gt^2}{2}; \quad h = \frac{v_t^2}{2g}.$$

Жисмларнинг эркин тушиши ҳақиқатан ҳам текис тезланувчан ҳаракат эканига ишонч ҳосил қилиш учун шундай тажриба қилиш мумкин.

Метроном маятнигидаги кичкина юкчани (16-расм) шундай вазиятга қўямизки, метроном ҳар 0,3 сек да бонг урсин. Сантиметрли бўлимларга бўлинган 4 м дан узунроқ шкалани ўрнатамиз. Тенг вақт ораликларини баланд санайдиган қилиб метрономни ишга туширамиз ва пўлат шарчани полга шундай ташлаймизки, тушишнинг бошланиши метрономнинг бир бонгига, шарчанинг полга урилиши эса келгуси бонгига мос келсин. Шундай баландликни танлаб уни ёзиб қўямиз ва энди бошқа баландликни танлаймиз. Бунда шарчанинг туша бошлаши метрономнинг нолинчи деб олинган бир бонгига, шарчанинг полга урилиши эса нолинчидан кейинги иккинчи бонгига мос келсин. Бу ҳолда шарчанинг тушиш вақти биринчи тажрибадаги вақтдан икки марта катта бўлади. Худди шундай йўл билан тушиш вақти уч марта катталашадиган баландлик танланади.



16-расм. Метроном.

Бундай тажрибалардан бирида ўлчаш натижалари шундай бўлган эди:  $h = 44$  см,  $h = 177$  см,  $h = 398$  см. Пўлат шарчанинг тушиш баландлиги унча катта бўлмаганда ҳавонинг унга қаршилиги жуда кичик бўлгани учун шарчанинг тушишини эркин тушиш деб олиш мумкин. Шарча босиб ўтган йўллари таққослаб тушиш вақти 2 марта, 3 марта ортганда йўлнинг 4 марта, 9 марта ортишини аниқлаш мумкин. Бундан кўриниб турибдики, шарчанинг эркин тушишда ўтган йўли тушиш вақтининг квадратига тўғри пропорционал экан. Бу текис тезланувчан ҳаракатга тўғри келади.

Қуйидаги

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

формуладан фойдаланиб, бу тажрибадан тезланишни ҳисоблаш ҳам қийин эмас:

$$g = \frac{12 \cdot 398 \text{ см}}{(0,9 \text{ сек})^2} = \frac{796 \text{ см}}{0,81 \text{ сек}^2} = 982 \text{ см/сек}^2 \approx 9,8 \text{ м/сек}^2.$$

## 22- §. Тик юқорига отилган жисмнинг ҳаракати

Пўлат ёки ёғоч шарчани тик юқорига отиб, унинг ҳаракати секинланувчан бўлишини сезиш осон. Нима учун ҳаракат секинлашади деган савол туғилади. Жисмларнинг Ерга тортилиши гуфайли ҳаракат секинлашини тушуниш осон.

Жисм эркин тушаётганда, яъни пастга ҳаракатланганда эркин тушиш тезланиши ҳам ҳаракат йўналишида, яъни пастга йўналган, шунинг учун тезлик ортади; агар жисм тик юқорига отилса, у ҳолда эркин тушиш тезланиши ҳаракатга қарама-қарши томонга йўналади, чунки у аввалгидек пастга йўналган, шунинг учун тезлик камаяди.

Секинланиш доимий қолгани учун ( $a = -g$ ), бундан юқорига тик отилган жисмнинг ҳаракати текис секинланувчан, шу билан бирга унинг охириги тезлиги нолга, секинланиши эса абсолют катталиги бўйича  $g$  га тенг бўлади.

Агар  $v_0$  бошланғич тезлик,  $t$  секунддан кейинги тезлиги  $v_t$ ,  $h$ — жисмнинг  $t$  секунддан кейинги кўтарилиш баландлиги,  $g$ —секинланишнинг абсолют катталиги бўлса, унда мана бу формулаларни ёзиш мумкин:

$$v_t = v_0 - gt, \quad h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}, \quad h = \frac{v_0^2 - v_t^2}{2g}.$$

Жисм юқори нуқтага етганда бир он тўхтади ва унинг тезлиги нолга тенг бўлади, яъни  $v_t = 0$ , шунинг учун  $v_0 = gt$ , бундан

$$t = \frac{v_0}{g}.$$

Бу формуладан жисмнинг кўтарилиш вақтини билиш мумкин. Жисмнинг кўтарилиш баландлигини тезланиши абсолют катталиги жиҳатидан  $g$  га, охириги тезлиги  $v_t = 0$  бўлган текис секинланувчан ҳаракатнинг йўл формуласидан топиш мумкин. Бу ҳолда қуйидагини ҳосил қиламиз:

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

Жисмнинг тик юқорига ўтган йўли  $h = \frac{v_0^2}{2g}$ , эркин тушишда ўтган йўли  $h = \frac{v_t^2}{2g}$  га тенг бўлади, шунинг учун тенгликнинг ўнг қисмларини тенглаштириб мана бундай муносабатни оламиз:

$$\frac{v_0^2}{2g} = \frac{v_t^2}{2g},$$

бундан  $v_0^2 = v_t^2$  ёки

$$v_0 = v_t.$$

*Жисмнинг отишдаги бошланғич тезлиги эркин тушишдаги охириги тезлигига тенг.*

Эркин тушишнинг охириги тезлигини  $v_t = gt_1$  формуладан аниқлаш мумкин, бу ерда  $g$ —эркин тушиш тезланиши,  $t_1$ —ту-



шиш вақти. Отишдаги  $v_0$  бошланғич тезликни  $v_0 = gt_2$  формуладан аниқлаш мумкин, бу ерда  $g$ —тезланиш (абсолют катталиги),  $t_2$ —кўтарилиш вақти. Бироқ  $v_t = v_0$ , шунинг учун  $gt_1 = gt_2$ , бундан:

$$t_1 = t_2.$$

*Жисмининг юқори нуқтага кўтарилиш вақти эркин тушиш вақтига тенг.*

21- масала. Қозиқ оёқлар қоқишда ишлатиладиган копёр болғаси 1,22 м баландлиқдан тушади. Уни ташқи куч билан кўтариш учун тушиш вақтидан 5 марта кўп вақт керак бўлади. Копёрнинг бир минутда неча марта урилишини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$\begin{aligned} h &= 1,22 \text{ м}; \\ g &= 9,8 \text{ м/сек}^2; \\ t_2 &= 5 t_1. \end{aligned}$$

1. Копёрнинг тушиш вақтини аниқлаймиз:

$$h = \frac{gt_1^2}{2}; \quad 2h = gt_1^2; \quad t_1^2 = \frac{2h}{g}.$$

---


$$n - ?$$

2. Копёрнинг кўтарилиш вақтини

аниқлаймиз:

$$t_2 = 5t_1$$

3. Копёрнинг бир зарба бериб ўзининг аввалги жойини эгаллагунча ўтган вақтни аниқлаймиз:

$$t = t_1 + t_2.$$

4. Копёрнинг 1 минутда неча марта урилишини топамиз:

$$n = \frac{60 \text{ сек}}{t \text{ сек}}.$$

5. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз ва ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned} n &= \frac{60 \text{ сек}}{t_1 + t_2} = \frac{60 \text{ сек}}{\sqrt{\frac{2h}{g}} + 5\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{60 \text{ сек}}{6\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{10 \text{ сек}}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}, \\ n &= \frac{10 \text{ сек}}{\sqrt{2 \cdot \frac{1,22 \text{ м}}{9,8 \text{ м/сек}^2}}} \approx \frac{10 \text{ сек}}{0,5 \text{ сек}} = 20 \text{ марта урилади.} \end{aligned}$$

22- масала. Қудуқнинг чуқурлигини аниқлашда унга тош ташланади. Тошнинг сувга тушган овози ҳаракат бошлангандан 5,36 сек ўтгандан сўнг кузатувчига эшитилган.  $g = 98 \text{ м/сек}^2$ , товушнинг тезлиги 343 м/сек (ҳавонинг + 22°C температурасига мос келади) деб олиб, қудуқнинг чуқурлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$\begin{aligned} t &= 5,36 \text{ сек}; \\ v &= 343 \text{ м/сек}; \\ g &= 9,8 \text{ м/сек}^2. \end{aligned}$$

1. Тошнинг ўтган йўли:

$$h = \frac{gt_1^2}{2},$$

---


$$h - ?$$

бу ерда  $t_1$ —тошнинг тушиш вақти.

2. Товушнинг ўтган йўли  $h = vt_2$ , чунки товуш текис тарқалади ( $t_2$ —товушнинг тарқалиш вақти).

3. Йўллар бирдай, шунинг учун:

$$\frac{gt_1^2}{2} = vt_2.$$

4. Тенгламалар системасини ечамиз:

$$\begin{cases} \frac{gt_1^2}{2} = vt_2 & \text{ёки} & t_2 = t - t_1 \\ t_1 + t_2 = t & & \frac{gt_1^2}{2} = v(t - t_1) \end{cases}$$

$$\frac{gt_1^2}{2} = 2vt - 2vt_1$$

$$gt_1^2 + 2vt_1 - 2vt = 0$$

$$t_1 = \frac{-2v \pm \sqrt{4v^2 + 8gv t}}{2g} = \frac{-v \pm \sqrt{v^2 + 2gv t}}{g}.$$

Вақт манфий бўла олмайди, шунинг учун илдиз фақат мусбат қийматга эга бўлади, яъни

$$t_1 = \frac{-v + \sqrt{v^2 + 2gv t}}{g} = \frac{-v + \sqrt{v(v + 2gt)}}{g}.$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t_1 = \frac{-343 \text{ м/сек} + \sqrt{343 \text{ м/сек} \cdot (343 \text{ м/сек} + 2 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 5,36 \text{ сек})}}{9,8 \text{ м/сек}^2},$$

$$t_1 \approx 5 \text{ сек}.$$

6. Қудуқнинг чуқурлигини аниқлаймиз:

$$h = \frac{gt_1^2}{2},$$

$$h = \frac{9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 25 \text{ сек}^2}{2} = 122,5 \text{ м}.$$

**23- масала.** Икки жисмнинг бирдан кейин иккинчиси 5 сек ўтгач бир хил баландликдан эркин туша бошладн. Биринчи жисмнинг туша бошлаган вақтдан ҳисоблаганда қанча вақт ўтгандан кейин жисмлар орасидаги масофа 196 м бўлади?

Берилган (СИ системасида):

$$t_2 = (t_1 - 5) \text{ сек};$$

$$g = 9,8 \text{ м/сек}^2;$$

$$l = 196 \text{ м}.$$

$$t_1 = ?$$

Ечилиши

1. Биринчи жисмнинг тушиш баландлигини аниқлаймиз:

$$h_1 = \frac{gt_1^2}{2}.$$

2. Иккинчи жисмнинг тушиш баландлигини аниқлаймиз:

$$h_2 = \frac{g(t_1 - 5)^2}{2}.$$

3. Жисмлар орасидаги масофани топамиз:

$$l = h_1 - h_2 = \frac{gt_1^2}{2} - \frac{g(t_1 - 5)^2}{2}.$$

4. Сон қийматларини қўйиб ва тенгламани  $t_1$  га нисбатан ечиб,  $t_1 = 6,5 \text{ сек}$  қийматини оламиз.

**24- масала.** Бир жисм 98 м баландликдан эркин тушмоқда. Айни шу вақтда бошқа жисм 39,2 м/сек тезлик билан тик юқорига отилди. Қанча вақт ўтгандан сўнг жисмлар учрашади ва Ердан қандай баландликда учрашади?

$$H = 98 \text{ м};$$

$$v_0 = 39,2 \text{ м/сек};$$

$$g = 9,8 \text{ м/сек}^2.$$

$$t - ?$$

$$h - ?$$

1. Биринчи жисмнинг иккинчи жисм билан учрашгунча ўтган йўли

$$h_1 = \frac{gt_1^2}{2}. \quad (1)$$

2. Биринчи жисмнинг  $t$  сек дан кейин кўтариладиган баландлиги

$$h = H - h_1 = H - \frac{gt_1^2}{2}. \quad (2)$$

3. Иккинчи жисмнинг  $t$  сек дан кейин кўтариладиган баландлиги:

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}. \quad (3)$$

(2) ва (3) тенгламалардан шуни ҳосил қиламиз:

$$v_0 t - \frac{gt^2}{2} = H - \frac{gt^2}{2}.$$

бундан

$$v_0 t = H; \quad t = \frac{H}{v_0}.$$

$$t = \frac{98 \text{ м}}{39,2 \text{ м/сек}} = 2,5 \text{ сек}.$$

$$4. h = H - \frac{gt^2}{2}; \quad h = 98 \text{ м} - 30,62 \text{ м} \approx 67 \text{ м}.$$

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Қандай ҳаракатга жисмларнинг эркин тушиши дейилади?
2. Жисмларнинг эркин тушиш қонуллари қандай ўқилади?
3. Эркин тушиш тезланишининг ўртача қиймати нимага тенг?
4. Жисмларнинг тушиш тезлиги ва тушиш баландлигини қандай формулалар билан ифодалаш мумкин?
5. Тик юқорига отилган жисм қандай ҳаракатланади?
6. Тик юқорига отилган жисмнинг тезланиши нимага тенг?
7. Жисмнинг кўтарилиш вақти ва кўтарилиш баландлиги нимага тенг?
8. Жисмни тик юқорига отиш бошлангич тезлиги эркин тушишнинг охириги тезлигига тенг эканини қандай исботлаш мумкин?
9. Жисмнинг энг юқори нуқтага кўтарилиш вақти унинг тушиш вақтига тенг эканини қандай исбот қилиш мумкин?
10. Агар бошлангич тезликсиз тушган тош қудуқдаги сувнинг юзига 4 сек ўтгандан сўнг етган бўлса, қудуқнинг чуқурлигини аниқланг.  
( $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ ).

Жавоб: 78,4 м.

11. Фабрика трубасини қуришда 44,1 м баландликдан бир фишт тушиб кетди. У қанча вақтда ерга тушади? ( $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ )

Жавоб: 3 сек.

12. Агар бино тоmidан бошлангич тезликсиз тушиб кетган тош Ерга 2 сек ўтгандан сўнг етган бўлса, бинонинг баландлигини топинг.

Жавоб: 19,6 м.

13. Икки жисм турли баландликдан эркин тушиб Ерга баравар етиб келади. Биринчи жисмнинг тушиш вақти 10 сек, иккинчисиники 5 сек. Иккинчи жисм туша бошлаганда биринчи жисм қандай баландликда эди?

Жавоб: 367,5 м.

14. Жисм 122,5 м баландликдан эркин тушмоқда. Жисмнинг бешинчи секундда қандай масофа ўтганини аниқланг.

Ж а в о б и: 44,1 м.

15. Форга тош тушиб кетди. 5 сек ўтгандан сўнг тошнинг фор тубига урилган товуши эшитилди.  $g = 10$  м/сек<sup>2</sup> ва товушнинг тезлиги  $v = 340$  м/сек деб олиб, форнинг чуқурлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 110 м.

16. Ўт ўчириш насосидан сув оқими 44,1 м баландликка отилмоқда. Сув насосдан қандай тезликда чиқмоқда? ( $g = 9,8$  м/сек<sup>2</sup>).

Ж а в о б и: 29,4 м/сек.

17. Жисм тик юқорига 19,6 м/сек тезлик билан отилди. 0,5 сек дан кейин унинг тезлиги қандай бўлади ва у қандай баландликка кўтарлиб улгуради?

Ж а в о б и: 14,7 м/сек;  $\approx 8,6$  м.

18. Жисм тик юқорига 49 м/сек тезлик билан отилган. Қанча вақт ўтгандан сўнг жисмнинг тезлиги 10 марта камаяди ва бу вақтда жисм қандай баландликка кўтарилиб улгуради?

Ж а в о б и: 4; 5 сек; 121,3 м.

19. Жисм тик юқорига 78,4 м/сек тезлик билан отилди. Қанча вақт ичида жисм 137,2 м баландликка кўтарилади ва бу баландликда унинг тезлиги қанча бўлади?

Ж а в о б и: 2 сек; 58,8 м/сек.

---

## ДИНАМИКА АСОСЛАРИ

## 23-§. Жисмларнинг инерцияси. Ньютоннинг биринчи қонуни

Механиканинг механик ҳаракатни уни келтириб чиқарган сабаблари ва ҳаракатланувчи массаларга боғлиқ ҳолда ўрганилган бўлми *динамика* дейилади.

Бизнинг эраимизгача IV асда яшаган қадимги грек олими Аристотель жисм унга бошқа жисмлар доимий таъсир қилгандагина тўғри чизиқли текис ҳаракат қила олади деб айтган эди.

Италия олими Галилео Галилей (1564—1642) бунинг аксини исбот қилди: ҳар бир жисм унга бошқа жисмлар таъсир қилмагандагина ўзининг ҳаракат ҳолатини сақлайди.

Фараз қилайлик, силлиқланган металл шар болга зарби таъсирида ҳаракатга келтирилиб, қумли йўлдан думалаётган бўлсин. Шар тезда тўхтаб қолади. Қум зарралари бир-бирига ва думалаётган шарга илашиб, шар остига тушиб, олди ва ёнларига тиқилиб шарнинг ҳаракатланишига ҳар томондан тўсқинлик қилади ва унинг тезлигини камайтиради. Силлиқ муз сиртида шар кўпроқ ҳаракатланади, қумдагидан узоқроқ масофага боради. Агар шар ўз йўлида бошқа жисмга дуч келмаса у ўз йўналишини ўзгартирмайди. Агар шарга бошқа жисмлар тўсқинлик қилмаганда эди, у тўғри чизиқли текис ҳаракатини чексиз давом эттирган бўлур эди. Агар шар ҳаракатсиз ётганда эди, у ўз-ўзидан ҳаракатга келмас эди. Бу хусусиятлар табиатдаги ҳамма жисмларга хосдир. Жисмларнинг бу хусусиятларини биринчи бўлиб Галилей ўрганди (1632 й). У шундай хулосага келди: *ҳар қандай жисм ўз-ўзича, унга бошқа жисмларнинг таъсири бўлмаганда, ўзининг ҳаракат тезлигини ўзгартирмасдан сақлайди*. Жисмларнинг бу хоссаси *инерция* дейилади.

1668 йилда инглиз олими Исаак Ньютон инерция қонунини шундай сўзлар билан ифодалади: *ҳар қандай жисм нисбий тинчлик ҳолати ёки тўғри чизиқли текис ҳаракатини унга бошқа жисмлар ташқаридан таъсир қилиб бу ҳолатни ўзгартирмагунча сақлайди* (Ньютоннинг биринчи қонуни ёки динамиканинг биринчи қонуни).

Бу қонундан қуйидаги асосий қондалар келиб чиқади.

1. Агар жисм тинч турган бўлса, унга ташқи куч таъсир қилмагунча ўзининг тинч ҳолатини сақлайди.

2. Агар жисм ҳаракатда бўлса ва унга ташқи куч таъсир қилмаётган бўлса ёки таъсир қилишни тўхтатса, у ўзининг тўғри чизиқли текис ҳаракатини сақлайди, яъни бу ҳолда унинг тезлиги катталики жиҳатидан ҳам, йўналиши жиҳатидан ҳам доимий қолади. Бундай ҳаракат жисмнинг инерция бўйича ҳаракати деб аталади. I қонунда ифодаланган асосий фикр шуки, фақат ташқи кучгина жисмнинг тинчлигини ва ҳаракат тезлигини ўзгартириши мумкин, жисмнинг ўзи эса ҳамма ҳодисаларда инерцияга эга бўлади: жисм ўзининг тинчлигини ёки ўзгармас тезликли тўғри чизиқли ҳаракатини сақлайди.

Жисмларнинг ўзининг тинчлиги ёки ҳаракатини ташқи кучлар ўзгартирмагунча сақлашига қатор мисоллар кўрсатиш мумкин.

Масалан, югуриб кетаётган киши дарҳол тўхтаёт олмайди. Поезд, трамвай, автомобиль двигатели тўхтатилгандан кейин ҳам ўз ҳаракатини давом эттиради, бирмунча вақт ўз тезлигини сақлайди ва сўнгра ишқаланиш туфайли тезлиги пасаяди. Агар поезд кескин ҳаракатга келса, унда ўтирган йўловчилар ўзларининг тинч ҳолатларини сақлаб, ҳаракатга қарама-қарши томонга қалқиб кетадилар.



### Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Динамиканинг биринчи қонуни нима ва уни ким кашф қилган?
2. Жисмларнинг инерцияси нима?
3. Инерция бўйича ҳаракатларга мисоллар келтиринг.
4. Чангли кийим силкитилганда нима учун улардан чанг кўтарилиб кетади?
5. Агар авторучка ёзмай қолса, уни силкитилади, бунда перога сиёҳ келади. Бу ҳодисани тушунтиринг.
6. Югуриб кетаётган киши қоқилиб кетса олдига, сирпаниб кетса эса орқага йиқилади. Нима учун шундай бўлади?
7. Агар ипга боғланган юкнинг пастидан ҳам ип боғлаб (17- расм), пастки ипдан секин тортилса, юкори ип узилади. Агар пастки ипни кескин тортилса, ўзи узилади. Бу ҳодисани тушунтиринг.

17- расм.

8. Болга ёки болтага даста ўрнатиш учун дастанинг бўш учини бирор қўзғалмас қаттиқ жисмга урилади. Бу ҳодисани тушунтиринг.

9. Ҳаракатланаётган трамвайни тўхташ вақтида тўсатдан тормоз берилса, унда турган одамлар қайси томонга огади? Нима учун?

10. Тўхтаб турган вагонни жойидан қўзғатиш қийинми ёки силжиган вагонни тўғри чизиқли текис ҳаракат қилдиришми? Нима учун?

11. Ранда тигини созлаш учун болгача билан гоҳ ранда тигининг юкори қисмига, гоҳ ранда ёғочининг орқа қисмига урилади. Тиг темиррига урилганда у рандадан чиқади, ранда кундасининг орқа қисмига урилганда тиг орқага чиқади. Бу ҳодисани тушунтиринг.

12. Нима учун югуриб кетаётган от қоқилганда, чавандоз отнинг бошидан ошиб тушади?

## 24- §. Куч тезланиш сабабидир. Куч—вектор

Қатор мисоллар кўрайлик. Маълумки, магнит ўзига темир-ни тортади. Бу ўзаро таъсир натижасида биз уларнинг яқинлашишини кўрамиз. Бу ҳолда темир билан магнит орасида тортишиш бўлади деб айтишимиз мумкин.

Порох газлари ўқни ҳаракатга келтиради. Бу ўзаро таъсир натижасида ўқ ўзининг ҳаракат тезлигини ўзгартиради, яъни тезланиш олади. Бу ерда порох газларининг босим кучи таъсир қилади.

Пўлат симни узиш учун уни ҳосил қилган зарралар орасидаги ўзаро таъсирни енгиш керак. Бу ерда молекулалараро тутиниш кучлари намоён бўлади деб айтиш мумкин.

Бир жисм ҳаракатланаётган иккинчи жисм сирти бўйлаб ҳаракатланаётганда у ҳамма вақт тинч турган жисмни ўз ортидан илаштириб, тинч турган жисм эса ўз навбатида ҳаракатланаётган жисмга тўсқинлик қилади. Бу ерда ҳам зарралар орасидаги ўзаро таъсир намоён бўлади. Бундай ўзаро таъсир натижасида ҳаракатланаётган жисмнинг тезлиги камаяди, сиртлари ейлади ва қизийди. Бу ҳолда бир жисм иккинчи жисм устида ҳаракатланганда ишқаланиш кучи юзага келади.

Агар пружинага юк осилса, юк таъсирида пружина чўзилади, у ўз шаклини ўзгартиради. Бу ҳолда пружина деформацияланади деб гапирилади. Деформация натижасида эластиклик кучлари пайдо бўлади, бу кучлар жисм шаклини қайта тиклашга ҳаракат қилади. Бу ерда куч жисм деформациясининг сабабидир.

Келтирилган мисоллардан табиатда жисмлар орасида ўзаро таъсир намоён бўлмайдиган жисмлар йўқ деб хулоса қилиш мумкин. Жисмларнинг бундай ўзаро таъсир катталигини куч деб аталади. Айтиш мумкин, бир жисмнинг зарралари орасида мавжуд бўлган кучлар, масалан, тутиниш кучларини ички кучлар деб аташга шартлашилган. Бир жисмнинг иккинчи жисм билан бутунча ўзаро таъсиридан ҳосил бўлган ва жисмларнинг ҳаракатини ўзгартирадиган кучларни шартли равишда ташқи кучлар деб аталади. Албатта, куч материядан ажралган ҳолда, материя бўлмагани ҳолда ташқаридан келтирилади деб ўйла-маслик керак. „Куч“ сўзи материянинг бир зарраси иккинчи заррасига ёки бир жисм иккинчи жисмга таъсир қилади ва ўзаро таъсир туфайли уларнинг ҳаракати ўзгаради деган маънони беради. Шундай қилиб, *куч жисмнинг бир бутунча ҳаракатининг, шунингдек унинг зарралари ҳаракатининг бошқа жисм томонидан ўзгартирилишини характерловчи катталикдир* деб айтиш мумкин. Табиатда фақат жисмларнинг ўзаро таъсири мавжуддир, лекин ҳамма ҳолда бир жисм иккинчи жисмга таъсир қилди ва унинг ҳаракатини ўзгартирди деб такрорлаш ўрнига соддагина қилиб *жисмга куч таъсир қилди* деб гапирилади. Механикавий ҳодисаларни ўрганишда кўп

ҳолларда куч таъсирида жисмнинг ҳаракат тезлиги ўзгаради. Албатта бу жисмлар ҳаракати ўзгаришларининг турли-туман имкониятларининг хусусий ҳолидир. Шу асосда механикада кучнинг яна шундай таърифи ҳам қўлланилади: *куч жисм ҳаракати тезланишининг сабабидир*. Кучнинг тўлиқ таърифи бу эмас ва барча ҳодисаларни ўрганишда уни қўллаб бўлмайди, бироқ механикада ундан фойдаланиш мумкин. Бу тўғрида Энгельс шундай деган эди: „Механикада ҳаракат сабаби берилган деб қабул қилинади ва унинг келиб чиқиши билан қизиқилмайди, фақат бу сабабнинг таъсири назарга олинади. Шунинг учун бирор ҳаракат сабабини куч деб аталса, бундан механикага туб маъноси билан ҳеч қандай зарар бўлмайди“ (К. Маркс ва Ф. Энгельс. Асарлар, IV том 547-бет).

Кучни турли усуллар билан ўлчаш мумкин. Кучни динамометр билан ўлчаш энг кенг тарқалган усуллардан биридир. Ҳаммага маълум бўлган динамометр биз II бобда кўриб ўтган пружинали тарозидир.

Динамометрни ҳалқага маҳкамлаб унга турли оғирликдаги, масалан, 1 н, 2 н ва ҳоказо тошлар осилади. Тошларнинг таъсирида пружинанинг шакли ўзгаради ва кўрсаткич (стрелка) динамометр шкаласи бўйлаб силжийди. Шундай йўл билан динамометр шкаласида ньютонлар ва унинг улушларини белгилаб даражалаш мумкин.

Ҳар қандай жисмга ҳамма вақт қандайдир кучлар таъсир қилади. Бу кучлар оғирлик кучи, ишқаланиш кучи ва ҳоказо бўлиши мумкин. Кучнинг таъсири фақат унинг сон қийматига эмас, шунингдек унинг *йўналишига* ва *қўйилиш нуқтасига* ҳам боғлиқ бўлади. Ҳақиқатан ҳам, агар эшикка перпендикуляр равишда 10 н куч қўйилган бўлса, биз бу кучнинг қандай намоён бўлиши ҳақида аниқ тасаввурга эга бўла олмаيمиз, бу куч эшикни очадими ёки ёпадим билмаймиз. Бироқ кучнинг сон қиймати ва унинг йўналиши ҳали унинг таъсир натижасини билдирмайди, унинг яна эшикка қўйилиш нуқтасини, яъни куч қаерга қўйилганини, эшикнинг ошиқ-мошиғами ёки дастасига қўйилганини билишимиз керак бўлади.

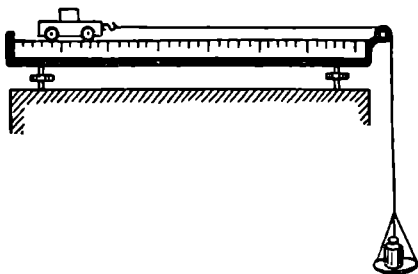
Қўйилган куч тўғрисида тўла тасаввурга эга бўлиш учун: 1) кучнинг қандай катталиқда эканлиги; 2) унинг қандай йўналишда таъсир қилиши; 3) қайси нуқтага қўйилганини билиш керак.

Шундай қилиб, *куч вектордир* деб хулоса қилиш мумкин. Кучни график равишда ифодалаш мумкин. Бунинг учун масштаб танланади ва бу масштабда берилган кучда қанча бирлик бўлса, тўғри чизиқда шунча бирлик қўйилади. Бу тўғри чизиқнинг йўналиши кучнинг йўналишига мос келиши керак. Бу йўналишни стрелка билан кўрсатилади. Тўғри чизиқнинг учи кучнинг қўйилиш нуқтасига тўғри келиши керак.



## 25- §. Ньютоннинг иккинчи қонуни

Оддий кузатишлардан поезднинг битта локомотив тортиш кучи таъсирида олган тезланиши иккита локомотив тортиш кучи таъсирида олган тезланишидан кичик бўлишини аниқлаш осон. Бу мисолдан, жисмнинг тезланиши унга таъсир қилаётган кучга боғлиқ экани кўриниб турибди. Куч билан тезланиш орасидаги боғланишни миқдорий жиҳатдан аниқлаш учун Ньютон ўлчашлар олиб борди. Бу мақсадда у горизонтал ойна сирти бўйлаб юк таъсирида ҳаракатланувчи аравадан фойдаланди (18-расм). Аравачанинг массасини шайинли тарозидан тортиб ва қўйилган куч (юк) таъсирида аравачанинг босиб ўтган йўли ҳамда ҳаракат вақтини аниқлаб, Ньютон қуйидаги формуладан тезланишни топди:



18-расм. Жисмга таъсир қилаётган куч ва унинг ҳаракат тезланиши орасидаги боғланишни намоён қилувчи қурилма.

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

Ҳаракатлантирувчи кучни (юкни) 2 марта, 3 марта ва ҳоказо орттириб вақтни янгидан ўлчаб ва тезланишни янгидан ҳисоблаб, Ньютон жадвалда кўрсатилгандек тезланишнинг 2 марта, 3 марта ва ҳоказо ортганини ҳисоблади:

$F$	$2F$	$3F$	$4F$	$5F$
$a$	$2a$	$3a$	$4a$	$5a$

Шунга ўхшаш кўплаб тажрибалар асосида Ньютон *жисмнинг массаси ўзгармас бўлганда унинг тезланиши таъсир қилувчи кучга тўғри пропорционал ўзгаришини аниқлади*, яъни таъсир қилаётган куч бир неча марта ортганда ёки камайганда жисмнинг тезланиши ҳам шунча марта ортади ёки камаяди. Буни қисқача шундай ёзиш мумкин:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2},$$

бу ерда  $a_1$  ва  $a_2$ —тезланишлар,  $F_1$  ва  $F_2$ —кучлар.

Оддий кузатишлардан жисмнинг тезланиши жисмнинг массасига ҳам боғлиқ эканига ишонч ҳосил қилиш мумкин. Кам юк ортилган автомобиль гарчи двигателлар кучи баравар бўлса-да, кўп юк ортилган автомобилга қараганда катта тезланишга эга бўлади.

Куч ўзгармас бўлганда жисмларнинг массаси ва тезланиш орасидаги боғланишни ўрганиш учун Ньютон юқорида кўриб ўтилган қурилма ёрдамида ўлчашлар олиб борди. Аравачани ҳаракатлантираётган юкни ўзгартирмаган ҳолда у аравача массасини 2 марта, сўнгра 3 марта ва ҳоказо оширди. Аравачанинг ўтган йўли ва ҳаракатланиш вақтини ўлчаб, сўнгра эса тезланишни

$$a = \frac{2s}{t^2}$$

формуладан ҳисоблаб, тезланишнинг 2 марта, сўнгра 3 марта ва ҳоказо камайишини аниқлади (жадвалда кўрсатилган):

$m$	$2m$	$3m$	$4m$	$5m$
$a$	$\frac{1}{2} a$	$\frac{1}{3} a$	$\frac{1}{4} a$	$\frac{1}{5} a$

Шунга ўхшаш тажрибалардан Ньютон куч ўзгармас бўлганда тезланиш—жисм массасига тескари пропорционал ўзгаришини аниқлади, яъни масса бир неча марта органида тезланиш ҳам шунча марта камайар экан. Буни математик равишда шундай ифодалаш мумкин:

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

Бу хулосаларни бирлаштириб, Ньютон динамиканинг II қонунини аниқлади: *жисмнинг тезланиши таъсир қилаётган кучга тўғри пропорционал массасига тескари пропорционалдир.*

Агар  $a$ —тезланиш,  $m$ —масса,  $F$ —куч бўлса, динамиканинг иккинчи қонунини шундай ёзиш мумкин:

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

Бу қонунда тезланиш жисмнинг массасига ва таъсир қилувчи кучга боғлиқ бўлган функциядир. Динамиканинг иккинчи қонунини ўзгартариб шундай ёзамиз:

$$F = ma.$$

Куч ва масса бир-бирига боғлиқ бўлмагани учун динамиканинг II қонунини: жисмга таъсир қилувчи куч жисмнинг массаси ва тезланишига тўғри пропорционалдир деб ўқиш ярамайди.

Агар қонунни қуйидаги

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

кўринишда ёзсак, жисмнинг массаси кучга тўғри ва тезланишга тескари пропорционалдир деб айтиш мумкин эмас, чунки куч ҳам, масса ҳам бир-бирига боғлиқ эмас.

$$F = ma \text{ ва } m = \frac{F}{a}$$

формулалар куч ёки массани ҳисоблаш учун ҳисоб формула-лари бўлиб хизмат қилади. Уларни шундай ўқилади: *куч мас-са билан шу массага берилган тезланишнинг кўпайтмасига тенг; масса кучнинг тезланишга бўлинмасига тенг.*

Динамиканинг II қонунини тажрибада текшириш учун го-ризонтал шиша сирт бўйлаб юк таъсирида ҳаракатланаётган аравачадан фойдаланиш мумкин.

Куч ва тезланиш орасидаги боғланишни текширишга доир ўлчашлар натижалари бир тажрибада қуйидагича бўлган эди:

Тажриба тартиби	Аравачанинг массаси $m$ , г	Аравачанинг утган йўли $s$ , см	Ҳаракат вақти $t$ , сек	Ҳаракатланти-рувчи куч $F$ , дина	Тезланиш $a$ , $\frac{см}{сек^2}$
1	200	98	4,6	1962	9,7
2	200	98	3,1	3924	20

Жадвалдан кўриниб турибдики, аравачанинг массаси ўзгар-маганда ҳаракатлантирувчи кучнинг икки марта ортиши билан тезланиш ҳам тахминан икки марта ортади, бинобарин, жисм-нинг массаси ўзгармас бўлганда тезланиш кучга тўғри про-порционал ўзгаради.

Куч ўзгармас бўлганда жисмнинг массаси ва тезланиш орасидаги боғланишни текширишга доир ўлчаш натижалари тажрибаларнинг бирида қуйидагича бўлган эди:

Тажриба тартиби	Аравачанинг массаси $m$ , г	Аравачанинг утган йўли $s$ , см	Ҳаракат вақти $t$ , сек	Ҳаракатланти-рувчи куч $F$ , дина	Тезланиш $a$ , $\frac{см}{сек^2}$
1	200	98	4,5	1962	9,7
2	400	98	6,3	1962	4,93

Бу жадвалдан куч ўзгармас бўлганда аравача массаси икки марта ортганда тезланишнинг тахминан икки марта камайиши кўриниб турибди, бинобарин, куч ўзгармаганда жисмнинг тез-ланиши унинг массасига тескари пропорционал бўлар экан.

## 26- §. Жисмнинг массаси унинг инерция ўлчовидир

Тинч турган жисмга бошқа жисмлар тўсқинлик қилмаганда уни ҳаракатга келтириш учун унга ташқи куч таъсир қилиши керак, бу куч тинчлик инерциясини ҳаракат инерциясига ўз-гартиради.

Динамиканинг I қонунидан *табиатдаги барча жисмлар инертдир* деган хулоса чиқади. Турли жисмларда инертлик ўлчови турличадир. Юк ортилган вагончани ва худди шундай юксиз вагончани жойидан силжитишга ҳаракат қилиб кўрай-

лик. Агар уларга бирдай куч билан таъсир қилинса, вагончалар турли тезланиш билан ҳаракатлана бошлайди: бўш вагончанинг тезлиги тез орта бошлайди, юк ортилган вагончанинг тезлиги эса секин орта бошлайди. Агар вагончаларни бирдай куч билан тормозлана бошланса, тескари ҳодисани кузатиш мумкин, бўш вагонча юк ортилган вагончадан тезроқ тўхтайдди. Бундан айни бир куч таъсир қилганда бўш вагончанинг тезланиши юк ортилган вагончанинг тезланишидан каттадир, деган хулоса чиқади.

Икки жисмдан қайси бири бирдай куч таъсир қилганда кичик тезланиш олса, ўша жисм инертлироқ бўлади. Бу динамиканинг иккинчи қонунидан келиб чиқади.

Массаси каттароқ бўлган жисм инертлироқ бўлади. Бунга асосланиб, жисмнинг массасини унинг инертлигининг миқдорий характеристикаси дейиш мумкин ёки бошқача айтганда, *жисмнинг массаси унинг инертлигининг ўлчовидир.*

## 27-§. Кучнинг СГС ва СИ системаларида ўлчов бирликлари ва улар орасидаги муносабатлар

1. СГС система. Бу системада масса бирлиги— 1 г, тезланиш бирлиги—1  $см/сек^2$ ; куч бирлигини ҳосилавий бирлик сифатида  $F = ma$  формуладан фойдаланиб чиқариш мумкин:

$$F = 1 г \cdot 1 \frac{см}{сек^2} = 1 \frac{г \cdot см}{сек^2} = 1 \text{ дина.}$$

1 г массага 1  $см/сек^2$  тезланиш берадиган куч *дина* деб аталади.

1 *дина* кучни системага кирмайдиган куч бирликлари 1 Г ва 1  $кГ$  билан таққослаймиз.

Эркин тушиш қонунларидан 1 Г оғирлик кучи 1 г массага  $g = 980 см/сек^2$  тезланиш беришини биламиз, бинобарин,

$$1 Г = 1 г \cdot 980 \frac{см}{сек^2} = 980 \frac{г \cdot см}{сек^2} = 980 \text{ дина, яъни} \\ 1 Г = 980 \text{ дина.}$$

1  $кГ$  куч = 1000 Г = 1000 · 980 *дина* = 980 000 *дина* =  $9,8 \cdot 10^5$  *дина*,  
яъни 1  $кГ$  =  $9,8 \cdot 10^5$  *дина*.

2. СИ система. Бу системада масса бирлиги 1 *кг*, тезланиш бирлиги 1  $м/сек^2$ ; куч бирлигини ҳосилавий бирлик сифатида  $F = ma$  формуладан келтириб чиқариш мумкин:

$$F = 1 кг \cdot 1 \frac{м}{сек^2} = 1 \frac{кг \cdot м}{сек^2} = 1 \text{ ньютон} = 1 н.$$

1 *кг* массага 1  $м/сек^2$  тезланиш берадиган куч ньютон деб аталади. 1 *н* кучни 1 *дина* куч билан таққослаймиз:

$$1 \text{ н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} = 1000 \text{ г} \cdot 100 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2} = 100\,000 \frac{\text{г} \cdot \text{см}}{\text{сек}^2} = 10^5 \text{ дина};$$

$$1 \text{ н} = 10^5 \text{ дина}.$$

Кучнинг системага кирмайдиган бирлиги  $1 \text{ кг}$  билан  $1 \text{ н}$  куч орасидаги муносабатни аниқлаймиз: а)  $1 \text{ кг} = 9,8 \cdot 10^5 \text{ дина}$ , б)  $1 \text{ н} = 10^5 \text{ дина}$ ; биринчи тенгликни иккинчисига бўлиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{1 \text{ кг}}{1 \text{ н}} = 9,8,$$

бундан

$$1 \text{ кг} = 9,8 \text{ н}.$$

Иккинчи тенгликни биринчига бўлиб, қуйидагини оламиз:

$$\frac{1 \text{ н}}{1 \text{ кг}} = \frac{1}{9,8} = 0,102,$$

бундан

$$1 \text{ н} = 0,102 \text{ кг}.$$

## 28-§. Жисмнинг оғирлигини масса ва оғирлик кучи тезланиши орқали ифодалаш. Массанинг техникавий бирлиги

Эркин тушишда ҳамма жисмлар текис тезланувчан ҳаракат қилади, бинобарин, уларга куч таъсир қилади. Бу куч жисмларнинг Ерга тортишиш кучидир, бу куч оғирлик кучи ёки оғирлик деб аталади. Агар  $P$ —жисмнинг оғирлиги,  $m$ —массаси,  $g$ —оғирлик кучининг тезланиши бўлса, Ньютоннинг иккинчи қонунидан фойдаланиб, шундай муносабатни оламиз:

$$P = mg.$$

Ернинг муайян жойи учун  $g$  доимий катталиқ бўлади, шунинг учун Ернинг шу жойи учун жисмнинг оғирлиги ҳам доимий бўлади. Олинган формуладан жисмнинг массаси ва унинг оғирлиги айний тушунчалар эмас эканлиги маълум.

Ернинг айни бир жойида турган турли оғирликдаги икки жисмни олайлик (шунда  $g$  доимий бўлади), у ҳолда  $P_1 = m_1 g$ ,  $P_2 = m_2 g$  деб ёзиш мумкин. Бир тенгликни иккинчисига бўлиб, шундай нисбатни ҳосил қиламиз:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{m_1}{m_2},$$

яъни *жисмларнинг массалари уларнинг оғирликларига тўғри пропорционал*дир. Агар бир жисм иккинчисидан 5 ёки 10 марта катта бўлса, у ҳолда унинг массаси ҳам бошқасиникидан 5 ёки 10 марта катта бўлади. Жисмларнинг массалари ва оғирликлари орасидаги бу пропорционаллик асосида жисмларнинг массаларини тортиш йўли билан таққослаш мумкин. Агар массалардан бири эталон бўйича маълум бўлса, иккинчи жисмнинг массасининг катталигини топиш мумкин.

МКГСС бирликлар системасида (бу система СИ бирликлар системаси киритилгунга қадар қўлланилар эди) куч бирлиги қилиб 1 *кГ* олинар эди, тезланиш бирлиги 1 *м/сек<sup>2</sup>*, техникавий масса бирлиги (*т.м.б.*) ни ҳосилавий бирлик сифатида  $m = \frac{F}{a}$  формуладан фойдаланиб чиқариш мумкин:

$$m = \frac{1 \text{ кГ}}{1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = 1 \frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}} = 1 \text{ т.м.б.}$$

МКГСС системасида техникавий масса бирлиги учун 1 *кГ* куч томонидан 1 *м/сек<sup>2</sup>* тезланиш оладиган масса қабул қилинган.

1 *т.м.б.* ни 1 *кг* ва 1 *г* массалар билан таққослаймиз:

$$1 \text{ т.м.б.} = \frac{1 \text{ кГ}}{1 \text{ м/сек}^2} = \frac{9,8 \text{ н}}{1 \text{ м/сек}^2} = \frac{9,8 \text{ кг} \cdot \text{м} \text{ сек}^2}{1 \text{ м} \cdot \text{сек}^2} = 9,8 \text{ кг} = 9800 \text{ г.}$$

$$1 \text{ т.м.б.} = 9,8 \text{ кг} = 9800 \text{ г.}$$

**25-масала.** 100 *дина* куч тинч турган 5 *г* массали жисмга таъсир қилиб, уни текис тезланувчан ҳаракатга келтирди. 4 секунддан кейин жисм қандай тезликка эришди ва бу вақт ичида жисм қанча йўл босди?

Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 0;$$

$$m = 5 \text{ г} = 0,005 \text{ кг};$$

$$F = 100 \text{ дина} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ н};$$

$$t = 4 \text{ сек.}$$

---


$$v_t = ? \quad s = ?$$

Ечилиши

1. Жисм тезланишининг ифодасини ёзамиз:

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

2. Охириги тезликни аниқлаймиз ва ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v_t = at = \frac{F}{m} t.$$

$$v_t = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ н}}{0,005 \text{ кг}} \cdot 4 \text{ сек} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м/сек}^2}{0,005 \text{ кг}} \cdot 4 \text{ сек} = 0,8 \text{ м/сек.}$$

3. Ўтилган йўлни аниқлаймиз ва ҳисоблашларни бажарамиз:

$$s = \frac{v_t \cdot t}{2};$$

$$s = \frac{0,8 \text{ м/сек} \cdot 4 \text{ сек}}{2} = 1,6 \text{ м.}$$

**26-масала.** Оғирлиги 500 *кГ* бўлган вагонча 0,3 *м/сек<sup>2</sup>* тезланиш билан ҳаракатланмоқда. Ҳаракатлантирувчи кучни топинг.

Берилган (СИ системасида):

$$P = 500 \text{ кГ} = 4900 \text{ н};$$

$$g = 9,8 \text{ м/сек}^2;$$

$$a = 0,3 \text{ м/сек}^2.$$

---


$$F = ?$$

Ечилиши

1. Вагончанинг массасини топамиз:

$$P = mg, \text{ бундан } m = \frac{P}{g},$$

$$m = \frac{4900 \text{ н}}{9,8 \text{ м/сек}^2} = 500 \text{ кг.}$$

2. Ҳаракатлантирувчи кучни аниқлаймиз ва ҳисоблашларни бажарамиз:  
 $F = ma = 500 \text{ кг} \cdot 0,3 \text{ м/сек}^2 = 150 \text{ н.}$

27- масала. Оғирлиги 1500 кг бўлган автомобиль 54 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормозланиш натижасида у 20 сек дан кейин тўхтади. Автомобилнинг тормозланишдаги секинланишини ва тормозланиш кучини топинг.

Берилган (СИ системасида):

$$P = 1500 \text{ кг} = 14700 \text{ н};$$

$$v_0 = 54 \text{ км/соат} = \frac{54000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 15 \text{ м/сек};$$

$$v_t = 0;$$

$$t = 20 \text{ сек.}$$


---

--  $a$  (тезланиш) — ?  
 $F = ?$

Ечилиши

1. Автомобилнинг массасини топамиз:

$$P = mg, \text{ бундан } m = \frac{P}{g},$$

$$m = \frac{14700 \text{ н}}{9,8 \text{ м/сек}^2} = 1500 \text{ кг.}$$

2. Автомобилнинг тормозланишдаги секинланишини топамиз:

$$v_0 = -at, \text{ бундан } -a = \frac{v_0}{t};$$

$$-a = \frac{15 \text{ м/сек}}{20 \text{ сек}} = 0,75 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}.$$

3. Тормозланиш кучини ҳисоблаймиз:

$$F = m(-a);$$

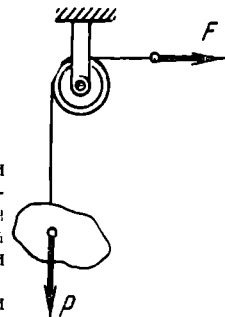
$$F = 1500 \text{ кг} \cdot 0,75 \text{ м/сек}^2 = 1125 \text{ н.}$$

28- масала. Шахта клетининг (одам ёки юкларни пастга туширадиган ва юқорига олиб чиқадиган қурилма) оғирлиги 600 кг бўлиб, шахтага текис тезланувчан ҳаракат билан тушмоқда ва 64 м йўлни 8 сек давомида ўтди. Клет осилган арқоннинг (канатнинг) таранглигини топинг.

Кўрсатма. Масалани ечишда қуйидагиларни эътиборга оламиз:

1. Юкни блокда ишқаланишсиз тутиб туриш учун  $F = P$  куч қўйиш керак (19- расм).

2. Агар куч  $F < P$  бўлса, юк текис тезланувчан тушадди, шунинг учун тушишда таранглик клетнинг оғирлигидан тезланиш бераётган куч катталигигача кам бўлади.



19- расм. 28- масалага доир.

Берилган (СИ системасида):

$$P = 600 \text{ кг} = 5880 \text{ н};$$

$$v_0 = 0;$$

$$s = 64 \text{ м};$$

$$t = 8 \text{ сек.}$$


---

$F_{\text{тар}}$  (арқоннинг таранглик кучи) — ?

Ечилиши

1. Клетнинг массасини топамиз.

$$P = mg; \text{ бундан } m = \frac{P}{g}.$$

2. Клетнинг тезланиши нифодасини топамиз:

$$s = \frac{at^2}{2}; \text{ бундан } a = \frac{2s}{t^2}.$$

3. Клетга тезланиш бераётган кучни топамиз:

$$F_{\text{тез}} = ma.$$

4. Арқоннинг таранглигини топамиз:

$$F_{\text{тар}} = P - F_{\text{тез}}.$$

5. Масалани ечиш учун умумий формулани чиқарамиз:

$$F_{\text{таp}} = P - ma = P - \frac{P}{g} \cdot \frac{2s}{t^2}$$

6. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F_{\text{таp}} = 5880 \text{ н} - \frac{5880 \text{ н}}{9,8 \text{ м/сек}^2} \cdot \frac{2 \cdot 64 \text{ м}}{6 \text{ сек}^2} = 4680 \text{ н} = 4,68 \text{ кн.}$$

29-масала Огирлиги 500 Г бўлган болгача 5 м/сек тезлик билан ҳаракатланиб, миҳга урилади ва уни тахтага 8 мм киритади. Ёғочнинг қаршилик кучини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$P = 500 \text{ Г} = 4,9 \text{ н;}$$

$$v_0 = 5 \text{ м/сек;}$$

$$v_t = 0;$$

$$s = 8 \text{ мм} = 0,008 \text{ м.}$$

$$F = ?$$

Ечиши

1. Болганинг массасини топамиз:

$$m = \frac{P}{g}$$

2. Миҳнинг тахтага киришдаги секинлишини аниқлаймиз:

$$s = -\frac{v_0^2}{2a}, \text{ бундан } -a = \frac{v_0^2}{2s}$$

3. Ёғочнинг қаршилик кучи ифодасини ёзамиз:

$$F = m(-a).$$

4. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз ва ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F = \frac{P}{g} \frac{v_0^2}{2s}; F = \frac{4,9 \text{ н} \cdot 25 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 2 \cdot 0,008 \text{ м}} \approx 781 \text{ н.}$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Куч нима?
2. Динамиканинг II қонуни қандай ўқилади?
3. Динамиканинг II қонунида функция нима?
4. Нима учун  $F = ma$  формулани: жисмга таъсир қилаётган куч жисмнинг массасига ва тезланишига пропорционалдир деб ўқиш ярамайди?
5. Нима учун  $m = \frac{F}{a}$  формулани: жисмнинг массаси кучга тўғри пропорционал, тезланишга тескари пропорционал деб ўқиш ярамайди?
6.  $F = ma$  ва  $m = \frac{F}{a}$  формулаларни қандай ўқиш керак?
7. Нима учун инерция ўлчови жисм массасининг миқдорий характеристикаси бўлиб хизмат қилади?
8. Доимий куч жисмга қандай ҳаракат бериши мумкин?
9. Агар массалари турлича бўлган икки жисм бирдай тезланишлар билан ( $a_1 = a_2$ ) ҳаракатлана бошласа, қайси жисмга катта куч таъсир қилиши керак?
10. Агар турли кучлар массалари тенг бўлган ( $m_1 = m_2$ ) икки жисмга таъсир қилаётган бўлса, кучлар ва тезланишлар орасида қандай боғланиш бўлади? Буни қандай исбот қилиш мумкин?

$$\text{Жавоби: } a_1 : a_2 = F_1 : F_2.$$

11. Агар жисмларга таъсир қилаётган кучлар бир хил бўлса ( $F_1 = F_2$ ), икки турли жисмларнинг массалари ва тезланишлари орасидаги боғланиш қандай бўлади? Буни қандай исбот қилиш мумкин?

$$\text{Жавоби: } a_1 : a_2 = m_2 : m_1.$$



12. Жисмининг оғирлигини унинг массаси ва оғирлик кучи тезланиши орқали қандай ифодалаш мумкин?

13. Жисмларнинг оғирликлари уларнинг массаларига тўғри пропорционал бўлишини қандай исботлаш мумкин?

14. Қандай куч дина деб аталади? Қандай куч ньютон деб аталади?

15.  $1\text{ н}$  ва  $1\text{ дина}$  кучлар орасида қандай муносабат мавжуд? Бу муносабат қандай ҳосил қилинади?

16.  $1\text{ кг}$  ва  $1\text{ н}$  кучлар орасида қандай муносабат мавжуд? Бу муносабатни қандай ҳосил қилиш мумкин?

17.  $1\text{ т.м.б.}$  нима ва унинг ўлчамлиги қандай?

18.  $1\text{ т.м.б.}$  билан  $1\text{ кг}$  ўртасида қандай муносабат мавжуд? Бу муносабат қандай ҳосил қилинади?

19. Оғирлиги  $980\text{ дина}$  бўлган жисмининг массаси қанча бўлади?

20. Юк автомобили горизонтал йўлда  $1764\text{ кг}$  оғирликдаги бузуқ енгил автомобилни  $0,8\text{ м/сек}^2$  тезланиш билан тортиб кетмоқда. Бунда арқон (трос)нинг таранглигини аниқланг. Текис ҳаракатда арқоннинг таранглиги  $100\text{ кг}$  деб олинг.

Ж а в о б и:  $\approx 2440\text{ н.}$

21. Массаси  $300\text{ т}$  бўлган паровоз массалари  $100\text{ т}$  дан бўлган 6 та вагондан иборат поездни  $30\text{ см/сек}^2$  тезланиш билан тортиб кетмоқда. Поездни ҳаракатлантирувчи кучни ва охириги вагонни тортаётган кучни аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx 275,4\text{ кн; } \approx 30,6\text{ кн.}$

22. Тўқмоқнинг оғирлиги  $9,8\text{ кг}$ , кўтарилиш баландлиги  $0,81\text{ м}$  ва зарбанинг давомлилиги  $0,005\text{ сек}$  бўлса, тўқмоқнинг сандонга қандай ўртача куч билан таъсир қилишини аниқланг. Тўқмоқ эркин тушади деб фараз қилинг.

Ж а в о б и:  $\approx 8\text{ кн.}$

23. Оғирлиги  $200\text{ Т}$  бўлган паровоз  $18\text{ км/соат}$  тезлик билан ҳаракатланмоқда. Буг бериш тўхтатиб қўйилгач, ишқаланиш натижасида паровоз  $20\text{ сек}$  дан кейин тўхтаб қолди. Ишқаланиш кучини (тормозлаш кучини) аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx 51\text{ кн.}$

24. Автомобилнинг оғирлиги  $1568\text{ кг}$ . Унинг тормозлари  $1030\text{ кг}$  ишқаланиш кучи ҳосил қилиши мумкин. Автомобиль горизонтал йўлда  $10\text{ м/сек}$  тезлик билан кетаётганда тормоз берилди. Автомобиль қанча масофа ўтиб тўхтайди?

Ж а в о б и:  $8\text{ м.}$

25. Футболчи  $800\text{ г}$  массали тўпни тепиб, унга  $18\text{ м/сек}$  тезлик беради. Агар зарбнинг давомлилиги  $0,02\text{ сек}$  бўлса, зарб кучини аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx 734,4\text{ н.}$

26. Агар рандалаш станогининг столи  $0,4\text{ сек}$  давомида текис секинланувчан ҳаракат қилиб,  $200\text{ кг}$  тормозлаш кучи таъсирида тўхтагунча  $0,4\text{ м}$  масофани ўтган бўлса, столнинг оғирлигини аниқланг ( $g = 9,8\text{ м/сек}^2$ ).

Ж а в о б и:  $\approx 3,92\text{ кн.}$

27. Массаси  $20\text{ т}$  бўлган трамвай вағони горизонтал йўлда  $18\text{ км/соат}$  тезлик билан ҳаракатланмоқда. Вагон  $12,5\text{ м}$  масофада тўхташи учун тормозловчи куч қанча бўлиши керак?

Ж а в о б и:  $\approx 20,4\text{ кн.}$

28. Паровоз горизонтал йўлда тортиш кучини  $15000\text{ кг}$  га етказди.  $1000\text{ м}$  масофада поезднинг тезлиги  $36\text{ км/соат}$  дан  $54\text{ км/соат}$  га етди. Агар поезднинг массаси  $1000\text{ т}$  бўлса, ҳаракатга қаршилик кучини аниқланг.

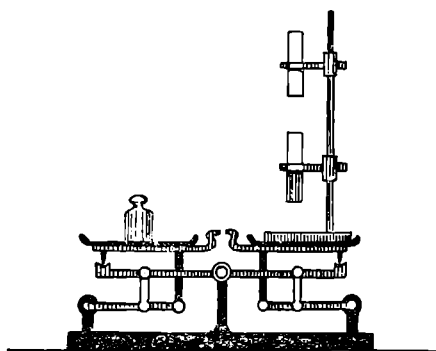
Ж а в о б и:  $\approx 86,25\text{ кн.}$

**29-§. Ньютоннинг учинчи қонуни. Ҳаракат миқдори.  
Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни.  
Ньютон учинчи қонунининг техникада қўлланиши**

Биз куч ҳақидаги тушунчани кўрганда ҳар қандай куч жисмларнинг ўзаро таъсири натижаси эканлигини аниқладик.

Табиат ва техникада шундай бўладики, бир жисмнинг иккинчи жисмга таъсири албатта иккинчи жисмнинг биринчи жисмга жавоб таъсири билан боғлиқдир. Масалан, муз устида конькида туриб, чанани итариб юборайлик. Чана олдинга силжиганда биз шу вақтда орқага сирпаниб кетамиз. Қуйидаги тажрибаларни қилайлик.

1. Темир ва магнитни штативда устма-уст қилиб маҳкамлаймиз ва уни тарозига қўйиб, мувозанатлаймиз (20-расм). Кейин магнитни темирга (ёки темирни магнитга) яқинлаштирамиз ёки узоқлаштирамиз, бунда мувозанатнинг бузилмаганлигини кўрамиз.



20-расм. Магнит ва темир орасидаги ўзаро таъсир кучининг катталиги жиҳатидан тенг ва йўналиши қарама-қарши эканлигини кўрсатувчи тажриба.

Магнит темирни қандай куч билан ўзига тортиб оғирлигини камайтирса, темир шундай куч билан магнитни тортиб, оғирликни орттиради.

2. Иккита динамометр оламиз ва уларни илмоқлари билан илаштирамиз. Бир динамометрнинг ҳалқасини маҳкамлаб, иккинчисининг ҳалқасидан тортамыз. Иккала динамометрнинг кўрсатишлари ҳам бирдай эканлигига ишонч ҳосил қиламиз.

Табиат ва техникадаги кўплаб кузатишлар натижасида Ньютон динамиканинг III қонунини шундай ифодалади: *икки жисмнинг ўзаро таъсирлашишида таъсир билан бирга ҳамма вақт унга қарама-қарши йўналган акс таъсир мос келади*. Таъсир ва акс таъсир кучлари ҳамма вақт турли жисмларга қўйилган.

Динамиканинг бу қонуни тўпдан отилганда бўладиган ҳодисаларни тушунтириб беради. Порох газлари снарядни тўп стволидан итариб чиқараётганда айни вақтда тўпни ҳам орқага итаради, яъни „тепки“ ҳосил қилади.

Ракетада ҳам шундай ҳодиса бўлади. Порох газлари ракетадан бир томонга катта тезлик билан итарилади, ракетанинг ўзи эса бундан қарама-қарши томонга ҳаракатланади. Икки жисм механик ўзаро таъсирда бўлган ҳамма ҳолларда бир куч бу жисмларнинг бирига, иккинчи куч эса иккинчи жисмга қўйилган. Бу кучлар тенг ва қарама-қарши йўналишда бўлади.

Ньютоннинг III қонунидан шундай хулоса чиқади, Ер бирор жисмни қандай куч билан ўзига тортса, ҳар бир жисм ҳам Ерни шундай куч билан тортади, бироқ уларнинг массалари турлича бўлгани учун уларнинг яқинлашиш тезликлари турлича бўлади. Тўпдан отишда таъсир ва акс таъсирнинг тенг бўлишига қарамай, снаряднинг тезлиги тўпнинг тепки натижасида орқага кетиш тезлигидан анча катта бўлади. Бундай бўлишига сабаб шуки, *жисмларнинг ўзаро таъсирлашишида олган тезликлари уларнинг массаларига тескари пропорционал бўлади*, яъни

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Ҳақиқатан ҳам, агар таъсир кучи

$$F_1 = m_1 a_1 = \frac{m_1 v_1}{t}$$

бўлса, акс таъсир кучи

$$F_2 = m_2 a_2 = \frac{m_2 v_2}{t}$$

бўлади. Ньютоннинг III қонунига мувофиқ бу кучлар катталиқ жиҳатидан тенг, яъни  $F_1 = F_2$ . Шунинг учун

$$\frac{m_1 v_1}{t} = \frac{m_2 v_2}{t},$$

бундан

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 \quad \text{ёки} \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

(Жисмларнинг ўзаро таъсир вақтлари бирдайдир.)

Юқорида айтилганлардан

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

эканини исбот қилиш осон, яъни *жисмларнинг ўзаро таъсирда олган тезланишлари уларнинг массаларига тескари пропорционалдир*.

Яна шундай мисолни кўрайлик: электровоз вагонларни бирор куч билан олдинга тортганида вагонлар ҳам электровозни Ньютоннинг III қонунига мувофиқ шундай куч билан орқага тортади. Нима учун состав электровоз ҳаракат қилган томонга ҳаракатланади?

Электровоз билан вагонлар орасида таъсирнинг акс таъсирга тенг эканлиги шубҳасиз, буни электровоз билан вагонлар орасига қўйилган динамометрлар ёрдамида исбот қилиш мумкин. Бироқ бу ўзаро таъсирдан ташқари, ишқаланиш туфайли электровоз ва Ерга маҳкамланган рельслар орасида таъсир ва акс таъсир ҳам мавжуд. Ишқаланишга кўра электровоз рельсларни, бинобарин, бутун Ер шарини орқага итаради, Ер эса электровозни унга уланган барча вагонлар билан бирга олдинга итаради. Жисмларнинг ўзаро таъсирлашишида олган тезликлари уларнинг массаларига тескари пропорционал бўлгани учун, бутун состав (электровоз ўзига уланган вагонлар билан

бирга битта масса деб олинади) олдинга қараб катта тезлик олади, Ер эса электровоз таъсирида орқага тезлик олади. Шунинг учун ҳам состав электровознинг тортиш томонига ҳаракатланади. Электровознинг бутун тортиш кучи, Ернинг акс таъсир кучи сингари, электровознинг вагонларга таъсирига қараганда катта қийматга эга бўлади, чунки бу ҳамма кучнинг маълум бир қисми электровознинг ўзининг ҳаракатланишига ҳам керак. Агар вагонлар узилса, ўша кучнинг таъсири остида электровоз анча катта тезлик билан ҳаракатланган бўлар эди. Демак, таъсир ва акс таъсир кучлари алоҳида ҳар бир жуфт жисм учун ўзаро тенг бўлади, бироқ бошқа жисмлар жуфти учун бу кучларнинг катталиги турлича бўлади.

Ньютоннинг II қонунидан маълумки, жисмга тезланиш бераётган куч шундай ифодаланади:

$$F = ma.$$

$\Delta t$  вақт оралиги давомида доимий  $a$  тезланиш билан бўладиган тўғри чизиқли ҳаракат ҳолини кўрайлик, бунда жисмнинг тезлиги  $v_1$  дан  $v_2$  гача ўзгаради.  $\Delta v$  ҳолда

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t};$$

тезланишнинг бу қийматини кучнинг юқорида ёзилган формуласига қўйсак, шундай бўлади:

$$F = \frac{m(v_2 - v_1)}{\Delta t} = \frac{mv_2 - mv_1}{\Delta t} = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t},$$

бу ерда  $\Delta$  билан қавсдаги катталикнинг ортиши белгиланган.  $mv$  кўпайтма ҳаракат миқдори ёки импульс дейилади. Куч импульси вектор катталиқ бўлиб, унинг йўналиши тезлик вектори билан бир хилдир. Шундай қилиб, Ньютон II қонунининг янги ифодаси келиб чиқди: *вақт бирлиги ичида ҳаракат миқдорининг ўзгариши қўйилган кучга пропорционал бўлиб, унинг йўналиши куч вектори таъсири йўналишида бўлади.*

Ўзаро таъсирлашувчи икки жисмдан иборат система бўлиб, бу жисмларга ҳеч қандай ташқи кучлар таъсир қилмайди деб фараз қилайлик. Бундай система берк система деб аталади, унга таъсир қилувчи кучлар эса *ички кучлар* дейилади. Жисмларнинг массаларини  $m'_1$  ва  $m'_2$ , уларнинг ўзаро таъсирнинг бошланишидаги ва охиридаги тезликларини мос равишда  $v_1$ ,  $v_1'$  ва  $v_2$ ,  $v_2'$  орқали белгилаймиз. Бу жисмларнинг ҳар бири учун Ньютоннинг II қонуни ифодасини ёзайлик:

$$F_1 t = m_1 v'_1 - m_1 v_1 \quad \text{ва} \quad F_2 t = m_2 v'_2 - m_2 v_2.$$

Ньютоннинг III қонунига кўра, бу ҳолда  $F_1 = -F_2$  ёки мос равишда  $F_1 t = -F_2 t$ ; бинобарин,

$$m_1 v'_1 - m_1 v_1 = -(m_2 v'_2 - m_2 v_2) = m_2 v_2 - m_2 v'_2,$$

бундан

$$m_1 v'_1 + m_2 v'_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2.$$

Бу муносабат жисмларнинг ҳаракат миқдори ўзаро таъсир-гача қандай бўлса, уларнинг ўзаро таъсиридан кейин ҳам шундай эканлигини кўрсатади. Бу муносабат ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни ифодасидир. *Ҳар қанча жисмларнинг ўзаро таъсирида ҳам улар ҳаракат миқдорларининг умумий йиғиндиси ўзгармайди.*

Динамиканинг III қонуни техникада кенг қўлланилади. Дарё пароходининг эшқак ғилдираклари билан сув орасидаги ўзаро таъсир туфайли пароходни ҳаракатга келтирувчи тортиш кучи юзага келади. Ғилдираклар сувни бирор куч билан орқага итаради (таъсир), сув эса ғилдиракни пароход билан бирга шундай куч билан олдинга итаради (акс таъсир). Самолёт пропеллери ҳавони орқага итаради (таъсир), ҳаво эса пропеллер билан бирга самолётни олдинга итаради (акс таъсир), бунинг ҳисобига самолёт олдинга ҳаракатланади.

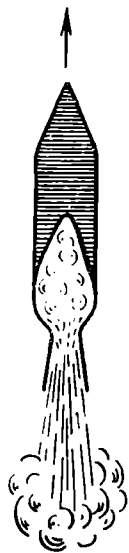
Милтиқдан отилганда порох газлари ўқни олдинга отиб юборади, милтиқни эса орқага итаради. Отишдаги реакция кучи (тепки) отилгандан сўнг гильзани чиқариш ва милтиқни қайтадан ўқлаб, келгуси отишни автоматик равишда амалга ошириш учун хизмат қилади. Автоматлар, пулемётлар ва тез отар тўпларнинг ишлаши шунга асосланган.

Буғ ва газнинг реакция кучи реактив буғ ва газ турбиналарининг тузилишида ишлатилади.

Суюқ ёнилгида ишлайдиган реактив двигателлар катта аҳамиятга эгадир. Улардан авиацияда фойдаланиш самолётлар тезлигининг тез ортишига олиб келди ва самолётсозликда янги эранинг, реактив тезликли самолётлар эрасининг болашишига асос бўлди.

Ракеталар яна ҳам катта аҳамиятга эгадир. Энг содда ракета ичида порох заряди ва остида кичкина тешиги бўлган найдан иборатдир (21-расм). Ракетанинг ишлаш принципи шундай. Ҳамма томондан берк бўлган ракетани кўз олдимизга келтирайлик. Порох ёнганида газлар ҳамма томонга баравар, ҳар бир квадрат сантиметр сиртга баравар босим беради. Берк ракетада ҳамма кучлар мувозанатлашган ва бунда ракета ҳаракатланмайди.

Газларнинг жуда катта босими натижасида ракетанинг пастки қисмида тешик ҳосил бўлди, деб фараз қилайлик. Бу ҳолда  $m_1$  массали газ ракетадан бирор  $a_1$  тезланиш билан отилиб чиқади ва ракетанинг мувозанати бузилади. Бунга  $F_1 = m_1 a_1$  куч сабаб бўлди. Бироқ Ньютоннинг III қонунига кўра газ оқимининг реакцияси деб аталувчи акс таъсир ҳам мажбурдир. Реактив



21-расм. Ракета ёниш маҳсулотларини пастга отиб чиқаради, ўзи эса юқорига ҳаракатланади.

куч ракетага юқорига қараб таъсир қилади ва ракетанинг  $m_2$  массасига юқорига қараб йўналган  $a_2$  тезланиш беради. Шуни ҳисобга олганда тугиш керакки, ракета винтли самолётдаги сингари ҳавонинг итарилишидан ҳаракатланмайди. Газ оқимларини итариб чиқараётган ракета бу оқим натижасида ҳаводан итарилади, деб ўйлаш нотўғри. Агар шундай бўлганда эди, ракета ҳавосиз фазода ҳаракатлана олмас эди. Космик кемаларни учариш бунинг акси бўлишини тасдиқлайди. Ракета ҳавосиз фазода ҳаракатлана олади ва унинг ҳаракати ҳавода ҳаракатланганидан тезроқ бўлади. Ҳаво ракета ҳаракатини тормозловчи ишқаланиш кучи ҳосил қилиб, газларнинг ракетадан тез оқиб чиқишига ҳалақит беради, бу реактив кучни камайтиради ва натижада ракетани ҳаракатланишига ҳалақит беради.

Ракетани ҳаракатлантирувчи кучлар ракетанинг ўзида— чиқувчи газларнинг реактив кучи бўлади. Ракеталар атмосферанинг юқори қатламлари ва космик фазони ўрганишда қўлланилади. Кўп босқичли ракеталар ёрдамида СССР да Ернинг сунъий йўлдошлари, Қуёшнинг сунъий йўлдоши учирилди, Ойга автоматик станция учирилди, космик автоматик станциялар ва бир қатор бошқа мақсадлардаги космик ракеталар учирилди. Ойга инсон қадами етди, энди Марс ва бошқа планеталарга учиб вақти яқин қолди.

Реактив двигателлар ва ракеталарнинг учиб назарияси биринчи бўлиб бизнинг талантли ватандошимиз, улуғ рус олими К. Э. Циолковский томонидан ишлаб чиқилган эди (1857 — 1935). Планеталараро учибларнинг тўла илмий асосини ҳам Циолковский ишлаб чиқди ва планеталараро учиб учун суюқлик билан ишлайдиган ракетанинг биринчи лойиҳасини яратди. Бизнинг кунларимизда К. Э. Циолковский тадқиқотларининг улуғлиги ёрқин намоён бўлмоқда. Совет граждани космик йўлдош-кемада биринчи бўлиб 1961 йилнинг 12 апрелида космосга парвоз қилди. Ундан кейин бортида одам бўлган „Восток“ типидagi, „Союз“ типидagi йўлдош-кемалар, узоқ муддат билан учувчи „Салют“ космик станцияси учирилди. Космосни забт этишда эришган муваффақиятларимизнинг поёни чексиздир.

**30-масала.** Массаси 500 г бўлган ракетада 50 г порох бор. Бу ракета 90 м балангликка кўтарилди. Порох бир онда портлайди деб фараз қилиб, чиқувчи газларнинг тезлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} m_1 &= 0,5 \text{ кг}; \\ m_2 &= 0,05 \text{ кг}; \\ h &= 90 \text{ м}; \\ g &= 9,8 \text{ м/сек}^2. \end{aligned}$$

$$v_2 = ?$$

Ечилиши

1. Ракетанинг бошланғич тезлигини  $v_1 = v_0$  деб белгилаб ва унинг кўтарилиш баланглиги  $h$  га тенг деб олиб бошланғич тезлигини аниқлаймиз:

$$v_1 = v_0 = \sqrt{2gh}.$$

2. Газларнинг чиқиш тезлигини қуйидаги муносабатда ифодалаймиз:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

бундан

$$v_2 = \frac{m_1 v_1}{m_2} = \frac{m_1 \sqrt{2gh}}{m_2}$$

8. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v_2 = \frac{0,5 \text{ кг} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 90 \text{ м}}}{0,05 \text{ кг}} = 420 \text{ м/сек.}$$

31-масала. 200 м/сек тезлик билан учаётган снаряд бир неча бўлақларга бўлинди. 2 кг ли бўлагининг тезлиги ҳаракат йўналишида 300 м/сек га етди. Орқага учиб кетган 3 кг массали бўлагининг тезлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$m_1 = 2 \text{ кг};$$

$$m_2 = 3 \text{ кг};$$

$$v = 200 \text{ м/сек};$$

$$v_1 = 300 \text{ м/сек.}$$

1. Снаряднинг 1- бўлагига портловчи модда берган тезлигини аниқлаймиз:

$$v'_1 = v_1 - v.$$

$v_2 = ?$

2. Снаряднинг портловчи моддаси снаряд ҳаракатига қарши йўналган 2- бўлақка берган тезликнинг ифодасини топамиз:

$$m_1 v'_1 = -m_2 v'_2, \quad \text{бундан} \quad v'_2 = -\frac{m_1 v'_1}{m_2}$$

3. Снаряд портлаганда 2- бўлақнинг Ерга нисбатан тезлигини топамиз:

$$v_2 = v + v'_2 = v - \frac{m_1 (v_1 - v)}{m_2}$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v_2 = 200 \text{ м/сек} - \frac{2 \text{ кг} (300 \text{ м/сек} - 200 \text{ м/сек})}{3 \text{ кг}} = 133,3 \text{ м/сек.}$$

32-масала. Массаси 5,01 кг бўлган қум солинган яшиқ осиб қўйилган. Ана шу яшиқка 10 г массали ўқ келиб тегди. Бунда яшиқ 10 см баландлиқка силкинди. Ўқнинг зарбадаги тезлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$m_1 = 10 \text{ г} = 0,01 \text{ кг};$$

$$m_2 = 5,01 \text{ кг};$$

$$h = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м};$$

$$g = 9,8 \text{ м/сек}^2.$$

1. Яшиқнинг бошланғич тезлигини аниқлаймиз:

$$v_2 = v_0 = \sqrt{2gh}$$

$v_1 = ?$

2. Ўқнинг тезлигини топамиз:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1}, \quad v_1 = \frac{m_2 v_2}{m_1} = \frac{m_2 \sqrt{2gh}}{m_1}$$

3. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v_1 = \frac{5,01 \text{ кг} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 0,1 \text{ м}}}{0,01 \text{ кг}} = 701,4 \text{ м/сек.}$$

## Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Ньютоннинг III қонунининг моҳияти нимадан иборат?
2. Ньютоннинг III қонунининг техникада қўлланишини қандай мисоллар билан тушунтириш мумкин?
3. Ҳаракат миқдори деб нимага айтилади? Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонунининг моҳияти нимадан иборат?
4. Реактив двигателнинг ишлаш принципи нимадан иборат?
5. Ракета ҳавосиз фазода ҳаракатлана оладими?
6. Нима учун енгил қайиқдан соҳилга сакраш оғир қайиқдан сакрашга кўра қийинроқ (масофаси бирдай бўлса-да)?
7. Нима учун тўпдан отилганда снаряднинг тезлиги катта бўлади-ю, тўпнинг тезлиги кичик бўлади?
8. Снаряднинг тезлиги тепки вақтида орқага кетган тўпнинг тезлигидан неча марта катта бўлади? Буни қандай исботлаш мумкин?
9. Тарозида турган одам эгилганда тарозининг кўрсатиши катта бўлади-ми ёки туриш пайтидами? Нима учун?
10. Қушча ўтирган шохча қушча учиб кетгач аввал пастга эгилади, кейин эса юқори кўтарилади. Нима учун?
11. Икки киши динамометрни қарама-қарши томонга: бири ҳалқасидан, иккинчиси пружинага маҳкамланган ҳалқадан тортоқда. Агар биринчи киши 400 *н*, иккинчи киши 300 *н* кучга эриша оладиган бўлса, динамометрнинг кўрсатиши қанча бўлади? Бундай натижани қандай тушунтириш мумкин?
12. Елканли қайиқнинг елканига қайиқдаги катта мешдан ҳаво юбориб, қайиқни ҳаракатга келтириш мумкинми? Нима учун?
13. Нима учун милтиқдан отаётганда уни елкага маҳкамроқ тираш тавсия қилинади?
14. Массаси 10 *т* бўлган тўпдан 50 *кг* массали снаряд 1000 *м/сек* тезлик билан отилиб чиқмоқда. Тўпнинг тепки вақтидаги тезлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 5 *м/сек*.

15. Милтиқдан ўқ 880 *м/сек* тезлик билан учиб чиқади. Ўқнинг оғирлиги 10 *г*, милтиқнинг оғирлиги 3,5 *кг*. Милтиқнинг тепки вақтидаги тезлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 2,51 *м/сек*.

16. Массаси 1000 *г* бўлган ракетадан 100 *г* массали ёниш маҳсулотлари 900 *м/сек* тезлик билан отилиб чиқса, ракета қандай тезлик олади? Ракета қандай баландликка кўтарилади? ( $g = 10 \text{ м/сек}^2$ )

Ж а в о б и: 100 *м/сек*; 500 *м*.

17. Массаси 100 *кг* бўлган снаряд горизонтал ҳолда 751,5 *м/сек* тезлик билан учиб келиб 50 *т* массали қумли платформага урилди ва қумда тўхтаб қолди. Туртки натижасида платформа қандай тезлик билан ҳаракатланади?

Ж а в о б и: 1,5 *м/сек*.

18. Горизонтал йўналишда 10 *м/сек* тезлик билан учиб келаётган граната портлаб  $P_1 = 1 \text{ кг}$  ва  $P_2 = 1,5 \text{ кг}$  оғирликдаги икки бўлакка бўлиниб кетди. Катта бўлак портлашдан кейин горизонтал йўналишда давом этди ва унинг тезлиги 25 *м/сек* гача ортди. Кичик бўлакнинг тезлигини ва ҳаракат йўналишини аниқланг.

Ж а в о б и: — 12,5 *м/сек* (тезликнинг „минус“ ишораси граната портлагандан кейин кичик бўлак гранатанинг дастлабки ҳаракат йўналишига қарама-қарши томонга ҳаракатлана бошлаганини билдиради).



19. Оғирлиги 10 кг бўлган осиб қўйилган қумли яшикка 2 кг оғирликдаги найза отилди. Агар яшик 4,9 см баландликка кўтарилган бўлса, найзанинг яшикка урилгандаги тезлигини аниқланг ( $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ )

Ж а в о б и:  $\approx 5,9 \text{ м/сек}$ .

20. Массаси 600 г бўлган ракетада 100 г порох заряди бор. Ракета 360 м баландликка кўтарилди. Порох бир онда портлади деб ҳисоблаб, газнинг чиқиш тезлигини аниқланг ( $g = 9,8 \text{ м/сек}^2$ ).

Ж а в о б и: 420 м/сек.

### 30- §. Кучлар таъсирининг мустақиллик қонуни

Жисм тинч ҳолатидан эркин тушаётган бўлсин. Бу ҳолда жисм  $g$  тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракат қилади. Бу ҳаракат жисмнинг  $P = mg$  оғирлик кучи таъсирида бўлади. Жисмнинг ўтган йўли қуйидаги

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

формула бўйича аниқланади.

Шу жисмни  $v_0$  тезлик билан тик пастга ташлаб юборайлик, бу ҳолда ҳам  $g$  тезланиш билан текис тезланувчан ҳаракат қилади. Жисмнинг ўтган йўли қуйидаги

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

формула бўйича аниқланади.

Бу формуладаги биринчи ҳад  $v_0 t$  жисмнинг инерция бўйича ҳаракатидаги ўтган йўлни, яъни  $v_0$  тезлик билан  $t$  вақт ичида тўғри чизиқли текис ҳаракатидаги йўлни билдиради.

Иккинчи қўшилувчи  $\frac{gt^2}{2}$  эса жисмнинг тинч ҳолатдан оғирлик таъсирида эркин тушишдаги ўтган йўлини билдиради. Оғирлик кучининг таъсири жисмнинг ҳаракатда ёки тинч туришига боғлиқ эмаслиги кўриниб турибди. Умуман, Ньютоннинг II қонунида кучнинг тинч турган жисмга ёки ҳаракатдаги жисмга таъсир қилаётгани ҳақида ҳеч қандай илова қилинмайди. Ҳамма вақт  $F = ma$  ёки

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

Умуман айтганда, *агар жисмга куч таъсир қилса, жисмнинг тезланиши унинг нисбатан тинч ҳолатда туриши ёки ҳаракатда бўлишига боғлиқ бўлмайди*. Бироқ турли ҳолларда жисмга бир вақтда бир неча куч таъсир қилиши мумкин. Масалан, учаётган самолётга бир вақтнинг ўзида мотор тортиш кучининг ҳаракатлантирувчи кучи, самолётнинг олдинга тез ҳаракатланишига тўсқинлик қилувчи ҳавонинг қаршилиги, самолётнинг оғирлиги, кўтариш кучи таъсир қилади.

Алоҳида олинган ҳар бир куч жисм ҳаракатда ёки тинч ҳолатда бўлишига боғлиқ бўлмаган ҳолда унга катталиқ жиҳатидан ҳам, йўналиши жиҳатидан ҳам маълум тезланиш беради.

Бинобарин, *агар жисмга бир неча куч таъсир қилаётган бўлса, ҳар бир алоҳида куч бошқа кучлар билан бирга ёки якка ўзи таъсир қилаётганидан қатъи назар жисмга ҳаммавақт бирдай тезланиш беради* (кучлар таъсирининг мустақиллик қонуни).

### 31-§. Ишқаланиш

Бир жисм иккинчи жисмнинг сирти бўйлаб ҳаракатланганда ҳаракатга қарши йўналиб, унга қаршилиқ кўрсатадиган (тўсқинлик қиладиган) куч пайдо бўлади. Бу куч *ишқаланиш кучи* дейилади.

Уч хил ишқаланиш бўлади: 1) тинчликдаги (тинч тургандаги) ишқаланиш, 2) сирпаниш ишқаланиши ва 3) думалаш ишқаланиш.

Тинчликдаги ишқаланиш. Жисм нисбий тинчликда турганда уни бир жойда тинчликдаги ишқаланиш кучи тутиб туради. Ёгоч брусок (тахтача) олиб, уни бир оз қия турган текислик устига қўяйлик, тахтачанинг унда қўзғалмай ётишини кўрамиз. Нима учун тахтача пастга ҳаракатланмайди? Чунки уни тинчликдаги ишқаланиш кучи тутиб туради. Энди қиялик бурчагини катталаштирамиз, бу ҳолда тахтача пастга ҳаракатланади, демак, тортиш кучи катталиги тинчликдаги ишқаланиш кучини енгди.

Агар шу тахтачани горизонтал сиртга қўйиб, динамометр билан тортсак, динамометрнинг кўрсатишлари катталашиб, керакли катталikka етганидан кейингина тахтача ҳаракатга келади.

*Ишқаланиш кучининг қўзғалмай турган жисм тортиш кучи таъсирида ҳаракатга келади деган энг катта қиймати тинчликдаги ишқаланиш дейилади.* Тинчликдаги ишқаланишнинг сабаби нимадан иборат? Тинчликдаги ишқаланишга: биринчидан, жисмлар сиртининг ғадир-будурлиги (энг яхши силлиқланган жисмлар сиртида ҳам микроскопда қаралганда кўзга кўринадиган ғадир-будирликлар бўлади); иккинчидан, бир жисм зарраларининг иккинчи жисм зарраларига тортилиши (бу зарралар бир-бирига жуда яқин масофаларга келиб қолиши мумкин) сабаб бўлади.

Сирпаниш ишқаланиши. Бир жисм иккинчи жисмнинг сирти бўйлаб ҳаракатланганда сирпаниш ишқаланиши юзага келади. Конькиларнинг музга ишқаланиши, чана ёки чанғи сиртларининг қорга ишқаланиши, ўқларнинг втулкаларга ишқаланиши, автомобиль, мотоцикл, самолёт двигателлари поршенларининг цилиндр деворларига ишқаланиши, рандалаш станоги столнинг станнанинг йўналтирувчи қисмларига ишқаланиши ва шунга ўхшашлар мисол бўлади. Сирпаниш ишқаланишининг сабаблари ҳам тинчликдаги ишқаланиш сабабларининг ўзидир.

Агар тахтача билан қилган тажрибани такрорласак, тахтача ҳаракатга келгандан сўнг (тўғри чизиқли ва текис ҳаракатга эришгандан сўнг), динамометр кўрсатиши ҳаракат бошидагига қараганда кичикроқ бўлади. Ҳаракатнинг текис ва тўғри чизиқли бўлиши инерция бўйлаб ҳаракатнинг аломати бўлиб хизмат қилади. Бундан шундай хулоса қилиш мумкин: ҳаракатлантирувчи куч тезланиш ҳосил қилмайди, балки сирпаниш ишқаланиш кучини енгади, бу куч тинчликдаги ишқаланиш кучидан кичик бўлиб қолади. Сирпаниш ишқаланишининг камайишига бир жисм чиқиқларининг иккинчи жисм чиқиқларига тўла илинмасдан уларнинг учлари бўйлаб сирпаниши сабаб бўлади.

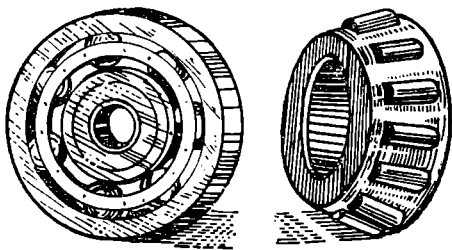
Думалаш ишқаланиши. Бир жисм иккинчи жисмнинг сирти бўйлаб думалаганда думалаш ишқаланиши юзага келади. Думалаш ишқаланишига темир йўл вагони ғилдиракларининг рельсларга, автомобиль ғилдиракларининг йўлга, катта бочкалар ёки қувурларни думалатишда уларнинг ерга ишқаланиши ва шунга ўхшашлар мисол бўлади.

Думалаш ишқаланишига, биринчидан, жисм думалаётган сиртнинг текис бўлмаслиги; иккинчидан, жисм думалаётган сирт шаклининг ўзгариши (бу сирт босилади ва келгусидаги думалаш қийинлашиб қолади); учинчидан, думалаётган жисмнинг ўз шаклини ўзгартириши (бу жисм босим натжасида уриниш нуқтасида бир оз яссиланади) ва шу туфайли келгусида ҳаракатнинг янада қийинлашиши сабаб бўлади. Буларнинг ҳаммаси думалаш ишқаланишини юзага келтиради.

Тажрибалардан шу нарса аниқланганки, думалаётган жисмнинг ратиусини катталаштириб думалаш ишқаланишини камайтириш мумкин, чунки бунда жисм сирт нотекикликларини осон енгади ва сиртга камроқ босади, натижада ҳаракатланиш учун камроқ куч керак бўлади. Агар металл брусокни думалагичларга қўйиб, уни динамометр ёрдамида тортсак, думалаш ишқаланиши шу брусокнинг сирпаниш ишқаланишидан анча кам бўлишига ишониш осон.

Кўп тажрибалар думалаш ишқаланиш кучининг, бошқа ҳамма шароитлар бирдай бўлганда, сирпаниш ишқаланиш кучидан кичик бўлишини кўрсатади.

Ишқаланишни камайтириш керак бўлган жойда сирпаниш ишқаланишини думалаш ишқаланиши билан алмаштирилади. Бу мақсадда шарикли ва роликли подшипниклар ишлатилади (22-расм). Кейинги йил-



22-расм. Шарикли ва роликли подшипниклар.

ларда машинасозликда игнасимон подшипниклар ҳам қўллана бошланди.

Ишқаланишни янада кўпроқ камайтириш учун сиртлар мойланади, мойлаш қуруқ ишқаланишни 8—10 марта камайтиради. Мой металлға ёпишганда парда ҳосил бўлади ва металл сиртлар ҳаракатланганда металл металлға эмас, балки мой пардалари ўзаро ишқаланади. Бироқ жисмлар бир-бирига жуда сиқиб қўйилган бўлса, мой сиқилиб чиқиб кетади. Бу ҳолда ишқаланиш жуда ортиб кетади, бунинг натижасида ишқалаувчи қисмлар анча қизийди.

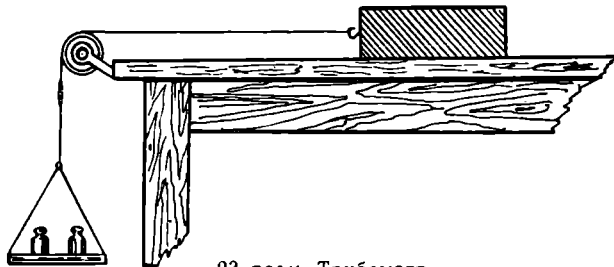
Қуюқ (ёпишқоқ) мойни подшипниклардан сиқиб чиқариш қийин бўлгани учун подшипникларда ёпишқоқлик коэффиценти катта бўлган мойлардан фойдаланилади. Мойлаш материалларини тўғри танлаш учун уларнинг ёпишқоқлигини яхши билиш керак.

Мойлаш ёрдамида зарарли ишқаланишни камайтириш масаласини биринчи бўлиб XIX асрнинг охирларида рус олими Н. П. Петров (1836—1917) ўрганган эди. У ўзининг 1882 йилда нашр қилинган „Машиналардаги ишқаланишлар“ деган асарида мойланганда ишқаланишнинг қуруқ ишқаланишдан бошқача табиатга эга бўлишини исбот қилиб берган эди.

Мойлашдаги ишқаланишни ўрганиш мураккаб бўлгани учун биз қуруқ ишқаланишни ўрганиш билан чекланамиз. Қуруқ ишқаланиш кўп ҳолларда, масалан, барча системадаги тормозларда, тўсин, рельс, темир варақлари тайёрлашга мўлжалланган прокат станларида қуруқ ишқаланиш бўлади. Мойлашдан фойдаланиб бўлмайдиган жойларда, масалан, конвейерларнинг печларда ҳаракатланишида, бундай ҳаракат юқори температураларда бўлгани сабабли, шунингдек, тракторнинг гусеничаларида уларнинг тузилиш хусусиятлари туфайли қуруқ ишқаланишдан фойдаланилади.

### 32-§. Сирпаниш ишқаланиш коэффиценти

Сирпаниш ишқаланишини 23-расмда кўрсатилган трибометр ёрдамида ўрганиш мумкин. Трибометр билан олиб бориладиган тажрибаларда тахтачанинг текис тўғри чизиқли ҳаракатланишига эришилади. Бу ҳолда сирпаниш ишқаланиш кучи ҳа-



23-расм. Трибометр.

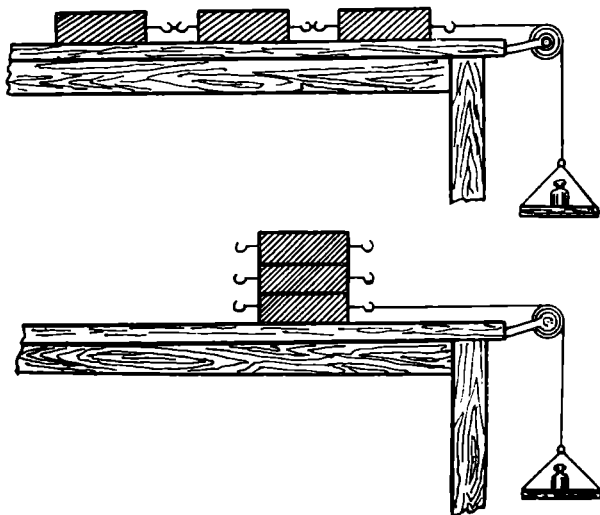
ракатлантирувчи кучга, яъни тошлар қўйилган тарози палласининг оғирлигига тенг.

Агар тахтачага қўшимча 1 кг, 2 кг, 3 кг юклар қўйилса, ишқаланиш кучининг ортиб боришига ишонч ҳосил қилиш мумкин. Бундан ишқаланиш кучи нормал босим кучига, яъни ишқаланувчи сиртларни бир-бирига босувчи ва сиртга перпендикуляр бўлган кучга боғлиқ бўлади, деб хулоса қилиш мумкин. Трибометр билан қилинадиган тажрибаларда тахтача ва унинг устидаги юкнинг оғирлиги нормал босим кучи бўлиб хизмат қилади.

Тажрибалар сирпаниш ишқаланиш кучи ҳамма вақт нормал босим кучидан кичик эканини кўрсатди, шунинг учун  $F_{\text{ишқ}}$  ишқаланиш кучини нормал босим кучига бўлиб, ишқаланиш кучи нормал босим кучи  $F_n$  нинг қандай қисмини ташкил қилишини билиш мумкин; олинган сон *сирпаниш ишқаланиш коэффициентини* деб аталади:

$$k = \frac{F_{\text{ишқ}}}{F_n}.$$

Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини исмсиз сон бўлиб, ҳамма вақт бирдан кичик бўлади.



24- расм. Сирпаниш ишқаланиш коэффициентининг тегиб турган сиртлар юзи катталигига боғлиқ эмаслигини намоиш қилишга доир қурилма

Трибометр ёрдамида ишқаланиш коэффициентининг жисмининг таркибига, сиртларнинг қандай ишлов берилганига, ишқаланувчи сиртларнинг катта-кичиклигига, ҳаракат тезлигига боғлиқ ёки боғлиқ эмаслигини аниқлаш мумкин.

Қуруқ сирпаниш ишқаланиш қонунларини биринчи бўлиб француз физиги Кулон (1736 — 1806) ўрганди.

1- қонун. Сирпаниш ишқаланиши коэффициенти айни бир материал ва ишқалувчи сиртлар ишловининг тозалиги учун ўзгармас катталиқдир.

2- қонун. Сирпаниш ишқаланиш коэффициенти ишқаланувчи сиртларнинг материалига боғлиқ.

Кўп ҳолларда бир жинсли сиртлар орасидаги ишқаланиш турли жинсли сиртлар орасидаги ишқаланишдан катта бўлади. Бундан ишқаланишни орттириш ёки камайтиришда фойдаланилади. Жисмларнинг қаттиқлиги ҳам катта аҳамиятга эгадир. Материал қанчалик қаттиқ бўлса, ишқаланиш шунчалик кам бўлади. Ишқаланишни камайтириш учун аниқ тарозиларнинг призмалари, соатларнинг подшипниклари, электр ўлчов асбоблари ва юқори аниқликдаги бошқа асбобларнинг ясалишида қаттиқ минераллар ишлатилади.

3- қонун. Сирпаниш ишқаланиш коэффициенти жисмларнинг бир-бирига тегиш юзаси жуда кичик бўлмаса, унга боғлиқ бўлмайди (24- расм).

4- қонун. Сирпаниш ишқаланиш коэффициенти ҳаракат тезлиги ортиши билан камайди. Масалан, чўян тормоз колдқасининг ғилдиракнинг пўлат бандажига сирпаниш ишқаланиш коэффициентини шундай жадвал тарзида ёзиш мумкин:

Тезлик, км/соат да	8	16	40	72	96,5
Сирпаниш ишқаланиши коэф-фициенти:	0,273	0,242	0,166	0,127	0,074

### 33- §. Ишқаланиш кучларининг роли

Биринчи қарашда ишқаланишнинг фойдасидан кўра зарари кўпроқдек туюлади. Ахир ишқаланиш машина ва механизмлар деталларининг тез ейилишига сабаб бўлади-да. Бунда ҳақиқатан ҳам ишқаланиш зарарли ва уни бартараф қилишга ҳаракат қилинади, бироқ уни батамом бартараф қилиш мумкин эмас. Ишқаланишни думалатиш ва мойлашдан фойдаланиб камайтириш мумкин.

Аммо иккинчи томондан ишқаланиш жуда фойдалидир. Ишқаланиш иншоотларнинг мустаҳкамлигини оширади; ишқаланиш бўлмаса, биноларнинг деворларини ҳам қуриб бўлмайди, телеграф устунларини маҳкамлаб, машина ва иншоотларнинг қисмларини болтлар, михлар, бурама михлар билан маҳкамлаб бўлмайди. Ишқаланиш бўлмаса, ўсимликлар тупроқда тура олмас, ерда пиёда ҳам, транспорт машиналарида ҳам юриб бўлмас, тасмали узатмалардан фойдаланиб бўлмас, тормоз қурилмаларини, прокат станларини қуриб бўлмас, буюмларни қўлда тутиб бўлмас ва хуллас бирор жисм билан иш кўриш мумкин бўлмас эди.

Агар локомотивнинг етакчи гилдираклари билан рельслар орасида тинчлик ишқаланиши бўлмаса, гилдираклар ўрнидан силжймай айланаверади. Ишқаланишни кўпайтириш учун рельсларга қум сепилади. Яхмалак йўлда пиёда юриш ҳам, автомобилда юриш ҳам қийин, чунки бундай йўлда ишқаланиш жуда кам бўлади. Бундай ҳолларда йўлқаларга қум сепилади ва автомобиль гилдиракларига занжир боғланади, ана шундай қилиб тинчлик ишқаланиши кўпайтирилади.

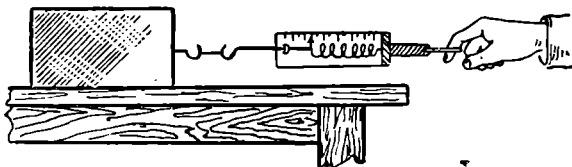
*2-лаборатория иши. Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини аниқлаш.*

**Асбоб ва ускуналар:** трибометр; динамометр (400 Г гача); 4000 Г гача динамометр; ватерпас; оғирлиги 500 дан 1000 Г гача бўлган тахтачалар тўплами.

**Иш ни ба ж а р и ш**

1. Ватерпас ёрдамида трибометрни горизонтал ўрнатинг (25- расм).

2. Тахтачани трибометрга қўйинг ва кичик динамометр ёрдамида уни трибометр бўйлаб текис ҳаракатлантиринг. Бунда динамометрнинг ҳаракатини кузатинг ва сирпаниш ишқаланиш кучига тенг бўлган  $F_{ишқ}$  ўртача кўрсатишини олинг.



25- расм. 2- лаборатория ишига доир.

3. Шу тахтачанинг ўзини катта динамометрга осинг ва горизонтал турган трибометрга нормал босим кучи бўлган  $F_n$  оғирликни аниқланг.

4. Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини қуйидаги формулага кўра ҳисобланг:

$$k = \frac{F_{ишқ}}{F_n}$$

5. Тажрибани бошқа тахтачалар билан давом эттиринг.

6. Ўлчашлар ва ҳисоблашлар натижаларини жадвалга ёзинг.

Бир-бирига тегиб турган жисملарнинг моддалари номи	Сирпаниш ишқаланиш кучи, $F_{ишқ}$	Нормал босим кучи, $F_n$	Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини, $k$

**33-масала.** Оғирлиги 500 кг бўлган станокни ўрнidan қўзғатиш ва уни тахта пол устидa тўғри чизиқли текис ҳаракатлантириш учун қандай куч керак? Тинч ишқаланиш коэффициенти 0,6; сирпаниш ишқаланиш коэффициенти 0,42 га тенг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$F_n = P = 500 \text{ кг} = 4900 \text{ н};$$

$$k_1 = 0,6;$$

$$k_2 = 0,42.$$

1. Станокни жойидан қўзғатиш учун керак бўлган тинч ишқаланиш кучини аниқлаймиз:

$$k_1 = \frac{F_1}{F_n}; \quad F_1 = kF_n.$$

---


$$F_1 - ?$$

$$F_2 - ?$$

2. Станокни тўғри чизиқли текис ҳаракатлантириш учун керак бўлган ҳаракатдаги ишқаланиш кучини топамиз:

$$k_2 = \frac{F_2}{F_n}; \quad F_2 = k_2 F_n.$$

3. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F_1 = 0,6 \cdot 4900 \text{ н} = 2,94 \text{ кн}; \quad F_2 = 0,42 \cdot 4900 \text{ н} = 2,058 \text{ кн}.$$

**34-масала.** Электровоз оғирлиги 1000 Т бўлган составни горизонтал йўл бўйлаб ҳаракатлантирмоқда. Бунда 90 км/соат тезликда 40 Т тортиш кучига эришади. Вагон гилдиракларининг рельсларга ишқаланиш коэффициенти 90 км/соат тезликда 0,03 га тенг бўлса, поезднинг тезланишини топинг.  $g = 10 \text{ м/сек}^2$  га тенг деб олинг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$F_n = P = 10^6 \text{ кг} = 9,8 \cdot 10^6 \text{ н};$$

$$F_{\text{тор}} = F_{\text{ишқ}} + F_{\text{тез}} = 0,4 \cdot 10^6 \text{ кг} = 3,92 \cdot 10^5 \text{ н};$$

$$k = 0,03;$$

$$g = 10 \text{ м/сек}^2.$$

1. Ҳаракатга тўсқинлик қилувчи ишқаланиш кучини аниқлаймиз:

$$k = \frac{F_{\text{ишқ}}}{F_n}; \quad F_{\text{ишқ}} = kF_n.$$

$a - ?$

2. Тезланиш берувчи кучнинг ифодасини ёзамиз:

$$F_{\text{тез}} = F_{\text{тор}} - F_{\text{ишқ}} = F_{\text{тор}} - kF_n.$$

3. Поезднинг массасини аниқлаймиз:

$$m = \frac{P}{g}.$$

4. Поезднинг тезланишини топамиз:

$$a = \frac{F_{\text{тез}}}{m} = \frac{(F_{\text{тор}} - kF_n)g}{P}.$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$a = \frac{(3,92 \cdot 10^5 \text{ н} - 0,03 \cdot 9,8 \cdot 10^6 \text{ н}) \cdot 10 \text{ м/сек}^2}{9,8 \cdot 10^6 \text{ н}} = 0,1 \text{ м/сек}^2.$$

**35-масала.** Автомобиль горизонтал йўлда 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Моторни ўчириб қўйилгандан кейин автомобиль 100 м йўл юриб тўхтайдди. Автомобилнинг мотор тўхтатилган ҳолда юрган вақтини, тезланишини ва ишқаланиш коэффициентини аниқланг.



Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 36 \text{ км/соат} = 10 \text{ м/сек};$$

$$v_t = 0;$$

$$s = 100 \text{ м};$$

$$g = 9,8 \text{ м/сек}^2.$$

$$t - ?$$

$$-a - ?$$

$$k - ?$$

Ечилиши

1. Автомобилнинг мотори ўчириб қўйилган ҳолда юрган вақтини аниқлаймиз:

$$s = \frac{v_0 t}{2}; \quad t = \frac{2s}{v_0}.$$

2. Автомобилнинг тезланишини ифодалаймиз:

$$s = \frac{-v_0^2}{2a}, \quad -2as = v_0^2; \quad -a = \frac{v_0^2}{2s}.$$

3. Автомобилнинг текис секинланувчан ҳаракатдаги ишқаланиш коэффициентини топамиз:

$$k = \frac{F_{\text{ишқ}}}{F_{\text{н}}} = \frac{-ma}{mg} = \frac{-a}{g}.$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t = \frac{2 \cdot 100 \text{ м}}{20 \text{ м/сек}} = 10 \text{ сек}; \quad -a = \frac{(10 \text{ м/сек})^2}{2 \cdot 100 \text{ м}} = 0,5 \text{ м/сек}^2;$$

$$k = \frac{0,5 \text{ м/сек}^2}{9,8 \text{ м/сек}^2} = 0,051.$$

36- масала. Оғирлиги 4 кг бўлган тахтачани горизонтал текисликда 1,7 м/тортиш кучи таъсирида ҳаракатга келтирилди. Агар тахтача текис тезланувчан ҳаракатланаётган ва 3 сек давомнда 81 см йўл ўтган бўлса, сирпаниш ишқаланиш коэффициентини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$P = F_{\text{н}} = 4 \text{ кг} = 39,2 \text{ н};$$

$$F_{\text{тор}} = F_{\text{ишқ}} + F_{\text{тез}} = 1,7 \text{ кг} = 16,66 \text{ н};$$

$$t = 3 \text{ сек};$$

$$s = 0,81 \text{ м}.$$

$$k - ?$$

Ечилиши

1. Тахтачанинг тезланишини аниқлаймиз:

$$s = \frac{at^2}{2}; \quad 2s = at^2; \quad a = \frac{2s}{t^2}.$$

2. Тахтачани тезлантирувчи кучни топамиз:

$$F_{\text{тез}} = ma = \frac{P}{g} a.$$

3. Сирпаниш ишқаланиш кучини топамиз:

$$F_{\text{ишқ}} = F_{\text{тор}} - F_{\text{тез}}; \quad F_{\text{ишқ}} = F_{\text{тор}} - \frac{P}{g} \frac{2s}{t^2}.$$

4. Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини топамиз:

$$k = \frac{F_{\text{ишқ}}}{F_{\text{н}}} = \frac{F_{\text{тор}} - \frac{P}{g} \frac{2s}{t^2}}{F_{\text{н}}}$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$k = \frac{16,66 \text{ н} - \frac{39,2 \text{ н} \cdot 2 \cdot 0,81 \text{ м}}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 9 \text{ сек}^2}}{39,2 \text{ н}} \approx 0,41.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Кучлар таъсири мустақиллиги қонуни нимадан иборат?
2. Ишқаланиш турлари қандай бўлади ва улардан ҳар бирининг келиб чиқишини қандай тушунтириш мумкин?
3. Ишқаланиш кучи нима? Нормал босим кучи нима?
4. Ишқаланишни қандай асбоб ёрдамида ўрганиш мумкин?
5. Қайси куч катта: ҳаракатдаги ишқаланиш кучими ёки тинчликдаги ишқаланиш кучими?
6. Сирпаниш ишқаланиш коэффициенти нима, у қандай сон билан ифодаланади?
7. Қуруқ сирпаниш ишқаланиш қонунлари нима, уларни ким ўрганган?
8. Қандай усуллар билан ишқаланишни камайтириш мумкин?
9. Ишқаланишнинг зарарли таъсири қандай?
10. Ишқаланишнинг фойдали таъсири қандай?
11. Нима учун оғир жисмларни қўзғатишда унинг тагига думалатгичлар қўйилади?
12. Шарикли, роликли ва игнасимон подшипниклар нима учун қўлланилади?
13. Нима учун тирик балиқни қўлда ушлаш қийин?
14. Нима учун автомобиль, велосипед шиналарида, калишлар ва резина этикларнинг таг резинкасига гадир-будур излар туширилади?
15. Нима учун трамвай, локомотив ва электровозларда қум солинадиган яшиқлар қилинади?
16. Нима учун тормозларни мой билан мойланмайди?
17. Нима учун совун суртилган винт ёғочга осон киради?
18. Нима учун қум, майда кўмир, дон текис тўқилмай, конуссимон ғарамлар ҳосил қилади?
19. Горизонтал йўл бўйлаб 1000 кг оғирликдаги аравани текис олиб юриш учун қандай тортиш кучи керак бўлади? Ишқаланиш кучи 0,05 га тенг.

Ж а в о б и: 490 н.

20. Горизонтал муз сирти бўйлаб сирпанаётган тош 30 м масофа ўтиб тўхтади. Агар сирпаниш ишқаланиш коэффициенти 0,06 га тенг бўлса, тошнинг бошлангич тезлигини аниқланг.  $g = 10 \text{ м/сек}^2$  га тенг деб олинг.

Ж а в о б и: 6 м/сек.

21. 18 км/соат тезлик билан кетаётган трамвай вағони тўсатдан тормозланганда сирпаниб ҳаракатлана бошлади (тормозланган ғилдирақлар айланмай, сирпана бошлайди) Вагон бутунлай тўхтагунча қанча сирпаниб юради? Ғилдирақларнинг рельсга сирпаниш ишқаланиш коэффициенти 0,2 га тенг.  $g = 10 \text{ м/сек}^2$  га тенг деб олинг.

Ж а в о б и: 6,25 м.

22. Агар парашютчи ўзгармас тезлик билан тушаётган бўлса, парашютга таъсир қиладиган ҳавонинг қаршилик кучини аниқланг. Парашютчининг оғирлиги 75 кг.

Ж а в о б и:  $\approx 750 \text{ н}$ .

23. Кичик рандалаш станогининг оғирлиги ишлов берилаётган деталь билан бирга  $160 \text{ кг}$ , унинг тиз остида ҳаракатланиш тезлиги  $0,4 \text{ м/сек}$  га тенг. Қирқиш бошлангунча станок механизмлари столга қандай тезлик бериши керак? Тезлик олиш вақти  $0,8 \text{ сек}$ , столнинг йўналтирувчиларга ишқаланиш коэффициентини  $0,2$  га тенг.

Ж а в о б и:  $392 \text{ н}$ .

24. Оғирлиги  $1000 \text{ Т}$  бўлган поезд станциядан йўлга чиқиб,  $6 \text{ мин } 40 \text{ сек}$  дан кейин  $72 \text{ км/соат}$  тезликка эришди. Агар вагон гилдираklarининг бундай тезликда рельсларга ишқаланиш коэффициентини  $0,4$  га тенг бўлса, электровознинг тортиш кучи қанча?

Ж а в о б и:  $441 \text{ кн}$ .

25.  $4000 \text{ кг}$  оғирликдаги тўпдан горизонтал йўналишда снаряд отилди. Снаряднинг оғирлиги  $10 \text{ кг}$ , унинг бошланғич тезлиги  $800 \text{ м/сек}$ . Агар тўп лафетининг тупроққа ишқаланиш коэффициентини  $0,4$  га тенг бўлса, тўпнинг орқага қанча гилдирашини аниқланг.

Ж а в о б и:  $0,5 \text{ м}$ .

26. Самолётнинг оғирлиги  $1000 \text{ кг}$ . Самолёт  $100 \text{ м}$  йўлда  $80 \text{ км/соат}$  га тенг учиш тезлигига эришади. Агар самолётнинг тезланишдаги ишқаланиш коэффициентини  $0,2$  га тенг деб олинса, моторнинг тортиш кучини аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx 4,4 \text{ кн}$ .

---

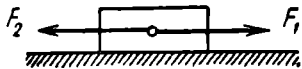
## КУЧЛАРНИ ҚЎШИШ ВА АЖРАТИШ

### 34- §. Кучлар таъсирида жисмнинг мувозанати. Кучнинг ташкил этувчилари ва уларнинг тенг таъсир этувчиси. Мувозанатловчи куч

Физиканинг кучлар таъсирида жисмларнинг мувозанатда бўлиш шартларини ўрганадиган бўлими *статика* дейилади.

Кўп ҳолларда жисмга бир вақтда бир неча куч таъсир қилишига қарамай, у нисбатан тинчлик ҳолатида бўлади.

Масалан, бинони олайлик. Унга атмосфера босими кучи, оғирлик кучи, шамол таъсири, тупроқ ва пойдевор орасидаги ишқаланиш кучи ва бошқа кучлар таъсир қилади, бироқ шунга қарамай бино нисбатан тинчлик ҳолатида бўлади. Шундай ҳам бўладики, жисмга бир неча куч таъсир қилаётган бўлади, бироқ жисм тўғри чизиқли текис ҳаракатда бўлади, яъни таъсир қилаётган кучлар таъсирида жисм ҳеч қандай тезланиш олмайди. Масалан, самолётга турли кучлар—моторнинг тортиш кучи, ҳавонинг ён томондан қаршилиги, оғирлик кучи (оғирлиги), кўтариш кучи ва бошқа кучлар таъсир қилаётганда ҳам тўғри чизиқли текис учиши мумкин.



26- расм. Бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши томонларга йўналган иккита тенг кучлар ўзаро мувозанатлашади.

Жисмга таъсир қилиб, биргаликда таъсири билан жисмнинг тезлигини ўзгартирмайдиган кучлар ўзаро мувозанатланган кучлар дейилади.

Катталиклари жиҳатидан тенг, бироқ қарама-қарши йўналишда бўлган қаттиқ жисмнинг бир нуқтасига қўйилган икки куч ўзаро мувозанатлашади (26- расм). Агар  $F_1$  куч  $a_1$  тезланиш берса, у ҳолда  $F_2$  куч  $a_2 = -a_1$  тезланиш беради. Умумий тезланиш

$$a = a_1 + a_2 = a_1 - a_1 = 0$$

бўлади, шунинг учун жисм мувозанатда бўлади.

Техникага оид кўпгина масалаларда жисмга таъсир қилаётган бир неча кучни ўзининг таъсир натижаси билан ўша кучларга тенг кучли бўлган битта куч билан алмаштириб билиш керак. Жисмга қўйилган бир неча кучлар сингари таъсир қилувчи куч уларнинг *тенг таъсир этувчиси* дейилади.

Тенг таъсир этувчи куч билан алмаштирилган кучлар унинг *ташкил этувчилари* дейилади.

Берилган ташкил этувчи кучларга мувофиқ тенг таъсир этувчини топиш *кучларни қўшиш* дейилади. Катталиги жиҳатидан тенг таъсир этувчи кучга тенг бўлиб, жисмнинг ўша нуқтасига қўйилган ва қарама-қарши йўналишда бўлган куч *мувозанатловчи куч* дейилади.

Хулоса: *жисмни мувозанат ҳолатига келтириш учун унга қўйилган барча кучларнинг тенг таъсир этувчисини топиш, сўнгра жисмнинг ўша нуқтасига мувозанатловчи кучни қўйиш керак.*

### 35-§. Кучнинг қўйилиш нуқтаси ва қаттиқ жисмда уни кўчириш

Амалиётдан маълумки, кучлар таъсирида қаттиқ жисмларда турли ўзгаришлар: шакл, ҳажм, мустаҳкамлик ва бошқа тур ўзгаришлар бўлади. Назарий механикада қаттиқ жисмларга кучлар таъсири ҳақиқатга биринчи яқинлашишда, жисм моддасида бўладиган барча ўзгаришларни назарга олмаган ҳолда ўрганилади. Бунинг учун реал мавжуд бўлган қаттиқ жисмларнинг ҳақиқий хоссаларидан мавҳумланиб, қаттиқ жисмлар шартли равишда *абсолют қаттиқ* деб, яъни уларда деформациялар (чўзилиш, сиқилиш, эгилиш, буртилишлар) бўлмайди деб олинади.

Резина найчага юк осилган деб фараз қилайлик. Тажрибанинг кўрсатишича, осилган юк натижасида резинка чўзилади. Юкни резинка найчанинг маҳкамланган жойига яқинлаштирганимиз сари унинг бўйи кам чўзилишини кўраемиз. Бундан кўриниб турибдики, ҳақиқатда мавжуд бўлган қаттиқ жисмда кучнинг унинг таъсир чизиғи бўйлаб кўчирилиши унинг таъсири натижасининг ўзгаришисиз бўлмас экан. Агар резина най ўрнига пўлат стержень олсак ва унга ўша юкни осиб қўйсак, биз стерженнинг сезиларли узайишини кўрмаймиз. Агар қўйилган куч унча катта бўлмаса, жисм ҳам кичик ўлчамлардаги жуда қаттиқ материалдан бўлса, кучлар таъсирида юзага келадиган деформацияларни назарга олмаслик мумкин.

Бунда *кучнинг қўйилиш нуқтаси А* ни (27-расм) *қаттиқ жисмнинг ихтиёрий нуқтасига* (масалан, *В* нуқтасига) таъсир чизиғи бўйлаб *кўчириш мумкин.*



27- расм.  
Кучнинг қўйилиш нуқтасини кўчириш.

### 36- §. Жисмга бир тўғри чизиқ бўйлаб ва бурчак остида таъсир қиладиган кучларни қўшиш

Шундай мисол кўрайлик. Икки локомотив йўлнинг тўғри чизиқли қисмида составни ҳаракатга келтирмоқда: биринчи локомотивнинг тортиш кучи  $F_1$ , иккинчисиники эса  $F_2$  бўлсин.

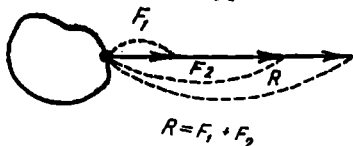
Бу ҳолда локомотивларнинг тортиш кучлари бир тўғри чи-  
зиқ бўйлаб бир томонга йўналган, тенг таъсир этувчи  $R$  куч  
ташкил этувчиларнинг йигиндисига тенг, яъни

$$R = F_1 + F_2.$$

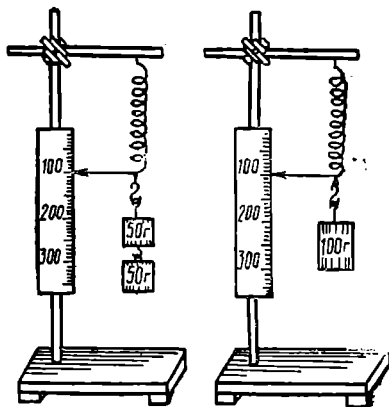
Шундай қилиб, жисмга тўғри чизиқ бўйлаб бир йўналиш-  
да таъсир қилувчи икки кучнинг тенг таъсир этувчиси бу  
кучларнинг йигиндисига тенг ва ўша тўғри чизиқ бўйлаб  
юша йўналишда таъсир қи-  
лади (28- расм).

Буни шундай тажрибада тек-  
шириш мумкин.

50 Г лик иккита тошни ди-  
намометрга устма-уст осамиз  
ва динамометрнинг кўрсатиш-  
ларини белгилаб қўямиз. Бу  
икки тошни олиб, ўрнига битта



28- расм. Жисмга тўғри чизиқ бўйлаб  
бир томонга таъсир қилувчи икки куч-  
нинг тенг таъсир этувчиси уларнинг  
йигиндисига тенг ва ўша томонга йў-  
налган.



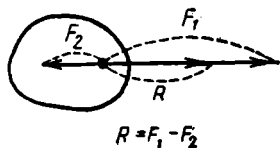
29- расм. 50 Г дан бўлган икки куч-  
нинг тенг таъсир этувчиси 100 Г га  
тенг бўлади.

100 Г лик тошни осамиз, бунда динамометрнинг кўрсатиши ав-  
валгидек бўлишига ишонч ҳосил қиламиз (29- расм).

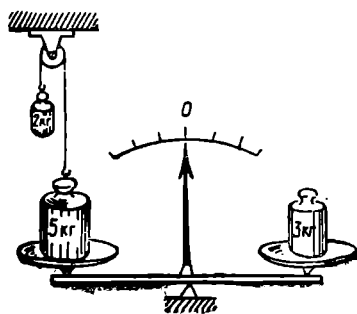
Локомотивнинг тортиш кучи  $F_1$ , поезднинг ҳаракатга қар-  
шилиқ кучи  $-F_2$  га (манфий катталиқ) тенг бўлган ҳолда, тенг  
таъсир этувчи  $R$  куч ташкил этувчиларнинг алгебраик йигин-  
дисига тенг эканини аниқлаш осон, яъни

$$R = F_1 + (-F_2) \text{ ёки } R = F_1 - F_2.$$

Шундай қилиб, жисмга бир  
тўғри чизиқ бўйлаб қарама-



30- расм. Жисмга бир тўғри чизиқ бўй-  
лаб қарама-қарши томонларга таъсир  
қилувчи икки кучнинг тенг таъсир  
этувчиси бу кучларнинг айирмасига  
тенг ва катта куч томонга йўналган.



31- расм. 5 кг ва 2 кг кучларнинг  
тенг таъсир этувчиси 3 кг га тенг,

қарши томонга таъсир қилувчи икки кучнинг тенг таъсир этувчиси уларнинг айирмасига тенг бўлиб, ўша тўғри чизиқ бўйлаб катта кучнинг таъсир йўналишида таъсир қилади (30-расм). Буни 31-расмда тасвирланган тажриба ёрдамида исбот қилиш мумкин.

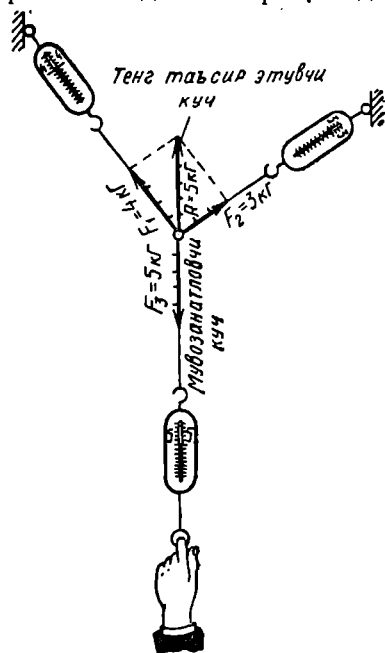
Агар ташкил этувчи кучларни  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$  билан белгиласак ва ҳар бир ташкил этувчининг алгебраик қийматини олсак, у ҳолда кўп марта қилинган кузатишлар ёрдамида шундай хулосага келиш мумкин:

$$R = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n \text{ ёки } R = \Sigma F,$$

бу ерда  $\Sigma$  — грекча „сигма“ ҳарфи бўлиб, „йиғинди“ сўзини билдиради, яъни айни бир тўғри чизиқ бўйича таъсир қилувчи бир неча кучларнинг тенг таъсир этувчиси ташкил этувчи кучларнинг алгебраик йиғиндисига тенг бўлади.

Кўпинча жисмга кучлар бурчак остида таъсир қилади; шунинг учун бундай кучларнинг тенг таъсир этувчисини топишни ўрганиш керак. Жисмнинг бир нуқтасига бурчак остида таъсир қилувчи икки кучнинг тенг таъсир этувчисини топиш учун шундай тажриба қиламиз. Учта динамометр оламиз ва уларнинг илмоқларига маҳкам иплардан боғлаб, сўнгра ипларнинг бўш учларини тугун қилиб боғлаймиз (32-расм). Икки динамометри катта тахтага маҳкамлаймиз, сўнгра учинчи динамометрнинг пружинасини таранглаймиз ва шу ҳолда уни ҳам маҳкамлаб қўямиз. Ипларнинг тугунига қўйилган учала кучнинг ўзаро мувозанатлашганини кўрамиз. Ипларнинг вазияти ҳамда динамометрларнинг кўрсатишидан бу кучларнинг йўналишини ҳам, катталикларини ҳам осон топиш мумкин.

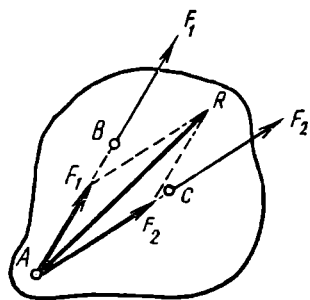
Айтайлик  $I$  ва  $II$  ипга таъсир қилувчи кучлар ташкил этувчи кучлар бўлсин, у ҳолда  $III$  ипга таъсир қилувчи куч тенг таъсир этувчи куч бўлади. Биз тенг таъсир этувчи кучни топишимиз керак. Бунинг учун кучларни график тасвирлашдан фойдаланамиз. Тахтага (ип остига) бир варақ қоғоз қўямиз ва унда тугуннинг (кучларнинг



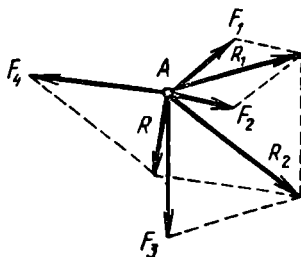
32-расм. Бир-бирига бурчак остида йўналган кучларни қўйиш.

қўйилиш нуқтасини) ҳамда ипларнинг вазиятини белгилаб оламиз. Бу чизиқларда итхиёрий масштаб билан таъсир қилувчи кучларни ясаймиз. Биз бир нуқтага қўйилган  $F_1$ ,  $F_2$  ва  $F_3$  кучларни ҳосил қиламиз.  $F_3$  куч мувозанатловчи куч бўлади. Мувозанатловчи кучнинг таърифидан биламизки, тенг таъсир этувчи куч унга катталиқ жиҳатидан тенг, бироқ йўналиши жиҳатидан қарама-қарши бўлиши керак, шунинг учун тенг таъсир этувчи кучни ясаш осон. Энди  $F_1$  ва  $F_2$  кучларни томонлар қилиб параллелограмм ясасак, унинг диагонали тенг таъсир этувчи куч бўлишига ишонч ҳосил қиламиз. Шунга ўхшаш кўп тажрибалардан параллелограмм қондаси топилган эди: *жисмнинг бир нуқтасига бир-бирига бурчак остида таъсир қилувчи икки кучнинг тенг таъсир этувчиси катталиги ва йўналиши жиҳатидан шу кучларга қурилган параллелограммнинг диагонали билан ифодаланади ва ўша нуқтага қўйилган бўлади.*

Тенг таъсир этувчини топишнинг бундай усули геометрик қўшиш дейилади. Кучларнинг ҳосил қилинган геометрик йиғиндиси (вектор) диагоналдир. Бу ҳолда (кучлар бурчак остида таъсир қилганда) геометрик йиғинди алгебраик йиғинди-



33-расм. Турли нуқталарга қўйилган икки кучни қўшиш.



34-расм. Бурчак остида йўналган бир неча кучларни қўшиш.

дан кичик бўлади. Ҳақиқатан ҳам, тенг таъсир этувчи учбурчакнинг томони бўлгани учун (параллелограмм иккита тенг учбурчакдан иборат) ҳамма вақт ташкил этувчи кучларни ифодаловчи қолган икки томони йиғиндисидан кичик бўлиши керак, бироқ бу томонларнинг айирмасидан катта бўлиши керак.

$F_1$  ва  $F_2$  куч жисмнинг  $B$  ва  $C$  нуқталарига қўйилган ва бурчак ҳосил қилиб йўналган бўлсин (33-расм).

$B$  ва  $C$  нуқталарни кучларнинг таъсир чизиқлари кесишадиган нуқтага ( $A$  нуқтага) кўчирамиз, сўнгра параллелограмм қондасига кўра уларни геометрик қўшамиз ва ташкил этувчи кучларга ясалган бу параллелограммнинг диагонали сифатида  $R$  тенг таъсир этувчи кучни оламиз.



Жисмнинг бир нуқтасига қўйилган бир неча куч бир-бирига бурчак остида йўналган бўлсин. Бундай ҳоллар иншоотлар ва машиналарда кўп учрайди.

Тенг таъсир этувчини топиш учун кучларни кетма-кет қўшиш керак.  $F_1$  ва  $F_2$  кучларни параллелограмм қоидасига мувофиқ қўшиб,  $R_1$  тенг таъсир этувчини топамиз. Олинган  $R_1$  тенг таъсир этувчини  $F_3$  куч билан қўшамиз ва  $R_2$  тенг таъсир этувчини топамиз. Бу тенг таъсир этувчи учта кучнинг, яъни  $F_1$ ,  $F_2$  ва  $F_3$  кучларнинг ўрнини босади. Энди  $R_2$  ва  $F_4$  икки кучни қўшиш қолади, бундан берилган барча кучларнинг тенг таъсир этувчиси  $R$  келиб чиқади (34-расм).

Кучларни қандай тартибда қўшилиши кучларнинг қўшиш натижасига таъсир қилмайди, шунинг учун кучларни исталган тартибда қўшиш мумкин.

### 37- §. Кучларни ташкил этувчиларга ажратиш

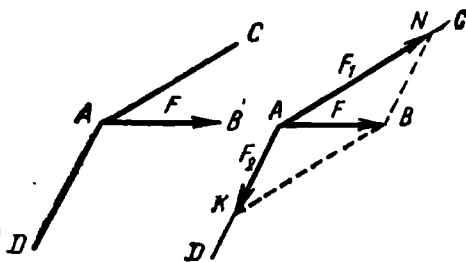
Берилган кучга кўра унинг ташкил этувчиларини топиш кучларни ажратиш дейилади. Кучни унинг бурчак ҳосил қилиб йўналган икки ташкил этувчисига ажратиш катта амалий аҳамиятга эгадир. Бундай ажратишнинг бир неча ҳолларини кўрамиз.

1-ҳол.  $F$  куч берилган, лекин бошқа ҳеч қандай қўшимча шартлари берилмаган.

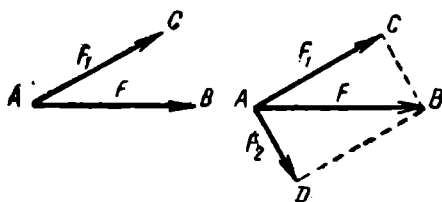
Бу масалада  $F$  куч бурчак остида таъсир қилувчи икки кучнинг тенг таъсир этувчиси бўлади ва параллелограммнинг диагонали бўлиб хизмат қилади. Кучнинг параллелограммнинг томонларидан иборат бўлган ташкил этувчиларини топиш керак. Масалани ечиш берилган диагоналга кўра параллелограмм ясашга келтирилади. Бу масалани чексиз кўп ечимлари бўлади, чунки берилган диагонал бўйича истаганча параллелограммлар ясаш мумкин.

2-ҳол.  $F$  куч берилган ва ташкил этувчи кучларнинг йўналишлари кўрсатилган. Бу масаланинг битта ечими бор (35-расм).  $F$  кучнинг  $B$  учидан  $BM \parallel AD$  тўғри чизиқни ва  $BK \parallel AC$  тўғри чизиқни ўтказамиз.  $KANB$  параллелограммни ҳосил қиламиз.

$AN = F_1$  ва  $AK = F_2$  векторлар изланаётган ташкил этувчи кучлар бўлади, чунки бошқа параллелограмм ясаш мумкин эмас.



35-расм. Берилган кучни берилган йўналишлар бўйлаб икки ташкил этувчига ажратиш.

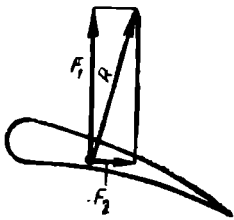


36-расм. Берилган кучга ва ташкил этувчилардан бирига кўра иккинчи ташкил этувчини топиш.

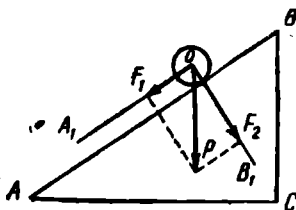
нинг  $A$  учидан  $AD \parallel CB$  тўғри чизиқни ўтказамиз.  $ADBC$  параллелограмми ҳосил қиламиз.  $AD = F_2$  вектор  $F$  кучнинг иккинчи ташкил этувчиси бўлади. Бошқа параллелограмм ясаш мумкин эмас, шунинг учун масаланинг ечими битта бўлади.

Кучни унинг ташкил этувчиларига ажратиш техникага оид масалаларда жуда кўп учрайди. Бундай ҳоллардан бир нечасини кўрамиз.

1. Самолёт қанотларининг кўтариш кучи ва пешона (рўпара) қаршилиқ мана бундай аниқланиши мумкин. Самолёт ҳаракатланаётганда сунъий шамол ҳосил бўлади, бошқача айтганда, ҳаво қанотнинг пастки сиртига қўшимча равишда босади. Бу куч қанотнинг остки сиртига перпендикуляр ва  $R$  вектор бўлади (37-расм).



37-расм. Самолёт қанотининг пастки сиртига таъсир этувчи перпендикуляр кучни икки ташкил этувчига ажратиш.

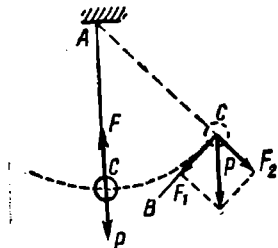


38-расм. Қия текисликдаги оғирлик кучни ташкил этувчиларга ажратиш.

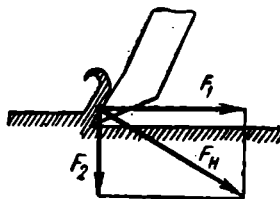
Биз  $R$  векторни икки ташкил этувчи кучга ажратишимиз керак, булардан бири тик (кўтарувчи куч) ва иккинчиси горизонтал (пешона қаршилиқ) бўлади.  $R$  векторни параллелограммнинг диагонали деб қабул қилиб, унинг ташкил этувчилари график равишда параллелограммнинг ташкил этувчилари сифатида топиш мумкин, уларнинг йўналишлари маълум бўлади.  $F_1$  вектор кўтариш кучи,  $F_2$  вектор эса пешона қаршилиқ кучи бўлади.

2. Қия текисликда турган жисми думалатувчи куч шундай топилади. Жисмнинг оғирлиги  $P$  қия текисликда икки кучга ажратилади (38-расм). Кучларнинг бири  $F_1$  жисми думалатади; бу куч қия текислик бўйича  $OA_1$  тўғри чизиқ бўйлаб йўналган. Иккинчи  $F_2$  куч жисми қия текисликка  $OB_1$  тўғри чизиқ бўйича босади. Қия текисликда турган жисмнинг оғирлиги ажраладиган кучларнинг катталикларини топиш учун жисмнинг оғирлиги  $P$  ни диагонал деб қабул қилиб, параллелограмм яшаш керак. Параллелограммнинг томонлари  $OA_1$  ва  $OB_1$  чизиқларида ётиши керак.

3. Маятникни ҳаракатлантирувчи куч шундай топилади.  $AC$  мувозанат вазиятида турган маятникка (39-расм) фақат унинг  $P$  оғирлиги таъсир қилади. Бу кучнинг таъсири таянчнинг қаршилиги  $F$  билан мувозанатлашади. Маятник мувозанат вазиятидан ташқарида бўлганда, маятникнинг оғирлиги таянчнинг қаршилиги билан мувозанатлашмайди ва маятник ҳаракатга келади.  $P$  оғирликни  $AC$  ип бўйлаб ва унга перпендикуляр йўналган кучларнинг тенг таъсир этувчиси деб қараймиз. Ип бўйлаб ҳаракатланиш мумкин эмас, чунки ип чўзилмайди (абсолют қаттиқ), бинобарин, маятникни ҳаракатлантирувчи куч  $CB$  тўғри чизиқ, яъни  $AC$  га перпендикуляр бўлади.



39-расм. Маятникнинг мувозанат вазиятидан оғишида оғирлик кучини ташкил этувчиларга ажратиш.



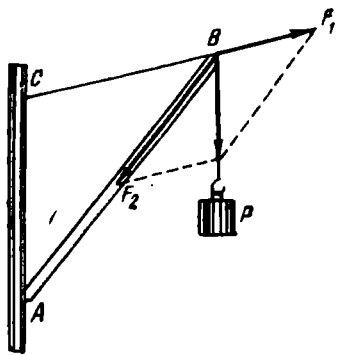
40-расм. Металларга ишлов беришда тигга таъсир қилаётган кучни ташкил этувчиларга ажратиш.

$P$  диагонал ва берилган йўналишларда параллелограмм ясаб, ташкил этувчиларнинг катталикларини  $F_1$  (ҳаракатлантирувчи куч) ва  $F_2$  (ипнинг таранглик кучини) топамиз.

4. Қирқишга қаршилик кучи ва тигнинг „ейилишига“ сабаб бўлган куч шундай топилади (40-расм).

Ишлов берилаётган деталдан чиқаётган пайраҳа тигга перпендикуляр ҳолда унинг олдинги қиррасига  $F_H$  куч билан босади. Бу кучни параллелограмм қоидасига мувофиқ икки ташкил этувчига ажратамиз: булардан бири тигнинг ҳаракат чизиги бўйлаб ва иккинчиси, унга перпендикуляр йўналишда бўлади.

Биринчи  $F_1$  куч қирқишга қаршилик кучи, иккинчи  $F_2$  куч тигни паства эгувчи, яъни тигнинг „ейилишига“ сабаб бўлган кучни беради.



41-расм. Кронштейнга таъсир қилувчи кучни ташкил этувчиларга ажратиш.

ган. Агар мачтанинг бадандлиги қилувчи кучларни топинг.

Берилган (СИ системасида):

$$h = AB = 15 \text{ м};$$

$$l = BC = 17 \text{ м};$$

$$F = 500 \text{ н.}$$

$$F_1 - ?$$

$$F_2 - ?$$

2. Пифагор теоремасига мувофиқ  $ABC$  тўғри бурчакли учбурчақдан  $AC$  томонни топамиз:

$$AC = \sqrt{l^2 - h^2}.$$

3.  $ABC$  ва  $BDM$  учбурчақларнинг ўхшашлигидан  $F_1$  кучни топамиз:

$$\frac{F_1}{F} = \frac{BC}{AC}, \quad F_1 = \frac{F \cdot BC}{AC} = \frac{F \cdot BC}{\sqrt{l^2 - h^2}}.$$

4.  $ABC$  ва  $BDM$  учбурчақларнинг ўхшашлигидан  $MD$  ни топамиз:

$$\frac{MD}{AB} = \frac{BD}{AC}, \quad MD = \frac{BD \cdot AB}{AC}.$$

Бироқ  $MD = BK = F_2$ ,  $BD = F$ , бинобарин,

$$F_2 = \frac{F \cdot AB}{AC}.$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

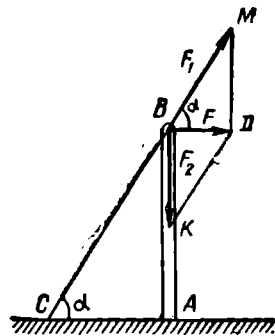
$$F_1 = \frac{500 \text{ н} \cdot 17 \text{ м}}{\sqrt{(17 \text{ м})^2 - (15 \text{ м})^2}} \approx 1060 \text{ н}; \quad F_2 = \frac{500 \text{ н} \cdot 15 \text{ м}}{\sqrt{(17 \text{ м})^2 - (15 \text{ м})^2}} \approx 940 \text{ н}.$$

5. Кронштейнга таъсир қилувчи кучни ташкил этувчиларга ажратамиз. Кронштейн юкларни осииш ёки оғир юкларни кўтариш учун хизмат қиладиган махсус қурилма бўлиб, деворлар ёки устунларга маҳкамланади (41-расм).  $BC$  тортқи ва  $BA$  ҳавонга таъсир қилувчи кучларни аниқлаш учун юкнинг  $P$  оғирлигини параллелограмм қондасига мувофиқ ташкил этувчиларга ажратамиз.  $F_1$  куч  $BC$  тортқини чўзади.  $F_2$  куч  $BA$  ҳавонни сиқади.

37-масала. Антенна мачтанинг юқори учига горизонтал йўналишда  $500 \text{ н}$  куч билан таъсир қилади. Мачта узунлиги  $17 \text{ м}$  лик тортқи билан тортиб маҳкамлаб қўйилган.  $15 \text{ м}$  бўлса, мачтага ва тортқига таъсир

Ечилиши

1. 42-расмда кўрсатилгандек кучлар параллелограммини ясаймиз.  $F$  куч  $F_1$  ва  $F_2$  ташкил этувчиларга ажралади.  $F_1$  куч тортқини таранглайди,  $F_2$  эса мачтани тупроққа сиқиб туради.



42-расм. 37-масалага доир.

## Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Қандай кучни тенг таъсир этувчи куч дейилади?
2. Ташкил этувчи кучлар деб қандай кучларга айтилади?
3. Мувозанатловчи куч деб қандай кучга айтилади?
4. Кучларни қўшиш деб нимага айтилади?
5. Жисмга бир тўғри чизиқ бўйлаб бир томонга таъсир қилувчи кучларнинг тенг таъсир этувчиси нимага тенг?
6. Жисмга бир тўғри чизиқ бўйлаб қарама-қарши томонга таъсир қилувчи кучларнинг тенг таъсир этувчиси нимага тенг?
7. Кучларни геометрик қўшиш деб нимага айтилади?
8. Жисмнинг бир нуқтасига бир-бирига бурчак остида таъсир этувчи кучларнинг тенг таъсир этувчиси нимага тенг?
9. Кучларни ажратиш деб нимага айтилади?
10. Жисмга  $90^\circ$  бурчак остида таъсир қилувчи  $8 \text{ кГ}$  ва  $6 \text{ кГ}$  кучларнинг тенг таъсир этувчисини ва мувозанатловчи кучни график равишда ва ҳисоблаш йўли билан топинг.

Ж а в о б и:  $\approx 100 \text{ н}$ .

11. Жисмга ўзаро  $120^\circ$  бурчак ҳосил қилиб таъсир қилувчи  $10 \text{ кГ}$  ли иккита тенг кучларнинг тенг таъсир этувчисини ва мувозанатловчи кучини график равишда топинг.

Ж а в о б и:  $\approx 100 \text{ н}$ .

12.  $18 \text{ кГ}$  вертикал кучни икки ташкил этувчиларга ажратинг, улардан бири горизонтал ва  $24 \text{ кГ}$  га тенг бўлсин. Иккинчи ташкил этувчи қапча бўлиши керак?

Ж а в о б и:  $300 \text{ н}$ .

13. Қиялик бурчаги  $30^\circ$  бўлган қия текисликда оғирлиги  $20 \text{ кГ}$  бўлган жисм турибди. Қия текислик бўйлаб ва унга перпендикуляр таъсир қилувчи кучларни топинг.

Ж а в о б и:  $\approx 100 \text{ н}$ ;  $\approx 173 \text{ н}$ .

14. Оғирлиги  $30 \text{ кГ}$  бўлган фонарь  $30 \text{ м}$  узунликдаги симнинг ўртасига осилган. Сим  $0,5$  метр салқиланган. Симга фонарь осилган нуқтада таъсир қилувчи кучларни топинг.

Ж а в о б и:  $\approx 3000 \text{ н}$ .

15. Оғирлиги  $10 \text{ кГ}$  бўлган фонарь кронштейнга осилган. Кўндаланг тортқиннинг узунлиги  $0,5 \text{ м}$ , ҳавоннинг узунлиги  $1 \text{ м}$ . Тортқини чўзувчи ва ҳавонни сиқувчи кучларни топинг.

Ж а в о б и:  $\approx 5,8 \text{ н}$ ;  $\approx 11,6 \text{ н}$ .



## ИШ ВА ЭНЕРГИЯ

## 38-§. Механик иш

Кундалик тажрибамиздан биламизки, ёгоч ёки металлни ишлашда ишлов берилаётган материаллар ва асбоблар қизийди. Масалан, металлни қирқадиган тиг (кескич) ҳам, металл пайраҳалари ҳам қизийди.

Бундай мисоллар жуда кўп. Улар механик ҳаракат ишқаланишда иссиқлик ҳаракатига айланишини кўрсатади.

Иссиқлик двигателларида аксинча, иссиқлик ҳаракатининг механик ҳаракатга айланиши рўй беради, масалан, самолёт, автомобиль, трактор двигателининг ишлашида шундай бўлади. Бошқа ҳаракат шаклларининг айланиш ҳолларини ҳам кўрсатиш мумкин, масалан, трамвай, троллейбус ва шунга ўхшашларнинг двигателларида электр энергия механик энергияга айланади.

Бу ҳолларда жисмга куч таъсир қилишига ва жисмни ҳаракатлантиришига ишонч ҳосил қиламиз. Бунда бир жисмнинг иккинчи жисм ҳаракатига қаршилигини енгишга, яъни иш бажаришга тўғри келади.

Бунга асосланиб ишга шундай таъриф бериш мумкин: *кена маънода гапирилганда иш деб материянинг бир ҳаракат шаклининг иккинчи ҳаракат шаклига айланиш процессига айтилади.*

Механикада иш тушунчаси анча тор маънода ишлатилади: бунда иш деганда жисмнинг унга қўйилган куч таъсирида силжиши тушунилади.

Биз сув солинган челақни кўтарганимизда, ўтин арралаганимизда, автомобилга бирор юк ортганимизда—хуллас ҳамма ҳолларда ҳам бирор кучнинг бирор масофадаги таъсирини енгамиз.

Машиналардан фойдаланганда ҳам шундай ҳодиса бўлади. Масалан, юкни кўтараётган кўтариш крани юкнинг оғирлик кучи (оғирлигини) ни юкни кўтариш керак бўлган масофада енгади; металл қириндини чиқараётган тиг металлнинг қирқишга қаршилик кучини енгади, бу қаршилик кучи ишлов берилаётган жисм зарралари орасидаги тутиниш кучи ва ишқаланиш натижасида юзага келади. Самолётлар, тракторлар, автомобиллар, трамвайларнинг двигателлари ҳам бирор масо-

фадаги қаршилиқ кучини енгади. Агар қаршилиқ кучи бўл-  
маса, қўйилган куч таъсирида ҳаракат тезлиги ортади.

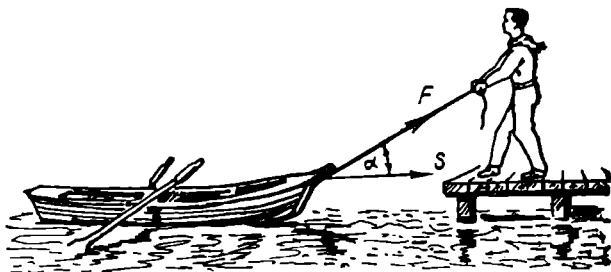
Айтайлик, биз қурилиш материалларини бирор баландликка  
кўтаришимиз керак бўлсин. Бу материаллар қанчалик оғир ва  
биз уларни қанчалик кўпроқ баландликка кўтарсак, биз шун-  
ча кўп иш бажарамиз. Ҳамма ҳолларда ҳам таъсир қилаётган  
ҳаракатлантирувчи куч қанчалик катта бўлса ва қанчалик узоқ  
масофада таъсир қилса, шунчалик кўпроқ иш бажарилади. Шун-  
га ўхшаш ҳодисаларни ўрганиш асосида механик ишнинг сод-  
далаштирилган тушунчаси киритилди. Бу таъриф шундай:  
*кучнинг жисмнинг шу куч йўналишида ўтган йўлига кўпайт-  
маси билан ўлчанадиган катталиқ механик иш дейилади.*

Агар  $A$  — иш,  $s$  — йўл,  $F$  — ҳаракат йўналишидаги таъсир  
қилувчи куч бўлса, у ҳолда

$$A = F \cdot s.$$

$F \neq 0$  бўлгани ҳолда  $s = 0$  бўлса, иш бажарилмайди. Бу деган  
сўз жисмга таъсир қилаётган куч жисмни силжитмайди демак-  
дир. Масалан, кўприк ўз таянчларига босади, бироқ уларни  
силжитмайди (таянчлар тупроққа ботмайди); бино ўз оғирли-  
ги билан фундаментга (пойдеворга) босади, бироқ фундамент  
тупроққа ботмайди; ишчи вагончани итаради, бироқ вагонча  
жойидан жилмайди; юк ташувчи қўлидаги юклари билан қўз-  
ғалмай турибди, бинобарин, куч механик иш бажармайди.

$F = 0$  ва  $s \neq 0$  бўлса ҳам иш бажарилмайди. Бу — жисм  
инерцияси бўйича ҳаракатланмоқда демакдир.



43-расм. Одамнинг  $F$  тортиш кучи қайиққа унинг  $s$   
ҳаракат йўналишига бурчак остида таъсир қилади.

Шундай ҳоллар ҳам бўладики, кучнинг йўналиши жисм-  
нинг ҳаракати йўналиши билан бир хил бўлмайди, 43-расмда  
кўрсатилгандек бирор  $\alpha$  (грек ҳарфи „альфа“) бурчак ташкил  
қилади. Бу ҳолда иш куч билан йўл ва улар орасидаги бур-  
чак косинуси кўпайтмасига тенг бўлади, яъни

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

Агар  $\alpha = 0^\circ$  бўлса, у ҳолда  $\cos 0^\circ = 1$  ва  $A = F \cdot s$ . Бизга  
маълум бўлганидек, бу ҳолда кучнинг йўналиши жисм сил-

жййдиган йўл билан бир хил бўлади. Агар  $\alpha = 90^\circ$  бўлса, яъни куч жисмнинг силжиши йўналишига перпендикуляр бўлса, бунда иш бажарилмайди, чунки куч жисмни керакли йўналишда ҳаракатлантира олмайди. Агар  $90^\circ$  бурчакнинг косинусини ҳисоблаб унинг қийматини иш формуласига қўйсак ҳам шундай хулосага келамиз:

$$\cos 90^\circ = 0; A = F \cdot 0 = 0.$$

### 39-§. Иш бирликлари ва улар орасидаги муносабат

Иш формуласи  $A = Fs$  дан шундай хулоса чиқади: иш бирлиги учун куч бирлигининг куч йўналиши билан бир хил йўналишда бир birlik йўлда бажарган иши қабул қилинади.

1. СГС системаси.  $F$  куч дина ҳисобида,  $s$  — йўл эса сантиметр ҳисобида ўлчангани учун  $A = Fs$  формуладан иш бирлиги қуйидагича бўлади:

$$A = 1 \text{ дина} \cdot 1 \text{ см} = 1 \frac{\text{г} \cdot \text{см}}{\text{сек}^2} \cdot 1 \text{ см} = 1 \frac{\text{г} \cdot \text{см}^2}{\text{сек}^2} = 1 \text{ эрг}.$$

„Эрг“ номи грекча сўз „эргон“ — иш демакдир. Куч йўналишида бир сантиметр масофада бир дина кучнинг бажарган иши эрг деб аталади.

2. СИ системаси. Бу системада куч ньютон ҳисобида, йўл эса метрда ўлчанади.  $A = Fs$  формулага мувофиқ иш бирлиги қуйидагича бўлади:

$$A = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 1 \text{ м} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{сек}^2} = 1 \text{ ж}.$$

Куч йўналишида бир ньютон кучнинг бир метр йўлда бажарган иши жоуль дейилади.

3. МКГСС системаси. Бунда куч бирлиги килограмм, йўл бирлиги эса метрдир.  $A = Fs$  формулага мувофиқ ишнинг бирлиги

$$A = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Куч йўналишида бир килограмм кучнинг бир метр йўлда бажарган иши килограмметр дейилади.

Иш бирликлари орасидаги муносабатни топамиз:

$$1 \text{ ж} = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м} = 10^5 \text{ дина} \cdot 10^2 \text{ см} = 10^7 \text{ эрг};$$

$$1 \text{ кг} \cdot \text{м} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м} = 9,8 \cdot 10^5 \text{ дина} \cdot 10^2 \text{ см} = 9,8 \cdot 10^7 \text{ эрг};$$

$$1 \text{ кг} \cdot \text{м} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м} = 9,8 \text{ н} \cdot 1 \text{ м} = 9,8 \text{ ж},$$

бундан

$$1 \text{ ж} = \frac{1 \text{ кг} \cdot \text{м}}{9,8} = 0,102 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$



38-масала. 20 см йўлда қандай куч 100 ж иш бажариши мумкин?

Берилган (СИ системасида):

$$A = 100 \text{ ж};$$
$$s = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м.}$$
$$F = ?$$

Ечилиши

1.  $A = F s$  формуладан кучни аниқлаймиз, бундан  $F = \frac{A}{s}$ .

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F = \frac{100 \text{ ж}}{0,2 \text{ м}} = \frac{100 \text{ н} \cdot \text{м}}{0,2 \text{ м}} = 500 \text{ н.}$$

39-масала. Элеваторнинг 2 Т оғирликдаги кўтаргичи 0,8 м/сек<sup>2</sup> тезлашиш билан кўтарила бошлади. Кўтарилишнинг биринчи 20 сек да бажарилган ишни аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$P = 19\,600 \text{ н};$$
$$g = 9,8 \text{ м/сек}^2;$$
$$a = 0,8 \text{ м/сек}^2;$$
$$t = 20 \text{ сек.}$$
$$A = ?$$

Ечилиши

1. Ҳаракатни тезлатувчи куч:

$$F_{\text{тез}} = ma = \frac{Pa}{g}.$$

2. Ҳаракатлантирувчи куч:

$$F = P + F_{\text{тез}} = P + \frac{Pa}{g} = P \left( 1 + \frac{a}{g} \right).$$

3. Кўтарилиш йўли:

$$s = \frac{at^2}{2}.$$

4. Иш:

$$A = F s = P \left( 1 + \frac{a}{g} \right) \frac{at^2}{2} = \frac{Pa t^2}{2} \left( 1 + \frac{a}{g} \right).$$

5. Ишни ҳисоблаймиз:

$$A = \frac{19600 \text{ н} \cdot 0,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 400 \text{ сек}^2}{2} \cdot \left( 1 + \frac{0,8 \text{ м/сек}^2}{9,8 \text{ м/сек}^2} \right) =$$
$$= 3136000 \text{ ж} (1 + 0,08) = 3\,387\,000 \text{ ж} = 3\,387 \text{ кж.}$$

40-масала. Пружинани 0,01 м сиқиш учун 100 н куч керак бўлади. Пружинани 0,04 м сиққанда қандай иш бажарилади?

Берилган (СИ системасида):

$$F = 100 \text{ н};$$
$$s = 0,01 \text{ м};$$
$$s_1 = 0,04 \text{ м.}$$
$$A = ?$$

Ечилиши

1. Пружинанинг бикрлик коэффициентини топамиз:

$$K = \frac{F}{s}.$$

2. Пружинани 0,04 м га сиқувчи кучни аниқлаймиз:

$$F = K s_1.$$

3. Ўртача сиқиш кучини аниқлаймиз (пружина сиқилган сари куч ортади):

$$F_{\text{ўр}} = \frac{F}{2} = \frac{K s_1}{2}.$$

4. Ишни аниқлаймиз:

$$A = F_{\text{ўр}} \cdot s_1 = \frac{K s_1}{2} \cdot s_1 = \frac{F s_1^2}{2s}.$$

5. Ишни ҳисоблаб чиқарамиз:

$$A = \frac{100 \text{ Н} \cdot 0,04 \text{ м} \cdot 0,04 \text{ м}}{2 \cdot 0,01 \text{ м}} = 8 \text{ Ж.}$$

41- масала. Бўйи 10 м, қўндаланг кесими 2 м<sup>2</sup> бўлган колоннанинг (устуннинг) қурилиш материалларини Ердан кўтариш учун қанча иш бажариш керак? Материалнинг солиштирма оғирлиги 2,6 Г/см<sup>3</sup>.

Б е р и л г а н (СИ системаснда):

$$H = 10 \text{ м};$$

$$S = 2 \text{ м}^2;$$

$$\gamma = 2,6 \text{ Г/см}^3 = 26\,000 \text{ Н/м}^3;$$

$$A = ?$$

Е ч и л и ш

1. Колоннанинг ҳажми:

$$V = SH.$$

2. Колоннанинг оғирлиги:

$$P = \gamma V = \gamma S \cdot H.$$

3. Материалларни ўртача кўтариш йўли:

$$s = \frac{H}{2}.$$

4. Бажарилган иш:

$$A = Ps = \gamma SH \cdot \frac{H}{2} = \frac{\gamma S H^2}{2}.$$

5. Ишни ҳисоблаб чиқарамиз:

$$A = \frac{26\,000 \text{ Н/м}^3 \cdot 2 \text{ м}^2 \cdot 100 \text{ м}^2}{2} = 2600 \text{ кЖ.}$$

#### 40- §. Қувват. Қувват формуласи. Қувват бирликлари ва улар орасидаги муносабат

Шундай мисолни кўрайлик: от 600 000 Ж ишни 13 мин 20 сек да, автомобиль двигатели эса 120 000 Ж ишни 4 сек да бажарди. Қайси бирининг иш бажариш қобилияти катта бўлган? Отнинг ҳар бир секунддаги иш бажариш қобилияти  $\frac{600\,000 \text{ Ж}}{80 \text{ сек}} = 750 \text{ Ж/сек}$ . Моторнинг ҳар бир секундда бажарган иши  $\frac{120\,000 \text{ Ж}}{4 \text{ сек}} = 30\,000 \text{ Ж/сек}$ . Моторнинг иш бажариш қобилияти отнинг иш бажариш қобилиятидан 40 марта катта экан.

Бажарилган ишнинг жадаллигини характерлаш учун қувват тушунчаси киритилади. *Ишнинг шу иш бажарилган вақтга нисбати билан ўлчанадиган катталиқ қувват деб аталади.* Агар  $N$  — қувват,  $A$  — иш,  $t$  — иш бажарилган вақт бўлса, у ҳолда

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

Агар жисм таъсир қилувчи  $F$  куч йўналишида текис ҳаракатланаётган бўлса, у ҳолда

$$A = Fs; \quad N = \frac{Fs}{t}.$$

Бироқ  $\frac{s}{t}$  нисбат тезликдир, шунинг учун қувват  $N = Fv$ .

Шундай қилиб, қувватни кучнинг ҳаракат тезлигига кўпайтмаси сифатида аниқлаш мумкин.

Қувватнинг биринчи формуласидан, қувват бирлиги учун вақт бирлиги ичида бир birlik иш бажариладиган қувват олинади деб хулоса қиламиз.

1. СГС системаси. Бу системада иш бирлиги эргда ўлчанади, вақт эса секундда ўлчанади, шунинг учун қувват бирлигини мана бундай топиш мумкин:

$$N = \frac{A}{t}; \quad N = \frac{1 \text{ эрг}}{1 \text{ сек}} = \frac{1 \text{ г} \cdot \text{см}^2}{1 \text{ сек}^2} = 1 \text{ г} \cdot \text{см}^2/\text{сек}^2.$$

2. СИ системаси. Агар иш жоулда, вақт секундда ўлчанса, қувват бирлиги бундай топилади:

$$N = \frac{A}{t}; \quad N = \frac{1 \text{ ж}}{1 \text{ сек}} = 1 \text{ вт}.$$

3. МКГСС системаси. Агар иш бирлиги килограмметр бўлса, вақт эса секундда ўлчанса, қувват бирлиги шундай топилиши мумкин:

$$N = \frac{A}{t}; \quad N = \frac{1 \text{ кг} \cdot \text{м}}{1 \text{ сек}} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{сек}.$$

Қувватнинг системадан ташқари бирлиги бир „от кучи“ қувватидир. Шу нарсани қайд қилиш керакки, от кучи куч эмас, балки қувватдир.

От кучи деб бир секундда 75 кг·м иш бажарадиган двигателнинг қувватига айтилади.

$$1 \text{ о. к.} = 75 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{сек}.$$

4. Қувват birlikлари орасидаги муносабатлар:

$$1 \text{ вт} = \frac{1 \text{ ж}}{1 \text{ сек}} = \frac{10^7 \text{ эрг}}{1 \text{ сек}} = 10^7 \text{ эрг}/\text{сек};$$

$$1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{сек} = \frac{1 \text{ кг} \cdot \text{м}}{\text{сек}} = \frac{9 \cdot 8 \cdot 10^7 \text{ эрг}}{1 \text{ сек}} = 9,8 \text{ вт};$$

$$1 \text{ о. к.} = 75 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{1 \text{ сек}} = 75 \cdot 9,8 \text{ вт} = 736 \text{ вт} = 0,736 \text{ квт}.$$

Бундан  $1 \text{ квт} = 1,36 \text{ о. к.}$

Қувватни от кучи ҳисобида ўлчаш учун шундай формуладан фойдаланиш мумкин:

$$N = \frac{A}{75 t}.$$

#### 41-§. Машиналарнинг фойдали иш коэффициентлари

Автомобиль двигателининг ишлашини кўрайлик. Автомобиль ҳаракатланганда унинг ғилдираклари ва йўл орасида иш қаланиш кучи юзага келади. Двигателнинг бу кучларга қарши иши фойдали иш бўлади (акс ҳолда автомобиль ҳаракатланмаган бўлар эди).

Бироқ двигатель бундан бошқа ҳам кўп ишларни бажаради, масалан, у ҳавонинг қаршилиқ кучини енгади, подшипниклардаги ишқаланишни енгади ва ҳоказо. Двигатель бажарган барча иш сарф қилинган иш дейилади.

Фойдали ишнинг сарф қилинган ишга нисбати *фойдали иш коэффициенти* дейилади (ф. и. к.).

Фойдали ишни  $A_{\phi}$ , сарфланган иш  $A_c$ , фойдали иш коэффициенти  $\eta$  (грекча ҳарф „эта“) билан белгиласак, у ҳолда

$$\eta = \frac{A_{\phi}}{A_c},$$

биноқ  $A_{\phi} = N_{\phi} \cdot t$ ,  $A_c = N_c \cdot t$ , шунинг учун

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N_c}.$$

Фойдали иш коэффициенти фойдали ишнинг сарф қилинган ишга нисбатига тенг.

Фойдали иш коэффициенти % ҳисобида ифодаланади. Масалан, авиация двигателининг ф. и. к. 45% га, электр моторининг ф. и. к. 90% га тенг. Масалаларни ечишда ф. и. к. ни ўнли касрларда ифодалаш, яъни процентларни ифодаловчи соннинг юздан бир улушларида олиш керак.

**42-масала.** Қуввати 1750 *квт* бўлган локомотив 63 *км/соат* тезлик билан ҳаракатланганда қандай тортиш кучи ҳосил қилиши мумкин?

Берилган (СИ системасида):

$$N = 1750 \text{ квт} = 1,75 \cdot 10^6 \text{ вт};$$

$$v = 63 \text{ км/соат} = \frac{63000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 17,5 \text{ м/сек}$$

$F = ?$

Ечилиши

1. Тортиш кучини қуйидаги формуладан фойдаланиб топамиз:

$$N = Fv; F = \frac{N}{v}.$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F = \frac{1,75 \cdot 10^6 \text{ вт}}{17,5 \text{ м/сек}} = 100000 \text{ н} = 100 \text{ кн}.$$

**43-масала.** Самолёт учиб кетиши учун 81 *км/соат* тезликка эришиши керак. Бундай тезлик олиш учун самолётнинг Ерда югуриш масофаси 100 *м*, самолётнинг оғирлиги 1000 *кГ*, югуришдаги ишқаланиш коэффициенти 0,2. Моторнинг қуввати қанча бўлиши керак? Ерда югуриш вақтида (тезликка эришиш вақтида) ги ҳаракатини текис тезланувчан деб олинг.

Берилган (СИ системасида):

$$v_0 = 0;$$

$$v = 81 \text{ км/соат} = 22,5 \text{ м/сек};$$

$$s = 100 \text{ м};$$

$$P = 1000 \text{ кГ} = 10000 \text{ н};$$

$$k = 0,2;$$

$$g = 9,8 \text{ м/сек}^2.$$

$N = ?$

Ечилиши

1. Самолётнинг тезланиши:

$$a = \frac{v^2}{2s}.$$

2. Самолётнинг массаси:

$$m = \frac{P}{g}.$$

3. Тезланиш берувчи куч:

$$F_{\text{тез}} = ma = \frac{P v^2}{2 g s}.$$

4. Ишқаланиш кучи:

$$F_{\text{ишқ}} = kP.$$

5. Ҳаракатлантурувчи куч (винтларнинг тортиш кучи):

$$F_{\text{тор}} = F_{\text{ишқ}} + F_{\text{тез}} = kP + \frac{Pv^2}{2gs} = P \left( k + \frac{v^2}{2gs} \right).$$

6. Моторнинг қуввати:

$$N = Fv = P \left( k + \frac{v^2}{2gs} \right) v = Pv \left( k + \frac{v^2}{2gs} \right).$$

7. Моторнинг қувватини ҳисоблаб чиқарамиз:

$$N = 10000 \text{ н} \cdot 22,5 \text{ м/сек} \cdot \left[ 0,2 + \frac{(22,5)^2 \text{ м}^2/\text{сек}^2}{2 \cdot 9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot 100 \text{ м}} \right] = 225000 \text{ ж/сек} \times \\ \times (0,2 + 0,258) \approx 103 \text{ кж/сек} = 103 \text{ кВт}.$$

44-масала. Кўтариш крани оғирлиги 2 Т бўлган юкни кўтармоқда. Кран двигателининг қуввати 10 о. к. Агар қурнлманинг ф. и. к. 60% бўлса, юкнинг кўтарилиш тезлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$F = P = 2 \text{ Т} \approx 20000 \text{ н};$$

$$N_c = 10 \text{ о. к.} = 7360 \text{ вт};$$

$$\eta = 60\% = 0,6.$$

$v = ?$

1. Фойдали қувватни аниқлаймиз:

$$N_{\phi} = Pv.$$

2. Ф. и. к. учун ифода ёзамиз ва тезликни топамиз:

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N_c} = \frac{Pv}{N_c}; \quad Pv = \eta N_c. \quad v = \frac{N_c \eta}{P}.$$

3. Тезликни ҳисоблаймиз:

$$v = \frac{7360 \text{ вт} \cdot 0,6}{20000 \text{ н}} \approx 0,22 \text{ м/сек}.$$

45-масала. Электровоз моторлари 54 км/соат тезлик билан юрганда 900 кВт қувватга эришади. Агар моторлар ва узатувчи механизмларнинг ф. и. к. 80% га тенг бўлса, моторларнинг тортиш кучини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$v = 54 \text{ км/соат} = 15 \text{ м/сек};$$

$$N_c = 900 \text{ кВт} = 900\,000 \text{ вт};$$

$$\eta = 80\% = 0,8.$$

$F = ?$

1. Фойдали қувват:

$$N_{\phi} = F \cdot v.$$

2. Моторларнинг ф. и. к.:

$$\eta = \frac{N_{\phi}}{N_c} = \frac{F \cdot v}{N_c}; \quad Fv = N_c \eta.$$

3. Тортиш кучи

$$F = \frac{N_c \eta}{v}.$$

4. Тортиш кучини ҳисоблаб чиқарамиз:

$$F = \frac{900\,000 \text{ вт} \cdot 0,8}{15 \text{ м/сек}} = \frac{90000 \text{ н} \cdot \text{м/сек} \cdot 8}{15 \text{ м/сек}} = 48\,000 \text{ н}.$$

46-масала. Агар насос моторининг қуввати 20 о.к., қурилманинг ф.и.к. 80% бўлса, 7 соат давомида чуқурлиги 500 м бўлган қудуқдан қанча нефтни чиқариш мумкин?

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} s &= h = 500 \text{ м}; \\ N_a &= 20 \text{ о.к.} = 14720 \text{ вт}; \\ \eta &= 80\% = 0,8; \\ t &= 7 \text{ соат} = 3600 \cdot 7 \text{ сек.} \end{aligned}$$

$P = ?$

Ечилиши

1. Фойдали қуввати

$$N_{\Phi} = \frac{Ph}{t}$$

2. Қурилманинг ф. и. к.

$$\eta = \frac{N_{\Phi}}{N_c} = \frac{Ph}{N_c t}$$

3. Нефтнинг оғирлиги

$$P = \frac{N_c t \eta}{h}$$

4. Чиқарилган нефтни оғирлигини ҳисоблаймиз:

$$P = \frac{14720 \text{ вт} \cdot 3600 \text{ сек} \cdot 7 \cdot 0,8}{500 \text{ м}} \approx 604800 \text{ н.}$$

Бу оғирликни килограммда ифодалаймиз:

$$P = 0,102 \text{ кг} \cdot 604800 \approx 60480 \text{ кг} \approx 60,5 \text{ Т.}$$

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Механик иш деб нимага айтилади?
2. Иш қандай бирликлар билан ўлчанади?
3. 1 жоуль неча эрг бўлади? Буни қандай исботлаш мумкин?
4. 1 кг · м да неча жоуль бор? Буни қандай исботлаш мумкин?
5. Қандай ҳолларда механик иш нолга тенг бўлади?
6. Қувват деб нимага айтилади?
7. Қувват қандай бирликларда ўлчанади?
8. 1 вт да неча эрг бор? Буни қандай исботлаш мумкин?
9. 1 кг · м/сек да неча ватт бор? Буни қандай исботлаш мумкин?
10. 1 о.к. да неча квт бор ва 1 квт да неча от кучи бор? Буни қандай исботлаш мумкин?
11. 2000 кг оғирликдаги қурилиш материалларини 5 м баландликка кўтаришда қанча иш бажарилади?

Жавоб:  $\approx 100 \text{ кж.}$

12. Узунлиги 10 м, қўндаланг кесими 50 см<sup>2</sup> бўлган темир тўсишни 4 м баландликка кўтариш учун қанча иш бажарилади? Темирнинг солиштирма оғирлиги 7800 кг/м<sup>3</sup>.

Жавоб:  $\approx 15,3 \text{ кж.}$

13. Узунлиги 5 м, диаметри 20 см бўлган ҳода 2 м баландликка кўтарилди. Агар  $\gamma = 0,8 \text{ Г/см}^3$  бўлса, бажарилган ишни аниқланг.

Жавоб:  $\approx 2,4 \text{ кж.}$

14. Баландлиги 4 м, кесими 10 м<sup>2</sup> бўлган деворни кўтариш учун Ердан қурилиш материалларини кўтаришда қанча иш бажарилади? Материалнинг солиштирма оғирлиги 2,7 Г/см<sup>3</sup>.

Жавоб:  $\approx 2120 \text{ кж.}$

15. Агар трамвай рессорини 1 см сиқиш учун 2000 кг куч керак бўлса, рессорни 4 см сиқиш учун қанча иш бажариш керак?

Жавоб:  $\approx 1,6 \text{ кж.}$

16. Қуввати 10 о. к. бўлган кўтариш крани юкни 6 м/мин тезлик билан кўтармоқда. Агар қурилманинг ф. и. к. 80% бўлса, юкнинг оғирлигини аниқланг.

Жавоби: 6 Т.

17. Агар моторнинг қуввати 4 о. к., қурилманинг ф. и. к. 70% бўлса, 20 м чуқурликдаги қудуқдан 2 соат давомида қанча сув чиқариш мумкин?

Жавоби: 75,6 Т.

18. Самолёт 864 км/соат тезлик билан тўғри чизиқли текис учмоқда. Агар моторларнинг қуввати 2400 о. к. бўлса, моторларнинг тортиш кучини аниқланг.

Жавоби:  $\approx 7,5$  кн.

19. Механик курак 1 соат давомида 200 Т кумин 4 м баландликка кўтаради. Агар қурилманинг ф. и. к. 75% бўлса, двигателнинг қувватини от кучида аниқланг.

Жавоби:  $\approx 4$  о. к.

20. Кўтариш крани 40 сек давомида 10 000 кг оғирликдаги юкни кўтаради. Моторнинг қуввати 60 о. к. Агар қурилманинг ф. и. к. 70% бўлса, юк қандай баландликка кўтарилган?

Жавоби: 12,6 м.

21. Электр поезда 57,6 км/соат тезликда текис ҳаракатланмоқда. Бунда унинг моторлари 800 кат қувватга эришади. Моторларнинг ва узатувчи механизмларнинг умумий ф. и. к. 80% га тенг деб олиб, ҳаракатлантирувчи кучни аниқланг.

Жавоби:  $\approx 40,8$  кн.

## 42-§. Энергия ҳақида тушунча. Кинетик энергия. Потенциал энергия

Тушаётган молот (катта болга) қизиган темирни болга-лайди; соат тоши кўтариб қўйилса, пастга тушишда соат механизмини ҳаракатга келтиради; буғ машинанинг цилиндрида кенгаяётган буғ поршенни ҳаракатга келтиради; электр двигатели якорининг чулғамидан ўтаётган электр токи якорни ҳаракатга келтиради. Бу ҳолларнинг ҳаммасида жисмлар механик иш бажаради ва бир ҳаракат шакли иккинчи ҳаракат шаклига айланади. Сифат жиҳатидан турлича бўлган физикавий ҳаракат шакллари миқдорий таққослаш учун ҳаракатнинг ўлчами бўлган катталиқ киритилган. Бу катталиқ *энергия* дейилади.

*Физикавий ҳаракатнинг муайян шаклига тегишли энергия деб шу шаклдаги ҳаракатни механик ҳаракат шаклига тўла айланишида бажариладиган ишга тенг бўлган катталиқка айтилади.*

Жисмларнинг механик ҳолатига боглиқ бўлган энергия *механик энергия* дейилади (жисмларнинг ҳаракати, вазияти, эластик деформацияси энергиялари).

Механик энергия икки турга бўлинади: кинетик ва потенциал энергия.

Ҳаракатланаётган жисмларнинг энергияси *кинетик энергия* дейилади. Масалан, шамол тегирмонларини ишга туширувчи шамол энергияси, шамол насос станциялари, шамол электр

станцияларини ишга туширувчи шамол энергияси; электр станциялар турбиналарини айлантирадиган сув энергияси; тушаётган болга, копёр тўқмоги энергияси ва шунга ўхшашлар.

Ҳамма ҳолларда жисмнинг энергия запаси турлича бўлади. Энергия катталиги ҳақида бажарилган ишнинг катталигига қараб фикр юритилади.

Болга қанча вазмин бўлса ва қанча катта тезлик билан миҳга урилса, шунча кўпроқ миҳни тахтага киритиши ҳаммага маълум, бунда албатта шунча кўп иш бажарилади. Бинобарин, жисм қанча оғир ва у қанча тез ҳаракатланса, кинетик энергия катталиги шунча кўпроқ бўлади.

Бу катталиқлар орасидаги аниқ математикавий боғланиш жисмнинг кинетик энергияси запасини аввалдан аниқлаш имконини беради. Фараз қилайлик, тинч турган жисмга  $F$  доимий куч таъсир қила бошлади ва тинч турган жисм куч йўналишида ҳеч қандай тўсиққа учрамай  $s$  йўлда текис тезланувчан ҳаракатга келди. Бу ҳолда жисмнинг тезлиги текис ортиб боради, бунинг натижасида кинетик энергия ортади ва йўлнинг охирида жисмнинг тезлиги  $v$  га, кинетик энергияси  $E_k$  га тенг бўлади. Жисм ўз йўлида ҳеч қандай қаршиликка учрамагани учун ҳаракатланувчи кучнинг  $s$  йўлда бажарган иши жисмнинг шу йўл охиридаги кинетик энергиясига тенг бўлади, яъни

$$E_k = A = F \cdot s.$$

Бироқ  $F = ma$  ва  $s = \frac{v^2}{2a}$  (чунки  $v_0 = 0$ ), бинобарин,

$$E_k = ma \frac{v^2}{2a} = \frac{mv^2}{2}.$$

ёки

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

. Шундай қилиб, *жисмнинг кинетик энергияси жисмнинг массаси билан тезлиги квадрати кўпайтмасининг ярмига тенг бўлади.*

Агар жисмнинг тезлатувчи таъсири тўхтаса ва қаршилик кучлари бўлмаса, у ҳолда жисм ўзининг тезлиги ва кинетик энергиясини сақлаган ҳолда инерцияси бўйича ҳаракатланади. Қаршилик кучи, масалан, ишқаланиш кучи таъсир қилганда жисм бу кучни енгишга қарши иш бажаради. Бу ҳолда жисмнинг тезлиги ва кинетик энергияси камаяди ва жисм тўхтаганда нолга тенг бўлади. *Бундан жисмнинг бутун кинетик энергияси қаршилик кучини енгишга, қарши бажариладиган ишга сарфланади,* деган хулоса чиқади, яъни

$$\frac{mv^2}{2} = F_{\text{ишқ}} s.$$

Шундай ҳоллар ҳам бўладики, ҳаракатланаётган жисм қаршилик кучларига қарши иш бажариб, ўз кинетик энергияси-



нинг бир қисмини сарф қилади, масалан  $v_1$  тезлик билан учаётган снаряд деворни тешиб ўтади ва  $v_2$  тезлик билан ҳаракатланишда давом этади. Бу ҳолда

$$F_{\text{ишқ}} s = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2},$$

яъни *жисмнинг қаршилиқ кучларига қарши бажарган иши унинг кинетик энергиясининг ўзгаришига тенг бўлади.*

Агар  $F$  куч тинч турган жисми ҳаракатга келтирса ва унинг йўлида ( $F_{\text{ишқ}}$ ) қаршилиқ кучига дуч келса, у ҳолда фақат  $F_1 = F - F_{\text{ишқ}}$  кучгина жисмга тезланиш беради.

$F_1$  кучнинг  $s$  йўл охиридаги иши жисмнинг кинетик энергияси  $E_k$  га тенг бўлади, шунинг учун мана бундай ёзиш мумкин:

$$F_1 s = E_k$$

ёки

$$(F - F_{\text{ишқ}}) s = \frac{mv^2}{2}.$$

Бошқача ёзганда

$$Fs - F_{\text{ишқ}} \cdot s = \frac{mv^2}{2},$$

бундан

$$Fs = F_{\text{ишқ}} \cdot s + \frac{mv^2}{2}.$$

*Ҳаракатлантирувчи кучнинг бирор йўлда бажарган иши бу йўлдаги қаршилиқни енгишга сарфланган иш билан жисмнинг олган кинетик энергиясининг қўшилганига тенгдир.*

Жисмнинг ёки жисм зарраларининг бир-бирига нисбатан вазиятига боғлиқ бўлган энергия *потенциал* энергия дейилади. Потенциал энергияга мисол қилиб соатлардаги кўтарилган тошнинг, вертикал вазиятдан оғдирилган маятникнинг, кўтарилган болғанинг, гидростанция тўғонидаги сувнинг, водопровод минорасидаги сувнинг, шунингдек сиқилган ёки чўзилган пружинанинг энергияларини кўрсатиш мумкин.

Жисмни  $h$  баландликка текис кўтаришда биз жисмнинг  $P$  оғирлигига тенг қаршилиқ кучини енгамиз ва  $A = P h$  иш бажарамиз. Потенциал энергия ўлчами бўлиб шу иш хизмат қилади, шунинг учун

$$E_{\text{п}} = Ph,$$

бу ерда  $E_{\text{п}}$  — потенциал энергия.

*Бирор баландликка кўтарилган жисмнинг потенциал энергияси жисмни ўзгармас тезлик билан шу баландликка кўтарган ва жисмнинг оғирлигига тенг бўлган кучнинг бажарган ишига тенг.*

**43- §. Жисмнинг эркин тушишида потенциал энергиянинг кинетик энергияга айланиши. Энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонуни**

Юқорига кўтарилган жисмнинг ҳаракатини кўрайлик. Оғирлиги  $P = mg$  бўлган жисм  $B$  нуқтадаги  $H$  баландликка кўтарилган бўлсин (44- расм). Бу нуқтада унинг потенциал энергияси  $E_n = PH = mgH$ , кинетик энергияси эса  $E_k = 0$  бўлади, чунки бу нуқтада жисм ҳаракатланмайди, яъни тинч ҳолатда бўлади. Жисмнинг  $B$  нуқтадаги тўла энергияси

$$E = E_n + E_k = mgH + 0 = mgH.$$

Жисм эркин тушишда денгиз сатҳида жойлашган пастки  $A$  нуқтадан ўтишида потенциал энергия  $E_n = 0$  бўлади, чунки  $H = 0$ , кинетик энергия эса

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

га тенг бўлади.

Жисм эркин тушганда тезлик квадрати шундай формула билан ифодаланади:

$$v^2 = 2gH,$$

шунинг учун

$$E_k = \frac{m}{2} \cdot 2gH = mgH.$$

Жисмнинг  $A$  нуқтадаги тўла энергияси

$$E = E_n + E_k = 0 + mgH = mgH.$$

$H - h$  баландликдаги ихтиёрий  $C$  нуқтани олайлик. Бу нуқтада жисмнинг потенциал энергияси шундай бўлади:

$$E_n = P(H - h) = mg(H - h).$$

Кинетик энергия

$$E_k = \frac{mv^2}{2}.$$

$C$  нуқтага етган жисм  $h = \frac{v^2}{2}$  баландликка тушади, бундан  $v^2 = 2gh$ , шунинг учун

$$E_k = \frac{m}{2} \cdot 2gh = mgh.$$

Жисмнинг  $C$  нуқтадаги тўла энергияси шундай бўлади:

$$E = E_n + E_k = mg(H - h) + mgh = mgH - mgh + mgh = mgH.$$

Биз кўрган мисолда кинетик энергия потенциал энергияга айланади ва аксинча. Бунда *энергиялар йиғиндиси ўзгармайди*.

Олимлар табиатдаги турли-туман ҳодисаларни ўрганиб энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонунини кашф қилдилар. Энергиянинг сақланиш ва айланиш

қонунни биринчи бўлиб фанда XVIII асрнинг 50-йилларида улуғ рус олими М. В. Ломоносов айтган эди. Деярли юз йилдан сўнг бу қонун рус олимлари Э. Х. Ленц, Г. И. Гесс ва инглиз олими Ж. Ж. Жоуль томонидан тажриба йўли билан тасдиқланди.

Қонуннинг ифодаси шундай: *табиатдаги барча ҳодисаларда энергия ҳеч нимадан (йўқ нарсдан) пайдо бўлмайди ва изсиз йўқолиб кетмайди, фақат бир турдан иккинчи турга ёки бир жисмдан иккинчи жисмга ўтиб, миқдорий жиҳатдан ўзгаришсиз қолади.*

Бу қонунни механик ҳодисаларга татбиқ қилиб шундай ифодалаш мумкин: механик ҳодисаларда энергия ҳеч нимадан пайдо бўлмайди ва изсиз йўқолиб кетмайди, балки тенг миқдорда потенциал энергия кинетик энергияга ва аксинча ўтиб туради.

**47-масала.** Массаси 1470 кг бўлган буг болғаси (молоти) нинг зарба вақтидаги энергияси 2940 ж бўлиши учун у қандай тезликка эга бўлиши керак?

Берилган (СИ системасида):

$$m = 1470 \text{ кг};$$

$$E_k = 2940 \text{ ж}.$$

$v = ?$

Ечилиши

1. Болга қандай баландликка кўтарилиши кераклигини аниқлаймиз:

$$E_k = E_p = mgh; \quad h = \frac{E_k}{mg}.$$

2. Болғанинг эркин тушиш тезлигини аниқлаймиз:

$$h = \frac{v^2}{2g}; \quad v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g \frac{E_k}{mg}} = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}.$$

3. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 2940 \text{ ж}}{1470 \text{ кг}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2940 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{сек}^2}}{1470 \text{ кг}}} = \sqrt{4 \text{ м}^2 / \text{сек}^2} = 2 \text{ м/сек}.$$

**48-масала.** 54 км/соат тезлик билан кетаётган локомотив буг бериш тўхтагилгандан кейин қандай масофага бориб тўхтайди? Ишқаланиш коэффициентини 0,05 га тенг.

Берилган (СИ системасида):

$$F_n = P;$$

$$k = 0,05;$$

$$g = 10 \text{ м/сек}^2;$$

$$v = 54 \text{ км/соат} = 15 \text{ м/сек}.$$

$s = ?$

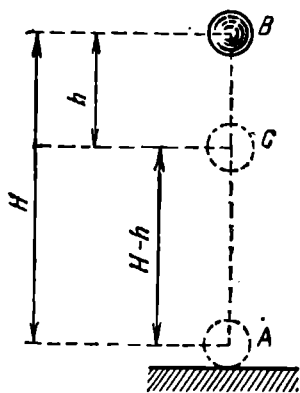
Ечилиши

1. Ишқаланиш кучини топамиз:

$$F_{\text{ишқ}} = kF_n = kP.$$

2. Кинетик энергияга тенг бўлган ишни аниқлаймиз:

$$A = E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{Pv^2}{2g}.$$



**44-раем.** Жисмнинг эркин тушишида жисмнинг потенциал энергияси кинетик энергияга айланади, жисмнинг тўла механик энергияси катталиги йўлнинг ихтиёрий нуқтасида ўзгармайди.

3. Иш формуласидан йўлни топамиз:

$$A = F_{\text{ишқ}} \cdot s; \quad s = \frac{A}{F_{\text{ишқ}}} = \frac{Pv^2}{2gkP} = \frac{v^2}{2kg}$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$s = \frac{\left(15 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2}{2 \cdot 0,05 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = \frac{225 \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2}}{1 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2}} = 225 \text{ м.}$$

49- масала. Самолёт 72 км/соат тезлик билан Ерга қўниб, Ерга 100 м масофа юриб тўхтади. Самолётнинг Ерга қўнишдаги ишқаланиш коэффициентини аниқланг.

Берилган (СИ системасида);

Ечилиши

1. Самолётнинг кинетик энергияси запасини аниқлаймиз:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{Pv^2}{2g}$$

2. Ишқаланиш кучи бажарган ишни топамиз:

$$A = F_{\text{ишқ}} s = kF_n s = kPs.$$

$$F_n = P;$$

$$v = 72 \text{ км/соат} = 20 \text{ м/сек};$$

$$s = 100 \text{ м};$$

$$g = 10 \text{ м/сек}^2.$$

$k = ?$

3. Ишнинг кинетик энергия ҳисобига бажарилганини билганимиз учун шундай тенглама тузамиз:

$$E_k = A; \quad \frac{Pv^2}{2g} = kPs; \quad k = \frac{v^2}{2gs}$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$k = \frac{\left(20 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 100 \text{ м}} = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2}}{2000 \frac{\text{м}^2}{\text{сек}^2}} = 0,2.$$

50- масала. Дарёда фойдали қуввати 1000 о. к. бўлган турбина ўрнатилган. Бир минутда сарф бўладиган сув миқдори 600 т, қурилманинг ф. и. к. 60% эканлигини билган ҳолда тўғоннинг баландлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

1. Потенциал энергия запасини аниқлаймиз:

$$E_n = mHg.$$

2. Потенциал энергия запасини билган ҳолда сарф қилинган қувватни аниқлаймиз:

$$N_c = \frac{E_n}{t} = \frac{mgH}{t}$$

3. Фойдали иш коэффициентини ва фойдали қувватни билган ҳолда сарф қилинган қувватни аниқлаймиз:

$$N_c = \frac{N_{\Phi}}{\eta}.$$

4. Тўғон баландлигини аниқлаш учун тенглама тузамиз:

$$\frac{mgH}{t} = \frac{N_{\phi}}{\eta}; H = \frac{N_{\phi} t}{mg\eta}.$$

Б. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$H = \frac{736\,000 \frac{\text{ж}}{\text{сек}} \cdot 60 \text{ сек}}{600\,000 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 0,6} = 12,3 \text{ м}.$$

51-масала. Копёр тўқмоғининг оғирлиги 500 кГ бўлиб, у 6 м баландлиқдан тушиб қозиқ оёқни тупроққа 5 см чуқурликка киритмоқда. Қозиқ оёқнинг тупроққа ишқаланиш кучини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$P = 500 \text{ кГ} \approx 5000 \text{ н};$$

$$H = 6 \text{ м};$$

$$s = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}.$$

---

$$F_{\text{ишқ}} = ?$$

Ечилиши

1. Копёр тўқмоғининг запас потенциал энергиясини аниқлаймиз:

$$E_{\text{п}} = PH.$$

2. Ишқаланиш кучи бажарган ишни топамиз:

$$A = F_{\text{ишқ}} s.$$

3. Ишқаланиш кучини аниқлаш учун тенглама тузамиз:

$$A = E_{\text{п}}; F_{\text{ишқ}} s = PH; F_{\text{ишқ}} = \frac{PH}{s}.$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F_{\text{ишқ}} = \frac{5000 \text{ н} \cdot 6 \text{ м}}{0,05 \text{ м}} = 600\,000 \text{ н} = 600 \text{ кН}.$$

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Энергия деб нимага айтилади?
2. Механик энергия деб қандай энергияга айтилади?
3. Кинетик энергия нима?
4. Кинетик энергия қандай формула билан ифодаланади ва бу формулани қандай чиқарилади?
5. Потенциал энергия нима?
6. Ердан кўтарилган жисмнинг потенциал энергияси қандай формула билан ифодаланади ва бу формулани қандай чиқарилади?
7. Энергия қандай бирликларда ўлчанади?
8. Энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонуни қандай таърифланади? Бу қонунга мисоллар келтиринг.
9. Жисмнинг эркин тушишида энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунини қандай исботлаш мумкин?
10. Массаси 10 т бўлган ва 18 км/соат тезлик билан кетаётган трамвайнинг кинетик энергиясини аниқланг.

Жавоб: 125 кж.

11. Днепр тўғонининг пастки сатҳига нисбатан ҳар секундда тушаётган сувнинг потенциал энергиясини ва қувватини аниқланг. Бир секунддаги сув сарфи 2000 м<sup>3</sup>, тушиш баландлиги 37 м.

Жавоб: 740 000 кж; 740 000 квт.

12. Массаси 4 кг бўлган жисм туша бошлагандан кейин 10 сек ўтгач қандай кинетик энергияга эга бўлади?

Ж а в о б и: 20 кж.

13. Оғирлиги 5 Т бўлган юк машинаси 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормозловчи куч қанча бўлганда автомобиль 10 м масофада тўхтатиши мумкин?

Ж а в о б и:  $\approx 25$  кн.

14. Ёнгинга қарши насос бир минутда 12 000 кг сувни 20 м/сек тезлик билан чиқариб ташлайди. Агар насоснинг ф. и. к. 80% бўлса, насос двигателининг қувватини аниқланг.

Ж а в о б и: 50 квт.

15. Массаси 0,6 кг бўлган болга миҳнинг каллагига 4 м/сек тезлик билан урмоқда, бунинг натижасида миҳ тахтага 2 см кирмоқда. Ёғочнинг ўртача қаршилиқ кучини аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx 245$  н.

16. Агар сув сарфи 5 м<sup>3</sup>/сек, сувнинг тушиш баландлиги 20 м, станциянинг фойдали қуввати 800 квт бўлса, гидростанциянинг ф. и. к. қанча?

Ж а в о б и: 80%.

17. Массаси 70 кг бўлган чана узунлиги 50 м, баландлиги 8 м бўлган тепаликдан бошлангич тезликсиз тушиб келмоқда. Тепаликнинг пастида чананинг тезлиги 6 м/сек бўлганини билган ҳолда ўртача қаршилиқ кучини аниқланг ( $g = 10$  м/сек<sup>2</sup>).

Ж а в о б и:  $\approx 88,7$  н.

18. Тўпдан отиш вақтида учиб чиқаётган снаряднинг массаси 40 кг га тенг. Тўпнинг орқага (думалайдиган) кетадиган қисмининг массаси 3 200 кг. Отишда снаряднинг тезлиги 800 м/сек. Тепки натижасида тўпнинг орқага кетадиган қисми 2 м га кетади ва барча кинетик энергия тормоз қурилмаси томонидан ютиладн. Тепкининг ўртача кучини аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx 81,6$  кн.

19. Оғирлиги 3 Т бўлган автомобиль 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Тормозлар ишга туширилганда 2000 кгТ тормозловчи куч таъсир қилади. Автомобилнинг тўла тўхтагунича тормозланган ҳолда ўтган масофасини аниқланг ( $g = 10$  м/сек<sup>2</sup>).

Ж а в о б и: 7,5 м.



## АЙЛАНМА ҲАРАКАТ

## 44-§. Қаттиқ жисмнинг айланиши. Куч momenti ҳақида тушунча. Жуфт кучлар

Қайд қилиб ўтганимиздек, реал мавжуд бўлган барча жисмлар уларга қўйилган кучлар таъсирида деформацияланади, бунда баъзи жисмлар кўпроқ, баъзилари камроқ деформацияланади, яъни жисмнинг айрим қисмлари бир-бирига нисбатан силжийди. Мулоҳазалар соддароқ бўлсин учун абсолют қаттиқ жисм тушунчаси, яъни қўйилган кучлар таъсирида мутлақо деформацияланмайдиган тасаввурдаги жисм тушунчаси киритилади. Бундай жисмларнинг айрим қисмлари бир-бирига нисбатан силжимайди. Қаттиқ жисмнинг ҳаракати илгариланма ва айланма ҳаракатларга келтирилади.

*Айланма ҳаракат деб шундай ҳаракатга айтиладики, бунда жисмнинг ҳамма нуқталари марказлари бир тўғри чизиқда ётган айланалар бўйлаб ҳаракатланади, бу тўғри чизиқ эса айланиш ўқи дейилади.* Бунда айланиш ўқида ётган нуқталар кўзгалмасдан қолади. Айланма ҳаракатга мисол қилиб, маховик ғилдиракларининг, патефон пластинкаси, парма, чарх тошининг ҳаракатини кўрсатиш мумкин.

Патефон тутқичини айлантириб кўрайлик. Унинг айланиш ўқига яқин жойидан ушлаб боссак, унинг айланиши учун анча куч қўйишга тўғри келади. Агар айланиш марказидан узоқроқдан боссак, у осон айланади.

Шунга ўхшаш тажрибалардан айланиш ўқи бўлган жисмга кучнинг таъсири фақат кучнинг катталигига эмас, шунингдек кучнинг қўйилиш нуқтасидан айланиш ўқигача бўлган масофага ҳам боғлиқ бўлиши кўриниб турибди.

Айланиш ўқидан  $F$  кучнинг таъсир чизиғигача бўлган энг қисқа  $l$  масофа *куч елкаси* дейилади (45-расм). Куч елкаси метр ёки сантиметрда ўлчанади ва  $l$  ҳарфи билан белгиланади.

Кучнинг жисмга айлантирувчи таъсири кучнинг катталиги ва унинг елкасига боғлиқ бўлади. Куч қанча катта ва елка қанча катта бўлса, кучнинг таъсири ҳам шунча катта бўлади. Бошқача айтганда, кучнинг таъсири қўйилаётган куч ва елкага пропорционалдир. Кучнинг бундай таъсирини ўлчаш учун *куч momenti* деб аталувчи алоҳида катталик киритилган.

Шундай қилиб, кучнинг жисмга таъсирини характерловчи катталиқ куч моменти бўлади.

Кучнинг унинг елкасига кўпайтмаси билан ўлчанадиган катталиқ куч моменти дейилади. Агар  $F$  — куч,  $l$  — елка бўлса, таърифга мувофиқ куч моменти

$$M = F \cdot l$$

бўлади, бу ерда  $M$  — куч моменти.

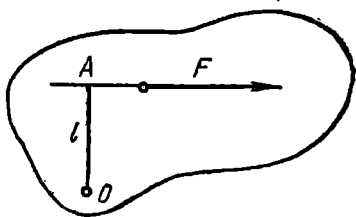
Кучнинг таъсир чизиғи айланиш ўқидан ўтганда кучнинг елкаси нолга тенг бўлади, шунинг учун айланиш ўқидан ўтган тўғри чизиқ бўйлаб йўналган кучнинг моменти нолга тенг бўлади.

СГС системасида куч моменти бирлиги қилиб

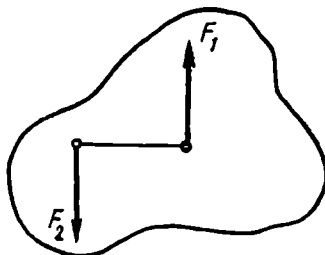
$$M = Fl; M = 1 \text{ дина} \cdot 1 \text{ см} = 1 \frac{\text{Г} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^2}{\text{сек}^2} = 1 \text{ дина} \cdot \text{см}$$

олинади. Куч моментининг ўлчамлиги ишнинг ўлчамлиги билан бир хил. Фарқ қилиш учун ишнинг бирлигини эрг, куч моменти бирлигини эса дина кўпайтирилган сантиметр деб аташга шартлашилган. Куч моментининг бошқа birlikлари учун ҳам шунинг назарда тутиш керак. Худди шундай йўл билан куч моментининг СИ системасидаги бирлигини ҳам чиқариш мумкин, бу системада унинг бирлиги қилиб  $1 \text{ н} \cdot \text{м}$  қабул қилинган.

Амалда кўпинча жисмга иккита бир-бирига тенг, қарама-қарши йўналган ва параллел  $F_1$  ва  $F_2$  кучларнинг таъсирига дуч келамиз. Бундай кучлар системаси *жуфт кучлар* деб аталади (46-расм).



45-расм.  $F$  кучнинг  $O$  айланиш ўқига нисбатан елкаси  $OA$  перпендикуляр бўлади.



46-расм. Жуфт куч.

Жуфт кучларни бир куч билан алмаштириб бўлмайди, яъни бошқача айтганда, унинг тенг таъсир этувчиси бўлмайди. Шунинг учун жуфт кучлар жисмга илгариланма ҳаракат бера олмайди, жуфт куч жисмни айлантиради.



Жуфт кучнинг елкаси деб кучларнинг таъсир чизиқлари орасидаги энг қисқа масофага айтилади, кучлардан бирининг жуфт куч елкасига кўпайтмаси *жуфт моменти* деб аталади; жуфт моментининг катталиги айланиш ўқининг вазиятига боғлиқ эмас.

**45- §. Айланиш ўқиға эга бўлган жисмнинг мувозанат шарти**

О айланиш ўқи бўлган горизонтал стерженга мос равишда *A, B, C, D* нуқталарда тўртта вертикал куч  $F_1, F_2, F_3, F_4$  қўйилган бўлсин (47- расм).  $F_1$  кучнинг моменти  $M_1 = F_1 l_1$  га тенг. Бу момент таъсирида стержень *O* ўқ атрофида соат стрелкаси ҳаракатига қарши йўналишда айлана бошлаган бўлар эди.  $F_2$  кучнинг моменти  $M_2 = F_2 l_2$  га тенг бўлиб, стерженни соат стрелкаси ҳаракатига қарши йўналишда айлантирган бўлар эди, бинобарин, шу стерженни соат стрелкасига қарши йўналишда айлантирувчи тўла момент

$$M_1 + M_2$$

га тенг бўлади.

Моменти  $M_3 = F_3 l_3$  га тенг бўлган  $F_3$  куч стерженни соат стрелкаси ҳаракати йўналишида айлантиради.  $F_4$  кучнинг  $M_4 = F_4 l_4$  га тенг бўлган моменти ҳам стерженни соат стрелкаси ҳаракати йўналишида айлантиради. Стерженни соат стрелкаси ҳаракати йўналишида айлантирувчи тўла момент

$$M_3 + M_4$$

га тенг бўлади. Стержень

$$M_1 + M_2 = M_3 + M_4$$

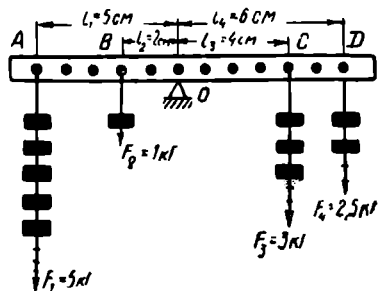
шарт бажарилгандагина мувозанатда бўлиши мумкин.

Шундай қилиб, *айланиш ўқиға эга бўлган жисм мувозанатда бўлиши учун жисмни соат стрелкаси ҳаракати йўналишида айлантирувчи куч моментларининг йиғиндисига соат стрелкаси ҳаракатига қарши айлантирувчи куч моментларининг йиғиндисига тенг бўлиши керак.*

Агар жисмни қарама-қарши йўналишда айлантирувчи моментларга қарама-қарши ишоралар берилса (+ ва -), мувозанат шартини шундай ёзиш мумкин:

$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0,$$

*Айланиш ўқиға эга бўлган жисм мувозанатда бўлиши учун жисмни айлантираётган барча кучлар моментлари-*



47- расм. Айланиш ўқиға эга бўлган жисмга тўртта куч таъсир қилганда бу кучларнинг моментлари катталик жиҳатидан тенг ва йўналишлари жиҳатидан қарама-қарши бўлади.

нинг алгебраик йиғиндиси албатта нолга тенг бўлиши керак.

Кучлар моментлари қондасини қисқача шундай кўринишда ёзиш мумкин:

$$\sum Fl = 0 \text{ ёки } \sum M = 0,$$

бу ерда  $\sum$  (грекча ҳарф „сигма“) — йиғинди,  $\sum M$  — барча кучлар моментларининг йиғиндиси.

#### 46-§. Айлана бўйлаб текис ҳаракат. Айланиш даври ва частотаси

Табиатда ва техникада эгри чизиқли ҳаракатлар жуда кўп учрайди. Улардан энг кўп тарқалгани ва энг соддаси айлана бўйлаб ҳаракатдир. Вентилятор қанотларининг нуқталари, пропеллер, пароход винти, турбина, парманинг нуқталари ва шунга ўхшашлар айлана бўйлаб ҳаракат қилади. Эгри чизиқли турли-туман ҳаракатлар орасида энг соддаси нуқтанинг айлана бўйлаб текис ҳаракатидир.

*Моддий нуқтанинг айлана бўйлаб текис ҳаракати деб шундай ҳаракатга айтиладики, бундай ҳаракатда нуқта ихтиёрий тенг вақт ораликларида тенг ёйлар ўтади.*

*Моддий нуқтанинг айланани ўтишга кетган вақти давр деб аталади (T). Давр секундда ўлчанади.*

Велосипеднинг орқа ғилдирагини кўтарамиз ва педални қўлимиз билан бирмунча вақт айлантирамиз. Бунда орқа ғилдирак ҳам айланади. Айни бир вақт оралигида орқа ғилдиракнинг нуқталари педалнинг нуқталаридан кўп марта ортиқроқ айланади. Шунингдек парманинг нуқталари ҳам худди шунча вақт оралигида патефон пластинкасининг айланишидан кўра кўпроқ айланади.

Одатда моддий нуқтанинг бир секунд давомидаги айланишлар сони таққосланади.

Шундай қилиб, *моддий нуқтанинг 1 сек даги айланишлари сони айланиш частотаси дейилади.* Частотани  $f$  ҳарфи билан белгиланади.

Айланиш даври ва частотаси орасида математик боғланиш мавжуддир.

Мисоллар кўрайлик. Айтайлик, парма 1 сек да 10 марта айланади. Бундан парманинг 0,1 сек да бир марта айланиши келиб чиқади. 1 сек : 10 = 0,1 сек. Бу айланиш даври бўлади.

Шундай қилиб,

$$T = \frac{1}{f},$$

бундан

$$f = \frac{1}{T},$$

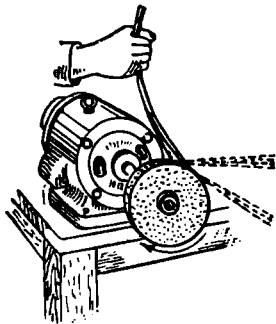
яъни давр частотага тескари катталиқ, частота эса даврга тескари катталиқдир.

## Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

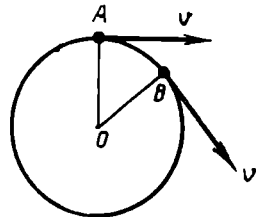
1. Куч елкаси нима?
2. Куч моменти нима?
3. Айланиш ўқи орқали ўтувчи тўғри чизиқ бўйлаб таъсир қилувчи кучнинг моменти нимага тенг?
4. Куч моменти қандай бирликларда ўлчаниши мумкин?
5. Куч моментлари қондаси қандай ўқилади?
6. Жуфт кучлар нима?
7. Жуфт кучнинг елкаси деб нимага айтилади?
8. Жуфт кучнинг моменти нимага тенг?
9. Моддий нуқтанинг қандай ҳаракати айлана бўйлаб текис ҳаракат дейилади?
10. Айланиш даври деб нимага айтилади? Мисоллар.
11. Айланиш частотаси деб нимага айтилади? Мисоллар.
12. Айланиш даври ва частотаси қандай боғланган?

## 47-§. Чизиқли тезлик

Моддий нуқтанинг айлана бўйлаб ҳаракатини характерлаш учун чизиқли тезлик тушунчаси киритилади. *Моддий нуқта*



48-расм. Чарх тошидан чиқаётган учқунлар айланага уринма бўйлаб ҳаракатланади.



49-расм. Айлана бўйлаб ҳаракатда чизиқли тезлик вектори ихтиёрий нуқтага айланага уринма бўйлаб йўналган.

*текис ҳаракатининг чизиқли тезлиги деб айлана ёйи узунлигининг бу ёй ўтилган вақтга нисбати билан ўлчанадиган катталikka айтилади.*

Чизиқли тезлик катталик жиҳатидан ўзгармас, йўналиши жиҳатидан ўзгарувчан бўлади. Чарх тошидан учқунларнинг тош айланасига уринма бўйлаб йўналишини пайқаш осон (48-расм), бинобарин, *чизиқли тезлик вақтнинг ихтиёрий пайтида айлананинг шу нуқтасидаги уринма бўйлаб йўналган*, масалан, расмдаги *A* ва *B* нуқталарда (49-расм). Чизиқли тезлик катталгини шундай формула билан аниқлаш мумкин:

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

бу ерда  $v$ —чизиқли тезлик,  $s$ —нуқтанинг айлана ёйи бўйлаб ўтган йўли,  $t$ —ҳаракат вақти. Агар жисм бутун  $s = 2\pi R$  узун-

ликдаги айланани ўтган бўлса (бу ерда  $R$ —айлананинг радиуси), у ҳолда вақт даврга тенг бўлади ( $t=T$ ).

Бу қийматларни қуйидаги формулага қўйсак:

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

мана бундай ифода ҳосил қиламиз:

$$v = \frac{2\pi R}{T}.$$

*Нуқтанинг чизиқли тезлиги айлана узунлигини айланиш даврига бўлиганига тенг.*

Юқорида айтганимиздек,

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

эканлигини билган ҳолда унинг қийматини чизиқли тезлик формуласига қўйсак, шундай ифода ҳосил қиламиз:

$$v = 2\pi Rf.$$

Нуқтанинг чизиқли тезлиги айлана узунлигини айланиш частотасига кўпайтирилганига тенг.

**52-масала.** Соатнинг минут стрелкаси секунд стрелкасидан 4 марта узунроқ. Секунд стрелкаси учининг чизиқли тезлиги минут стрелкаси учининг чизиқли тезлигидан неча марта катта?

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} T_1 &= 60 \text{ сек}; \\ T_2 &= 3600 \text{ сек}; \\ R_2 &= 4 R_1. \end{aligned}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = ?$$

Ечилиши

1. Секунд стрелкаси учининг чизиқли тезлиги:

$$v_1 = \frac{2\pi R_1}{T_1}.$$

2. Минут стрелкаси учининг чизиқли тезлиги:

$$v_2 = \frac{2\pi R_2}{T_2}.$$

3. Стрелкалар учларининг чизиқли тезликлари орасидаги муносабат:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{2\pi R_1}{T_1}}{\frac{2\pi R_2}{T_2}} = \frac{2\pi R_1 T_2}{2\pi R_2 T_1} = \frac{R_1 T_2}{R_2 T_1}$$

4. Стрелкалар учларининг чизиқли тезликлари орасидаги муносабатни ҳисоблаб чиқарамиз:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1 \cdot 3600 \text{ сек}}{4R_1 \cdot 60 \text{ сек}} = 15.$$

**53-масала.** 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётган паровознинг етакчи гилдиракларининг айланиш даврини аниқланг. Паровознинг етакчи гилдиракларининг диаметри 1,5 м.

Берилган (СИ системасида):

$$R = 0,75 \text{ м};$$

$$v = \frac{36 \text{ км/соат} = 10 \text{ м/сек.}}{T - ?}$$

Ечилиши

1. Филдиракларнинг айланш даврини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$v = \frac{2\pi R}{T}, \text{ бундан } T = \frac{2\pi R}{v}.$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$T = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,75 \text{ м}}{10 \text{ м/сек}} = 0,5 \text{ сек.}$$

**54-масала.** Силлиқлаш станогни тошнинг радиуси 20 см бўлиб, тошнинг айланш тезлиги 360 айл./мин. Ишлов берилаётган деталь тошга 100 кГ куч билан сиқилади. Агар тошнинг деталга ишқаланиш коэффициенти 0,2 бўлса, силлиқлаш учун қанча қувват сарфланади?

Берилган (СИ системасида):

$$R = 0,2 \text{ м};$$

$$n = 360 \text{ айл./мин};$$

$$t = 60 \text{ сек};$$

$$F_{\text{н}} = 100 \text{ кГ} \approx 1000 \text{ н};$$

$$k = 0,2.$$

$$N - ?$$

Ечилиши

1. Тошнинг айланш частотаси:

$$f = \frac{n}{t}.$$

2. Тош айланасида ётган нуқталарнинг чизикли тезлиги:

$$v = 2\pi R f = \frac{2\pi R n}{t}.$$

3. Тошнинг деталга ишқаланиш кучи:

$$F_{\text{ишқ}} = k \cdot F_{\text{н}}.$$

4. Силлиқлаш учун сарф қилинаётган қувват:

$$N = F_{\text{ишқ}} \cdot v = k \cdot F_{\text{н}} \frac{2\pi R n}{t} = \frac{2\pi k F_{\text{н}} R n}{t}.$$

5. Қувватни ҳисоблаб чиқарамиз:

$$N = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \cdot 1000 \text{ н} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 360}{60 \text{ сек}} \approx 1500 \text{ ж/сек} = 1,5 \text{ квт.}$$

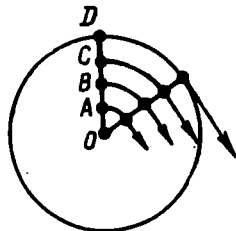
## 48-§. Айланаётган жисмнинг бурчак тезлиги

Агар соатнинг минут стрелкасининг айланишига диққат билан қарасак, стрелканинг ҳамма нуқталари айни бир вақт оралигида айни тенг бурчакларга бурилишини кўрамиз. Бундай ҳодиса айланаётган ҳамма жисмлар, масалан, чарх тошлари, шкивлар, маховиклар, вентилятор қанотлари ва ҳоказолар учун характерлидир (50-расм).

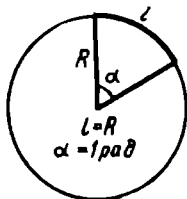
Бу асосда жисмнинг айланма ҳаракатини характерловчи катталиқ киритилган. Бу катталиқ *бурчак тезлиги* дейилади.

*Жисмнинг бурилиш бурчагининг шубурилиш учун кетган вақтга нисбати билан ўлчанадиган катталиқ жисмнинг бурчак тезлиги дейилади.*

Агар жисмнинг бурилиш бурчаги  $\varphi$  (грекча ҳарф «фи»),  $t$ —бурилиш вақти,



50-расм. Текис айланшда жисмнинг барча A, B, C, D нуқталари бир вақт давомида айни бир бурчакка бурилади.



51-расм. Бир радианга тенг бурчак.

Бу ҳолда

$\omega$ —бурчак тезлиги бўлса, у ҳолда таърифга мувофиқ бурчак тезлик шундай ифодаланади:

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

Механикада бурчакларни градусларда эмас, радианларда ўлчаш қабул қилинган. Ёйининг узунлиги ( $l$ ) радиусга тенг бўлган марказий бурчак радиан деб аталади (51-расм). Бир радианда  $57^{\circ}17'44''$  бор.

Айланадаги радианлар сонини аниқлаш учун айлана узунлигини радиусга бўлиш керак.

$$\varphi = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi \text{ радиан (рад)}.$$

СГС системасида  $\varphi$  нинг ўлчами йўқ.

Агар нуқта айлана бўйлаб тўла айланса, у ҳолда бурилиш бурчаги  $\varphi = 2\pi$  радиан, бурилиш вақти эса даврга тенг  $t = T$ , бинобарин, нуқтанинг бурчак тезлиги

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Жисмнинг бурчак тезлиги айланадаги радианлар сонининг айланиш даврига нисбатига тенг.

Бу формулага  $T = \frac{1}{f}$  ни қўйсак:

$$\omega = 2\pi f.$$

*Жисмнинг бурчак тезлиги айланадаги радианлар сонини частотага кўпайтирилганига тенг.*

Бурчак тезлигининг ўлчами ҳамма системаларда бир хил бўлиб:  $\frac{1}{\text{сек}} = \text{сек}^{-1}$ .  $\omega = 2\pi f$  ва  $v = 2\pi Rf$  формулаларни солиштирсак, чизиқли тезлик билан бурчак тезлик орасидаги муносабатни чиқарамиз:

$$v = \omega R.$$

*Жисмнинг чизиқли тезлиги бурчак тезликнинг айланиш радиусига кўпайтмасига тенг.*

**55-масала.** Радиуси 10 см бўлган шкив 600 айл/мин тезлик билан ҳаракатланмоқда. Шкив айланасидаги нуқталарнинг айланиш даври, айланиш частотаси, бурчак ва чизиқли тезликларини аниқланг.

Б е р и л г а н (СИ системасида):

$$\begin{aligned} R &= 0,1 \text{ м}; \\ n &= 600 \text{ айл/мин}; \\ t &= 60 \text{ сек}. \\ \hline T &= ?, \omega = ? \\ f &= ?, v = ? \end{aligned}$$

Е ч и л и ш и

1. Айланиш частотаси:

$$f = \frac{n}{t}.$$

2. Айланиш даври:

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

3. Бурчак тезлиги:

$$\omega = 2\pi f$$

4. Чизиқли тезлиги:

$$v = \omega R$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$f = \frac{600 \text{ айл}}{60 \text{ сек}} = 10 \frac{\text{айл}}{\text{сек}} = 10 \text{ сек}^{-1}; \quad T = \frac{1}{10 \frac{1}{\text{сек}}} = 0,1 \text{ сек}$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \frac{1}{\text{сек}} = 62,8 \frac{1}{\text{сек}} = 62,8 \text{ рад/сек};$$

$$v = 62,8 \frac{1}{\text{сек}} \cdot 0,1 \text{ м} = 6,28 \text{ м/сек}.$$

**56-масала.** Диаметри 400 мм бўлган диск арра тишларининг учи 12,56 м/сек чизиқли тезлик билан айланади. Арранинг бурчак тезлигини, айланиш частотаси ва айланиш даврини аниқланг.

Б е р и л г а н (СИ системасида):

$$v = 12,56 \text{ м/сек};$$

$$R = 0,2 \text{ м}.$$

$$\omega = ?$$

$$f = ?$$

$$T = ?$$

Е ч и л и ш и

1. Бурчак тезлигини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$v = \omega R, \quad \omega = \frac{v}{R}.$$

2. Айланиш частотасини эса қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$\omega = 2\pi f, \quad f = \frac{\omega}{2\pi}.$$

3. Айланиш даврини ҳисоблаймиз:

$$T = \frac{1}{f}.$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\omega = \frac{12,56 \frac{\text{м}}{\text{сек}}}{0,2 \text{ м}} = 62,8 \text{ сек}^{-1};$$

$$f = \frac{62,8 \frac{1}{\text{сек}}}{2 \cdot 3,14} = 10 \frac{1}{\text{сек}} = 10 \text{ айл/сек};$$

$$T = \frac{1}{10 \frac{1}{\text{сек}}} = 0,1 \text{ сек}.$$

### Ў з - ў з и н и т е к ш и р и ш у ч у н м а ш қ л а р

1. Моддий нуқтанинг чизиқли тезлиги деб нимага айтилади?
2. Чизиқли тезлик айланиш даври ёки айланиш частотаси орқали қандай ифодаланади?
3. Радян деб нимага айтилади?
4. Айланада қанча радиан бор?
5. Бурчак тезлик айланиш даври ёки частотаси орқали қандай ифодаланади?
6. Моддий нуқтанинг бурчак тезлиги деб нимага айтилади?

7. Бурчак тезликнинг бирликлари қандай?

8. Чизиқли тезлик бурчак тезлик орқали қандай ифодаланади?

9. Айлананинг ҳар бир нуқтасида чизиқли тезликнинг йўналиши қандай бўлади?

10. Радиуси 3 см бўлган вал 0,5 сек да бир марта айланади. Айланиш частотаси, валнинг подшипник билан тегишадиган нуқталарининг бурчак ва чизиқли тезлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 2 ай/сек, 12,56 рад/сек.  $\approx$  0,38 м/сек.

11. Диск арра тиши учининг чизиқли тезлиги 9,42 см/сек, арранинг радиуси esa 0,3 м га тенг. Арранинг айланиш частотаси, айланиш даври ва бурчак тезлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 5 ай/сек, 0,2 сек; 31,4 рад/сек.

12. Радиуси 20 см бўлган шкив минутига 150 марта айланади. Шкив айланасида ётган нуқталарнинг айланиш частотаси, айланиш даври, бурчак ва чизиқли тезликларини топинг.

Ж а в о б и: 2,5 ай/сек, 0,4 сек, 15,7 рад/сек, 3,14 м/сек.

13. 900 ай/мин тезлик билан айланаётган электромотор якорининг радиусини аниқланг. Якорь чулгамининг чизиқли тезлиги 12,56 м/сек дан ошмаслиги керак.

Ж а в о б и: 0,13 м.

14. Шкивга кийдирилган тасма 6,28 м/сек тезликда сирпанмай ҳаракатланади. Агар шкивнинг радиуси 40 см бўлса, шкивнинг минутига айланиш-дар сонини аниқланг.

Ж а в о б и: 1500 ай/мин.

15. Патефон пластинкаси минутига 75 марта айланади. Пластинканинг айланиш бурчак тезлигини ва айланиш ўқидан 12 см масофада сирпапаётган игнанинг чизиқли тезлигини аниқланг.

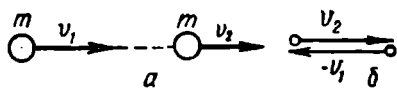
Ж а в о б и: 7,85 рад/сек;  $\approx$  0,94 м/сек.

16. Силлиқлаш станогининг радиуси 20 см бўлган чархи ҳар минутда 120 марта (120 ай/мин) айланади. Буюм тошга унинг сиртига перпендикуляр равишда 75 кг куч билан сиқилади. Агар деталнинг тошга ишқаланиш коэффициентини 0,4 га тенг бўлса, тош айланиши учун қандай қувват заруралигини аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx$  1,5 о. к.

## 49-§. Марказга интилма тезланиш ҳақида тушунча

Моддий нуқтанинг тўғри чизиқли текис ҳаракатида унинг тезлиги сон қиймати жиҳатидан ҳам, йўналиши жиҳатидан ҳам ўзгармайди (52-а расм). Аммо



52-расм. а) Нуқтанинг тўғри чизиқли текис ҳаракати ( $v_2 = v_1$ ); б) тезлик векторларининг геометрик айирмаси нолга тенг ( $\Delta v = v_2 - v_1 = 0$ ).

тезлик вектори ўзгармаса, бинобарин, тезланиш ҳам бўлмайди. Бунга график чизиш йўли билан осон ишониш мумкин.  $v_2$  векторнинг охирини (52-б расм) бошқа вектор, яъни катталиги бўйича  $-v_1$  векторга тенг, бироқ қарама-қарши йўналган  $-v_1$  нинг учи деб қабул қиламиз, у ҳолда  $-v_1$  векторнинг охири  $v_2$  векторнинг учи билан мос келишига



ишонч ҳосил қиламиз. Бу  $v_2$  ва  $v_1$  векторларнинг геометрик айирмаси нолга тенг эканини, яъни  $\Delta v = v_2 - v_1 = 0$  эканини билдиради. Тезланишнинг

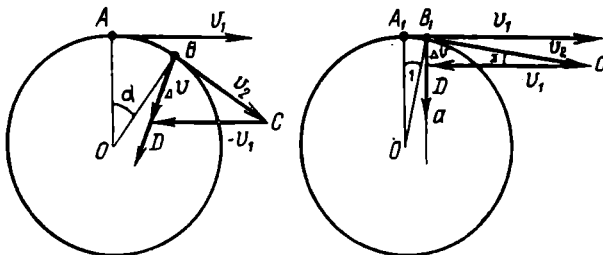
$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

формуласидан фойдаланиб,  $a = \frac{0}{t} = 0$  ни оламиз, бунда  $t \neq 0$ .

Моддий нуқтанинг айлана бўйлаб текис ҳаракатида тезликнинг фақат сон қиймати ўзгармай қолади, аммо тезликнинг йўналиши ўзгаради, чунки бу ҳолда исталган вақтда тезлик вектори шу нуқтада айланага уринма бўйлаб йўналган. Агар тезлик вақтнинг ихтиёрий пайтида ўзгарса, у ҳолда тезланиш пайдо бўлади. Бунга график чизиш йўли билан ишониш осон. Айтайлик, моддий нуқта  $t$  вақт давомида текис ҳаракатда  $AB$  ёйни ўтган бўлсин (53-а расм).  $v_2$  векторнинг охирини бошқа  $v_1$  векторга тенг, аммо қарама-қарши йўналган ( $-v_1$ ) векторнинг учи деб қабул қиламиз.  $B$  нуқтани  $D$  нуқта билан бирлаштирамиз ва тезлик векторларининг геометрик айирмаси  $\Delta v = v_2 - v_1$  ни ҳосил қиламиз.  $BD = \Delta v$  вектор тезликнинг  $t$  вақтдаги ўзгаришидан иборатдир.  $\Delta v$  ни  $t$  га бўламиз ва

$$a = \frac{\Delta v}{t}$$

тезланишни ҳосил қиламиз, тезланиш ҳам вектор катталиқ бўлади. Тезланиш вектори  $a$  нинг йўналиши ( $\Delta v$ ) тезлик ўзгаришининг йўналишига мос келади. 53-а расмдан тезланиш



53-расм. Марказга интилма тезланиш формуласини чиқаришга доир.

айлана ичига йўналганлиги кўриниб турибди. Нуқтанинг ҳаракат вақтини камайтирамиз, у ҳолда  $A_1B_1$  ёй бўйлаб йўл ҳам қисқаради (53-б расм). Бу чизмадан тезланишнинг айлана марказига яқинлашиб йўналишини анчагина ўзгартиргани кўриниб турибди. Вақтни оний қийматгача қисқартириб, радиус бўйлаб айлана марказига йўналган тезланишни олишимиз мумкин.

Шундай қилиб, *нуқтанинг айлана бўйлаб текис ҳаракатида ҳар бир онда радиус бўйлаб айлана марказига йў-*

налган тезланиш мавжуд бўлади, бу тезланиш марказга интилма тезланиш дейилади. Марказга интилма тезланиш

$$a = \frac{v^2}{R}$$

формула билан ҳисобланиши мумкин. Буни исботлаш осон. Агар нуқтанинг ҳаракатланиш вақти жуда кичик бўлса, у ҳолда  $A_1B_1$  ёй ҳам жуда кичик ва унинг узунлигини  $A_1B_1$  ватарнинг узунлиги деб қабул қилиш мумкин. 53-б расмдан  $A_1B_1O$  учбурчак  $B_1CD$  учбурчакка ўхшашлигини аниқлаш осон. Учбурчакларнинг ўхшашлигидан қуйидаги келиб чиқади:

$$\frac{A_1B_1}{R} = \frac{\Delta v}{v}$$

Нуқтанинг  $v$  тезлик билан  $t$  вақтда ўтган йўли  $A_1B_1$  эканлигини билган ҳолда, яъни  $A_1B_1 = vt$  ва  $\Delta v = at$  ни билган ҳолда қуйидагини оламиз:

$$\frac{vt}{R} = \frac{at}{v}$$

бундан

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Марказга интилма тезланишнинг катталиги чизиқли тезлик квадратининг айлана радиусига бўлинганига тенг экан.

$v = \omega R$  эканини билган ҳолда ва бу қийматни  $a = \frac{v^2}{R}$  формулага қўйиб марказга интилма тезланишни бурчак тезлик орқали ифодалаймиз:

$$a = \frac{(\omega R)^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R \text{ ёки } a = \omega^2 R.$$

**57- масала.** Йўлнинг эгриланиш (бурилиш) радиуси 5 м. Велосипедчи шу йўлдан 18 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Марказга интилма тезланишни аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$v = 18 \text{ км/соат} = \frac{18000 \text{ м}}{3600 \text{ сек}} = 5 \text{ м/сек};$$

$$R = 5 \text{ м.}$$

$a = ?$

Ечилиши

1. Тезланиш формуласини ёзамиз:

$$a = \frac{v^2}{R}$$

2. Тезланишни ҳисоблаймиз:

$$a = \frac{\left(5 \frac{\text{м}}{\text{сек}}\right)^2}{5 \text{ м}} = 5 \text{ м/сек}^2.$$

**58- масала.** Автомобиль радиуси 10 м бўлган бурилишда ҳаракатланмоқда. Агар марказга интилма тезланиш 5 м/сек<sup>2</sup> га тенг бўлса, автомобилнинг ҳаракат тезлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$a = 5 \text{ м/сек}^2;$$

$$R = 10 \text{ м.}$$

$v = ?$

Ечилиши

1. Тезланишнинг  $a = \frac{v^2}{R}$  формуласидан тезликни топамиз:

$$v^2 = aR,$$

бундан

$$v = \sqrt{aR},$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v = \sqrt{5 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot 10 \text{ м}} \approx 7 \text{ м/сек.}$$

**59-масала.** Чарх тоши 2 мин давомида 1200 марта айланади. 80 м/сек<sup>2</sup> га тенг марказга интилма тезланиш таъсир қиладиган нуқталарнинг айланиш радиусини топинг.

Берилган (СИ системасида):

$$n = 1200 \text{ айл.};$$

$$t = 120 \text{ сек.};$$

$$a = 80 \text{ м/сек}^2.$$

$R = ?$

Ечилиши

1. Айланиш частотаси:

$$f = \frac{n}{t}.$$

2. Бурчак тезлиги:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi n}{t}.$$

3. Айланиш радиусини мана бу формуладан аниқлаймиз:

$$a = \omega^2 R; \quad R = \frac{a}{\omega^2} = \frac{a}{\left(\frac{2\pi n}{t}\right)^2} = \frac{a}{4\pi^2 n^2} = \frac{at^2}{4\pi^2 n^2}.$$

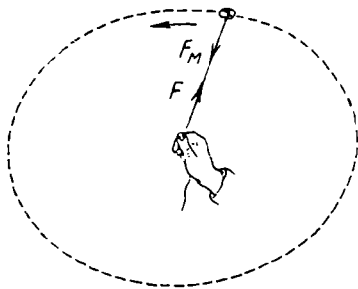
4. Радиусни ҳисоблаймиз:

$$R = \frac{80 \frac{\text{м}}{\text{сек}^2} \cdot (120 \text{ сек})^2}{4 \cdot (3,14)^2 \cdot (1200)^2} = 0,02 \text{ м.}$$

## 50-§. Марказга интилма ва марказдан қочма кучлар

Айланма ҳаракатда радиус бўйлаб айланиш марказига йўналган марказга интилма тезланиш ҳосил бўлишини аниқладик. Бинобарин, айланаётган массага тезликнинг йўналишини ўзгартирадиган ва радиус бўйлаб марказга йўналган куч таъсир қилиши керак. Шундай куч ҳақиқатан ҳам мавжуд ва *марказга интилма куч* деб аталади. Агар ипга тош боғлаб, унинг бир учидан ушлаб айлантирсак, ип таранг тортилади (54-расм). Ипнинг таранглик кучи туфайли тош айлана бўйлаб текис ҳаракат қилади. Агар ип узилиб кетса, бу куч йўқолади ва тош тўғри чизиқ — айланага уринма бўйлаб учиб кетади. Бу ҳолда ва жисмларнинг айлана бўйлаб бунга ўхшаш барча ҳаракатида марказга томон йўналган куч мавжуд бўлади.

*Тутиб турувчи жисм (боғланиш) нинг айлана бўйлаб айланаётган жисмга таъсир қилувчи кучи марказга интил-*



54- расм. Илнинг тарашидги тошни айлана бўйлаб ҳаракатланишга мажбур қилади.

ма куч дейилади; бу куч айланаётган жисмга қўйилган ва радиус бўйлаб марказга йўналган.

Марказга интилма кучнинг катталигини механиканинг II қонунидан, яъни  $F = ma$  формуладан аниқлаш осон. Бу формулага марказга интилма тезланиш қийматини қўйиб марказга интилма куч учун шундай формулаларни ҳосил қиламиз:

$$F_{\text{м. и.}} = \frac{mv^2}{R} \text{ ва } F_{\text{м. и.}} = m\omega^2 R.$$

Динамиканинг III қонунига мувофиқ, айланаётган жисм уни тутиб турган жисм (боғланиш) га катталиги марказга интилма кучга тенг, лекин қарама-қарши йўналган куч билан таъсир қилади. Бундай куч боғланишга қўйилган ва марказдан қочма куч деб аталади (54- расм).

Шундай қилиб, айланаётган жисм уни тутиб турган жисмга (боғланишга) таъсир қиладиган куч марказдан қочма куч дейилади; марказдан қочма куч тутиб турувчи куч (боғланиш) га қўйилган ва радиус бўйлаб марказдан йўналган.

Марказга интилма куч мавжуд бўлгандагина марказдан қочма куч мавжуд бўлади. Боғланиш узилганда, масалан, тош боғланган арқон узилганда, маховик (ғилдирак)нинг кегайлари синганда жисм уринма бўйлаб ҳаракатланади.

Марказдан қочма ва марказга интилма кучлар бир-бирини мувозанатламайди, чунки бу кучлар турли жисмларга қўйилган: марказдан қочма куч тутиб турувчи жисм (боғланиш) га, марказга интилма куч эса айланувчи жисмга қўйилган, шунинг учун уларнинг мувозанатловчиси бўлмайди.

Марказдан қочма кучлар тезлик ортганда ортади ва катта тезликларда жуда катта қийматларга етиши мумкин. Силлиқловчи тошларнинг, маховиклар, электр моторлар, турбиналар ва ҳоказоларнинг парчаланиб кетиш ҳоллари кузатилган. Шунинг учун ҳозирги замон тез ҳаракатланадиган машиналарини (турбиналар, автомобиллар, самолётлар ва шунга ўхшаш машиналарни) лойиҳалашда ҳосил бўладиган марказдан қочма кучларни назарга олиш керак.

## 51-§. Айлана бўйлаб ҳаракатланишда боғланишга таъсир қилувчи кучлар

Маълумки, кўприкдан ҳаракатланаётган жисмларнинг кўприкка босими камроқ бўлсин учун кўприклар дўнг қилиб ишланади. Бунинг исбот қиламиз. Агар дўнг кўприкдан ҳаракатла-

наётган трамвай, автомобиль ва бошқа жисмлар текис ҳаракатланаётган бўлса (55-расм), у ҳолда барча кучларнинг тенг таъсир этувчиси марказга интилма кучга тенг бўлгандагина кўприк бу жисмларни ушлаб туради:

$$R = F_{\text{м. и.}}$$

Жисм кўприкнинг ўртасига етганда унга қўйилган кучлар:  $P$  оғирлик кучи ва  $F$  таянч реакцияси кучи бир вертикал бўйлаб қарама-қарши йўналишда таъсир қилади. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси марказга интилма куч бўлади ва кўприкнинг эгрилик марказига, яъни жисмнинг оғирлиги таъсир қилган томонга йўналган бўлади. Бундан тенг таъсир этувчи куч оғирлик ва таянч реакцияси орасидаги айирмага, яъни

$$R = P - F \text{ ёки } F_{\text{м. и.}} = P - F$$

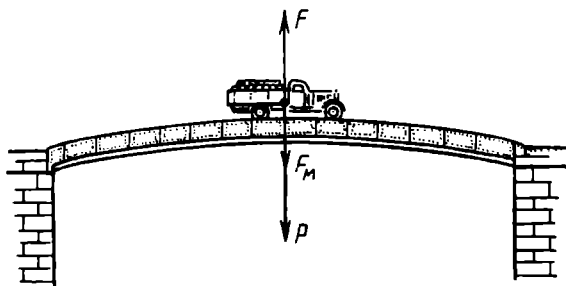
га тенг бўлади, бундан

$$F = P - F_{\text{м. и.}}$$

Бироқ таянч реакцияси динамиканинг III қонунига мувофиқ, катталиги жиҳатидан кўприкка бўлган босимга тенг бўлади ( $F = F_T$ ), ammo унга қарама-қарши йўналган, бинобарин,

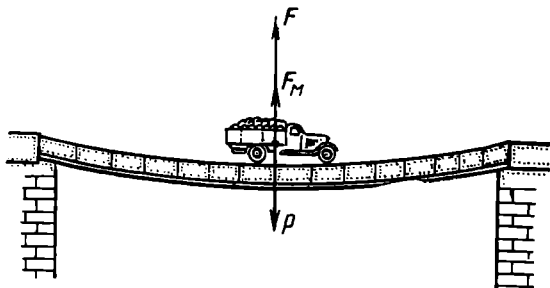
$$F_T = P - F_{\text{м. и.}}$$

яъни ҳаракатланаётган жисмнинг қавариқ кўприк ўртасига босим кучи катталиқ жиҳатидан оғирлик кучи ва марказга интилма кучнинг айирмасига тенг.



55-расм. Қавариқ кўприкнинг ҳаракатланаётган жисмга босим кучи  $F = P - F_{\text{м.}}$ .

Кўприк унинг устидан ҳаракатланаётган жисм таъсирида эгилган ҳолни кўрайлик (56-расм). Жисм кўприкнинг ўртасига етганда, оғирлик кучи  $P$  ва таянч реакцияси  $F$  бир вертикал бўйлаб қарама-қарши йўналишда таъсир қилади ва  $R$  тенг таъсир этувчи жисмни айланада тутиб турувчи марказга интилма кучга тенг бўлиши керак. Бироқ кўприк эгилади, шунинг учун эгрилик радиусига қараб радиус бўйлаб йўналган марказга интилма куч таянч реакцияси  $F$  томонга қараб таъсир қилади.



56- расм. Ботиқ кўприкнинг ҳаракатланаётган жисмга босим кучи  $F = P + F_M$ .

Бундан тенг таъсир этувчи куч таянч реакцияси билан жисмнинг оғирлиги айирмасига тенг деган хулосага келамиз: яъни

$$R = F - P \text{ ёки } F_M = F - P,$$

бундан таянч реакцияси

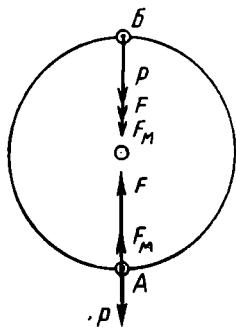
$$F = P + F_M.$$

Бироқ динамиканинг III қонунига асосан таянч реакцияси босим кучига тенг ва унга қарама-қарши йўналган, шунинг учун босим кучи қуйидагига тенг бўлади:

$$F_T = P + F_M,$$

яъни ботиқ кўприкнинг ўртасидан ҳаракатланаётган жисмнинг босим кучи катталиқ жиҳатидан оғирлик кучи ва марказга интилма кучнинг йиғиндисига тенг.

Олинган хулосалар қавариқ ёки ботиқ кўприкдан ҳаракатланаётган жисмларнинг босим кучини аниқлашга доир масалаларни ечишда жуда муҳимдир.



57- расм. Жисмларнинг вертикал текисликда айланма ҳаракати.

Ипга боғланган жисмнинг вертикал текисликдаги ҳаракатини кўрайлик. Ипнинг жисм ҳаракат траекториясининг пастки  $A$  ва юқори  $B$  нуқтасидаги таранглигини (жисмнинг ипга таъсир кучини) топамиз (57- расм).

Жисм траекториянинг пастки  $A$  нуқтаси орқали ўтганда унга икки куч: 1) вертикал бўйлаб пастга йўналган  $P$  оғирлик кучи ва 2) траекториянинг марказига маҳкамланган ипнинг учига йўналган  $F$  таянч реакцияси кучи (ипнинг таранглиги) таъсир қилади. Бу кучларнинг тенг таъсир этув-

чиси  $R$  траекториянинг марказига йўналган  $F_M$  марказга интилма куч бўлади, яъни у таянч реакцияси томонига йўналган ва таянч реакцияси билан оғирлик кучи айирмасига тенг бўлади:

$$R = F - P \text{ ёки } F_M = F - P,$$

бундан:

$$F = F_M + P.$$

Динамиканинг III қонунига мувофиқ ипнинг жисмни тортаётган кучи (таянч реакцияси) жисмнинг ипни таранглаётган кучига тенг ва қарама-қарши йўналган, яъни  $F = F_T$ , бу ерда  $F_T$  — ипнинг таранглиги, шунинг учун

$$F_T = F_M + P.$$

Бу формуладан кўриниб турибдики, жисм траекториянинг пастки нуқтасидан ўтишида ипни тарангловчи куч уни мувозанат ҳолатда тарангловчи кучдан катта бўлади. Учувчи самолётда Нестерев сиртмоғини бажараётганда траекториянинг пастки нуқтасида ўриндиққа самолёт тўғри чизиқли горизонтал ҳаракатланаётгандагидан анча кучлироқ босади.

Жисм траекториянинг юқори  $B$  нуқтасини ўтишида унга иккита куч: 1) вертикал бўйлаб пастга йўналган  $P$  оғирлик кучи ва 2) вертикал пастга, ипнинг иккинчи учи маҳкамланган нуқтага қараб йўналган  $F$  таянч реакцияси кучи таъсир қилади. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси  $R$  траекториянинг марказига қараб йўналган, яъни вертикал бўйлаб пастга йўналган  $F_M$  марказга интилма куч бўлади. Бу ҳолда тенг таъсир этувчи куч оғирлик кучи ва таянч реакцияси йиғиндисига тенг бўлади, яъни

$$R = P + F \text{ ёки } F_M = P + F,$$

бундан

$$F = F_M - P.$$

Бироқ динамиканинг III қонунига асосан  $F = F_T$ , шунинг учун

$$F_T = F_M - P.$$

Бундан жисм траекториянинг юқори нуқтасидан ўтаётганида ипнинг таранглиги жисм траекториянинг пастки нуқтасидан ўтишидаги таранглигидан кам бўлади.

**60-масала.** Йўлнинг радиуси 200 м бўлган бурилиш жойидан 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланаётган поезд вагонда юк пружинали тарозида тортилмоқда. Юкнинг оғирлиги 10 кг. Тарозининг кўрсатишини аниқланг.

Б е р и л г а н (СИ системасида):

Е ч и л и ш и

$$v = 36 \text{ км/соат} = 10 \text{ м/сек};$$

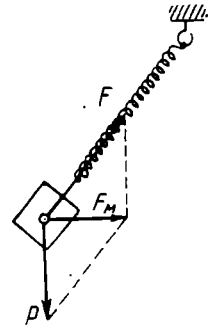
$$R = 200 \text{ м};$$

$$g = 10 \text{ м/сек}^2;$$

$$P = 10 \text{ кг} = 100 \text{ н}.$$

$$F = ?$$

1. Юкка оғирлик кучи ва пружинанинг таранглик кучи таъсир қилади. Бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси горизонтал йўналган марказга интилма куч бўлади (58- расм). Чизмадан  $F^2 = P^2 + F_M^2$  экани кўриниб турибди, бундан:



58- расм.  
60- масалага доир.

$$F = \sqrt{P^2 + F_m^2} = \sqrt{P^2 + \left(\frac{mv^2}{R}\right)^2} = \sqrt{P^2 + \left(\frac{Pv^2}{gR}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{P^2 + \frac{P^2 v^4}{g^2 R^2}} = P \sqrt{1 + \frac{v^4}{g^2 R^2}}.$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F = 100 \text{ н} \sqrt{1 + \frac{10000 \frac{\text{М}^4}{\text{сек}^4}}{100 \frac{\text{М}^2}{\text{сек}^4} \cdot 40000 \text{ м}^2}} = 100 \text{ н} \sqrt{1 + \frac{1}{400}} =$$

$$= 100 \text{ н} \sqrt{\frac{401}{400}} = 100 \text{ н} \cdot \frac{20,025}{20} \approx 100 \text{ н}.$$

61- масала. Оғирлиги 3000 кг бўлган автомашина қавариқ кўприк бўйлаб 14,4 км/соат ўзгармас тезлик билан ўтиб бормоқда. Кўприкнинг эгрилик радиуси 40 м. Кўприкнинг ўртасига бўладиган босим кучини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$P = 3000 \text{ кг} \approx 30\,000 \text{ н};$$

$$v = 14,4 \text{ км/соат} = 4 \text{ м/сек};$$

$$R = 40 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/сек}^2.$$

$F_n = ?$

Ечилиши

1. Қавариқ кўприкнинг ўртасига бўладиган босим кучи шундай бўлади:

$$F_n = P - F_m; \quad F_n = P - \frac{mv^2}{R} =$$

$$= P - \frac{Pv^2}{gR} = P \left(1 - \frac{v^2}{gR}\right).$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F_n = 30\,000 \text{ н} \cdot \left(1 - \frac{16 \frac{\text{М}^2}{\text{сек}^2}}{10 \frac{\text{М}}{\text{сек}^2} \cdot 40 \text{ м}}\right) = 30\,000 \text{ н} \cdot 0,96 = 28\,800 \text{ н} = 28,8 \text{ кн}.$$

62- масала. Оғирлиги 200 Т бўлган локомотив кўприкда 36 км/соат тезлик билан ҳаракатланмоқда. Локомотивнинг оғирлиги таъсирида кўприк радиуси 500 м га тенг бўлган ёй ҳосил қилиб эгилади. Локомотив кўприкнинг ўртасидан ўтаётганда кўприкка қандай куч билан босади?

Берилган (СИ системасида):

$$P = 200\,000 \text{ кг} = 2 \cdot 10^6 \text{ н};$$

$$v = 36 \text{ км/соат} = 10 \text{ м/сек};$$

$$R = 500 \text{ м},$$

$$g = 10 \text{ м/сек}^2.$$

$F_n = ?$

Ечилиши

1. Кўприкнинг ўртасига босим кучи:

$$F_n = P - \frac{mv^2}{R} = P + \frac{Pv^2}{gR} = P \left(1 + \frac{v^2}{gR}\right).$$

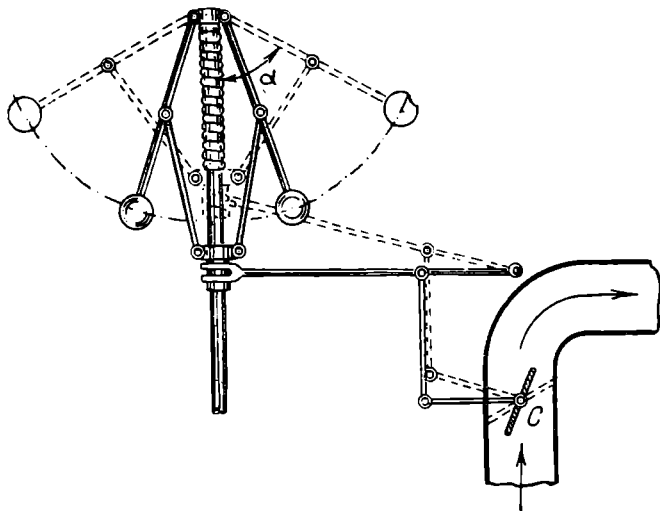
2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$F_n = 2 \cdot 10^6 \text{ н} \cdot \left(1 + \frac{10 \frac{\text{М}^2}{\text{сек}^2}}{10 \frac{\text{М}}{\text{сек}^2} \cdot 500 \text{ м}}\right) = 2 \cdot 10^6 \text{ н} \cdot 1,02 = 2,04 \text{ Мн}.$$

## 52- §. Марказдан қочирма механизмлар

Биз қурилиши айланаётган жисмнинг зарралари айланиш ўқидан силжишига асосланган баъзи механизмларнигина кўриб



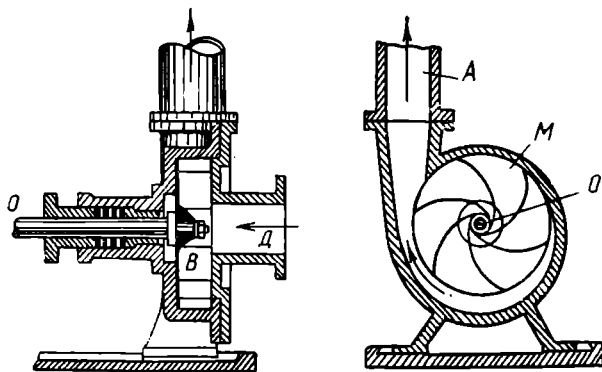


59- расм. Марказдан қочма регуляторнинг схемаси.

ўтамыз. Бундай механизмлар марказдан қочирма механизмлар дейилади.

1. Марказдан қочирма регулятор. Унинг тузилиши 59- расмда кўрсатилган.

Бўғ машина маховигининг айланишлар сони ортганида регулятор шарларининг айланиш тезлиги ортади, чунки у машина



60- расм. Марказдан қочма насос.

валининг ўқи билан биргаликда айланади. Бироқ тезлик ҳар қандай ортганда ҳам регуляторнинг анча вазмин шарлари бирор  $\alpha$  бурчакка керилади ва бунда ричаглар ёрдамида бўғни машина цилиндрига келишини камайтирадиган  $C$  заслонка бурилади ва шунинг учун машинанинг тезлиги ортишдан тўхтай-

ди. Машинанинг айланишлар сони камайганда шарларнинг айланиш тезлиги камаяди ва заслонка бугнинг цилиндрга келиши-ни кўпайтиради, бинобарин, машинанинг тезлиги ҳам ортади. Шундай қилиб, ўзгармас бурчак тезлик сақланади.

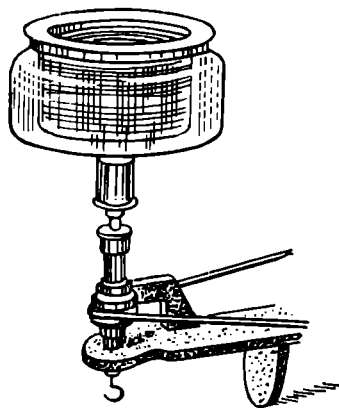
2. Марказдан қочирма насос. Металл камерада алоҳида кўринишдаги паррақлар (60-расм) двигатель ёрдамида тез айлантиради. Насос ёрдамида сувни чиқаришда  $B$  камерадаги  $M$  паррақлар  $O$  ўқ яқинида сийракланиш ҳосил қилади ва атмосфера босими сувни  $D$  труба бўйлаб насосга кўтаради. Инерция бўйича сув трубага уринма бўйлаб отилади, бироқ у орқага қайта олмайди, чунки сувнинг янги массалари уни янада ҳайдайди. Марказга интилма куч суоқликни айланада ушлаб туришга етарли бўлмагани учун сув инерция бўйича  $A$  олиб кетувчи трубага отилади. Бундай насосларда клапанлар бўлмайди, шунинг учун улар ифлосланган сувни чиқариб ташлаш учун ҳам муваффақиятли қўлланиши мумкин. Бундай насослар тупроқни ивитиш усули билан тўғонлар қуришда кенг қўлланилади.

3. Сепаратор. Сутдан қаймоқни ажратиб олишда сепаратор ишлатилади. Сепараторда сут солинган цилиндр жуда катта тезлик билан айлантиради (8000 *айл. мин*).

Цилиндр айланма ҳаракатга келтирилганда сут зарралари бир-бирдан ажралади: зичроқ зарралар четда (айланиш ўқидан узоқроқ), унча зич бўлмаган зарралар (қаймоқлар) эса ўртада (айланиш ўқи яқинида) жойлашади. Қаймоқ ва сутнинг ташқарига чиқиши учун ўқдаги най ва айланувчи цилиндрда махсус тешиклар қилинган.

4. Марказдан қочирма қурутгич. Тўрсимон деворли цилиндр (61-расм) тез айлантиради. Агар бундай цилиндри-нинг ичига ҳўл кийим солинса, тез айланишда кийим деворларга сиқилади ва сув кийимдан ажралиб уринма бўйлаб цилиндрдан учиб чиқади. Айни вақтда кийим ҳосил бўлаётган шамол ҳисобига қуриydi.

Асални унинг мўмидан, сувни қанд шарбатидан ва ҳоказолар ана шу йўл билан ажратилади. СССР да саноатимизда пўлат деталларни легирланган пўлатдан марказдан қочирма усул билан қуйиш кенг қўлланилади. Бундай қуйиш техникада айниқса кенг тарқалган. Марказдан қочирма усул билан қуйишда эриган металл билан тўлдирилган қолип тез айлантиради. Металл инерция бўйича қолипдаги барча эгрилик ва чуқурликларни



61-расм. Марказдан қочма қурутгич.

зич тўлдиради, шунинг учун металлда одатдаги қуйишда бўладигандек ҳаво пуфакчалари қолиб, бўшлиқлар ҳосил қилмайди. Марказдан қочирма усулда қуйиш меҳнат унумдорлигини оширади, ишлаб чиқаришда бракни камайтиради ва буюмларнинг сифатини анча яхшилади.

Кейинги йилларда трубаларни марказдан қочирма усулда ишлаб чиқариш йўлга қўйилди. Бундай усул билан қуйилган трубалар сифатининг яхшилиги билан фарқ қилади.

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Марказга интилма тезлашиш нимага тенг ва у қайси йўналишда таъсир қилади?

2. Марказга интилма куч нима?

3. Марказдан қочма куч нима?

4. Нима учун марказга интилма ва марказдан қочма кучларнинг тенг таъсир этувчиси бўлмайди?

5. Марказга интилма кучнинг катталиги нимага тенг?

6. Қавариқ кўприкнинг ўртасига таъсир қилаётган босим кучи нимага тенг?

7. Ботиқ кўприкнинг ўртасига таъсир қилувчи босим кучи нимага тенг?

8. Нима учун бурилишларда велосипедчи йўлнинг эгрилик маркази томонига гавдасини оғдиради?

9. Қандай машина ва механизмлар марказдан қочма механизмлар дейилди?

10. Марказдан қочирма усул билан қуйиш нимага асосланган?

11. Оғирлиги 20  $T$  бўлган трамвай қавариқ кўприкда 28,3  $\frac{км}{соат}$  тезлик билан ҳаракатланмоқда. Кўприкнинг эгрилик радиуси 64  $м$  га тенг. Кўприкнинг ўртасига бўлаётган босим кучини аниқланг.  $g = 10 \frac{м}{сек^2}$  деб олинг.

Жавоб:  $\approx 180 \text{ кн}$ .

12. Кўприк оғирлиги 60  $T$  бўлган танк таъсирида эгилади ва радиуси 1000  $м$  бўлган ёй ҳосил қилади. Агар танкнинг тезлиги 43,2  $\frac{км}{соат}$  бўлса, кўприкнинг ўртасига бўлаётган босим кучини аниқланг.  $g = 10 \frac{м}{сек^2}$  деб олинг.

Жавоб:  $\approx 608,64 \text{ кн}$ .

13. Нестерев вертикал сиртмоғининг юқори ва пастки нуқталарида учувчини самолёт ўриндиғига босаётган кучни аниқланг. Учувчининг оғирлиги 70  $кГ$ , сиртмоқнинг радиуси 400  $м$ , самолётнинг тезлиги эса 360  $\frac{км}{соат}$ . ( $g = 10 \frac{м}{сек^2}$  деб олинг.)

Жавоб:  $\approx 1,05 \text{ кн}$ ;  $\approx 2,45 \text{ кн}$ .

14. Самолёт вертикал текисликда 360  $м$  радиусли Нестерев сиртмоғини бажармоқда. Сиртмоқнинг юқори қисмида учувчи самолётдан ажралмаслиги (учиб кетмаслиги) учун самолёт қандай энг кичик тезлик билан учиши кераклигини аниқланг. Самолётнинг қандай энг кичик тезлигида учувчи самолётдан учиб кетмайди?

Кўрсатма. Самолётдан учувчи ажралиб кетмаслиги учун уни ўриндиққа сиқувчи куч нолдан катта ёки нолга тенг бўлиши керак, яъни  $F_n > 0$ . Сиртмоқнинг юқори нуқтаси учун  $F_m - P > 0$ , бундан  $F_m = P$  тенгликдан тезликни топамиз.

Жавоб: 60  $\frac{м}{сек}$ .

15. Бак тубининг юзи 2  $м^2$  бўлиб, унга 1  $м$  баландликда бензин тўлдирилган. Агар сиртмоқнинг радиуси 440  $м$ , самолётнинг тезлиги 792  $\frac{км}{соат}$  бўлса, самолётнинг шўнгишдан чиқиб пайтида бензин бакнинг тубига қандай босим кучи билан таъсир қилишини аниқланг. (Бензиннинг солиштира оғирлиги 0,76  $\frac{Г}{см^3}$ .)

Жавоб:  $\approx 182,4 \text{ кн}$ .

## БУТУН ОЛАМ ТОРТИШИШИ

### 53-§. Осмон жисмлари ҳаракатини ўрганиш

Осмон жисмлари ҳаракатини кузатиш қадим замонлардаёқ бошланган эди. Халқлар ҳаётидаги хўжалик тараққиёти туфайли бундай зарурият туғилган эди. Йил фаслларининг алмашинувини билиш, йилнинг давомлилигини ўлчаш учун календарь яратиш керак бўлган эди.

Жамият тараққиётининг турли босқичларида одамлар осмон жисмларини кузатиш усулларини такомиллаштириб бордилар. Кўриш трубалари, биноклар, телескоплар ва бошқа асбобларни қўллай бошладилар.

Сайёраларнинг (планеталарнинг) ҳаракатини тушунтириш учун турли-туман фаразиялар айтилди. Масалан, қадимги астрономлар Коинотнинг қўзгалмас маркази Ер бўлиб, унинг атрофидан Ой, Меркурий, Венера, Қуёш, Марс, Юпитер ва Сатурн айланади деб ҳисоблаганлар. Бу гипотеза II асрда Александрияда яшаган грек астрономи Птоломей томонидан илгари сурилган эди. Птоломей системасини ўз паноҳига олган христиан черкови бу гипотезани рад қилувчи ҳар бир кимсани таъқиб остига олар эди. Коинотга Птоломей тасаввурлари асосида қараш кўп асрлар давомида кишилар онгида ўрнашиб қолган эди.

XV асрда Шарқ билан Ғарб орасида савдонинг ривожланиши денгизда сузишга ва осмон жисмларининг ҳаракатини ўрганишга юқори талаблар қўйди, яъни астрономия фани тез тараққий қила бошлади. Сайёралар ва юлдузларнинг ўша вақтдаги мавжуд жадвалларда кўрсатилган ўрнининг ёритгичларнинг ҳақиқий вазиятидан фарқ қилиши очиқ денгизда сузиш ишларини қийинлаштирди. Шунга асосан XVI асрнинг бошларида поляк астрономи Николай Коперникнинг Коинот тузилиши ҳақидаги янги назарияси майдонга келди. Бу назариянинг моҳияти шундай. Коинотнинг марказида Қуёш туради, унинг атрофидан Ер ва бошқа сайёралар айланади. Осмон гумбазининг шарқдан ғарбга қараб суткалик кўринма айланиши кўринма ҳодиса бўлиб, Ернинг ўз ўқи атрофида ғарбдан шарққа қараб айланишидан юзага келади. Қуёшнинг юлдузлар орасидаги ҳаракати ҳам кўринма ҳаракат бўлиб, Ернинг сайёралар-

дан бири сифатида Қуёш атрофида бир йилда бир марта айланиб чиқишидан ҳосил бўлади.

Энгельс Коперник илгари сурган ғоянинг юзага келишини ўша замондаги динга қарши чиқишлар билан таққослаган ҳамда Коперникнинг асарини „табиатни тадқиқ қилиш ўз мустақиллигини эълон қилган ва табиат масалаларида черковнинг обрўсига зарба берган революцион акт“ сифатида характерлаган эди (Табиат диалектикаси, 1955, 7-бет).

XVI асрнинг охирига келиб черковнинг олам тузилиши ҳақидаги таълимотига ва бинобарин, кишилар заковоти устидан ҳукмронлигига шак келтирган Коперник таълимотига қарши черков кураши бошланди. Янги дунёқарашнинг биринчи жафокаши Италиялик олим Жордано Бруно бўлди, инквизиция уни 1600 йилда ўтда куйдирди. Италиялик улуғ олим Галилей ўзининг илмий фаолиятида янги таълимот яратди ва рад қилиб бўлмайдиган исботлар келтириб, Коперник таълимотини ҳимоя қилди.

Бунинг учун Галилей черковчилар таъқибига дучор бўлди, турмага ташланди ва у ерда кўр бўлиб қолди. Турма муддатини ўтаб чиққандан кейин инквизиция Галилейни тириклай ўтда куйдиришга ҳукм қилиб, уни омма олдида Коперник таълимотидан воз кечишга мажбур қилди. Заифлашган ва кўр бўлишига қарамай Галилей таслим бўлмади ва ўз рақибларига қарши яширин ҳолда курашни давом эттирди. Илмий билимларни яратиш, илмий дунёқараш борасида Галилей мардонавор кураш олиб борди.

Осмон жисмларининг ҳаракати ҳақидаги таълимотнинг ривожланишига келгуси кузатишлар катта аниқликлар киритди. Осмон жисмларининг ҳаракати ҳақида Дания астрономи Тихо Браге айниқса бой ва аниқ маълумотлар тўплади.

Коперник назарияси майдонга келгандан юз йил ўтгач бу маълумотлар асосида астроном Кеплер сайёраларнинг Қуёш атрофида ва сайёралар йўлдошларининг сайёралар атрофида ҳаракатланишининг кинематик қонунларини аниқлашга муваффақ бўлди.

Шундай қилиб, Қуёш системасининг марказида Қуёш бўлиб, унинг атрофидан Ер ва бошқа сайёралар айланиши аниқланди.

#### **54-§. Бутун олам тортишиш қонуни**

Ер ҳамма жисмларни тортишини биз аввал аниқлаган эдик. Бундай тортиш кучи оғирлик кучи ёки жисмнинг оғирлиги дейилади. Шу билан бирга, жисмнинг оғирлиги жисм учун аниқ катталиқ бўлмай, жисмнинг қаерда жойлашганига, яъни географик кенлик ва жисмнинг Ер сиртидан баландлигига (жисмнинг Ер марказидан узоқлигига) боғлиқ эканлигини ҳам биламиз. Инглиз олими Ньютон жисмнинг оғирлиги ҳақидаги бу дастлабки маълумотларни яна ривожлантирди.

Бир-биридан узоқ масофаларда бўлган жисмлар орасида тортишиш бўладими ёки йўқми эканлигини аниқлаш керак эди. Қуёш системасининг сайёраларини қандай кучлар тутиб туради? Кеплер қонуни сайёраларнинг ҳаракатларини ифодалар, лекин бу ҳаракатни юзага келтирган кучларни назарга олмас эди. Ньютон Кеплер қонунларига асосланган ҳолда уларни чуқур математик анализ қилиб, дастлабки олинган натижаларни умумлаштириш туфайли ҳар қандай икки жисм уларнинг ўлчамлари ва қанча узоқликда туришларига қарамай, ўзаро бир-бирига тортишади деган хулосага келди. Бунда ўзаро тортишиш кучи иккала жисмларнинг массалари ҳамда улар орасидаги масофага боғлиқ бўлади.

Жисмларнинг Ерга тушиши, Ойнинг Ер атрофидан берк орбита бўйлаб ҳаракатланиши, сайёраларнинг Қуёш атрофида ҳаракатланиши ва шунга ўхшаш бошқа ҳаракатлар бутун олам тортишиш кучлари таъсирида бўлади. Ньютон ҳисоблашлар натижасида сайёранинг Қуёш билан тортишиш кучи Қуёш ва сайёранинг массалари кўпайтмасига тўғри пропорционал, уларнинг масофалари (Қуёш маркази ва сайёра маркази орасидаги масофа) квадратига тескари пропорционал бўлишини аниқлади. Ер ва унинг табиий йўлдоши Ой орасидаги тортишиш кучи, шунингдек Ер ва Ердаги ихтиёрий жисмнинг тортишиш кучини ҳисоблаб Ньютон оғирлик кучи ҳам Ер ва ундаги ихтиёрий жисмнинг массалари кўпайтмасига тўғри пропорционал ва уларнинг масофалари квадратига тескари пропорционал бўлишини аниқлади.

Ньютон томонидан тортишиш кучлари аниқлангунча жисмларнинг Ерга тушиш сабаби номаълум эди. 1687 йилда Ньютон буюк кашфиёт қилди. У жисмларнинг тушишига Қуёш системаси жисмлари орасида, Ер ва Ердаги ихтиёрий жисмлар орасида мавжуд бўлган умумий характердаги кучлар сабаб бўлишини аниқлади. Ньютон Коинотдаги модданинг ихтиёрий зарралари орасида ҳам тортишиш кучлари бор деб хулоса қилди. Ньютон аниқлаган қонун *бутун олам тортишиш қонуни* деб аталди. У шундай ифодаланди: *табиатдаги икки жисм бир-бирига уларнинг массалари кўпайтмасига тўғри пропорционал ва улар орасидаги масофа квадратига тескари пропорционал куч билан тортилади.*

Бутун олам тортишиш қонунини математик жиҳатдан шундай ёзиш мумкин:

$$F = f \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

бу ерда  $F$  — куч,  $m_1, m_2$  — жисмларнинг массалари,  $r$  — масофа,  $f$  — пропорционаллик коэффициенти бўлиб, *гравитация доимий* катталиги ёки тортишиш доимийси дейилади.

Тортишиш доимийсининг физикавий маъносини аниқлайлик. Агар  $m_1 = m_2 = 1 \text{ г}$  ва  $r = 1 \text{ см}$  деб олинса, у ҳолда

$$F = f \frac{1 \cdot 1}{1^2}$$

формулага мувофиқ  $F = f$  ни ҳосил қиламиз. Бу тенгликдан *тортишиш доимийси сон жиҳатидан бир бирлик масофада турган икки масса бирлигининг бир-бирига тортишиш кучига тенгдир*, деган хулосага келамиз.

Масалан, СИ системасида тортишиш доимийси миқдорий жиҳатдан 1 м масофада турган ҳар бири 1 кг дан бўлган икки массанинг бир-бирига тортишиш кучига тенг бўлади, у ньютонларда ўлчанади. Жисмларнинг тортишиши *тортишиш майдони* деб аталган махсус моддий муҳит орқали амалга ошади. Тортишиш майдони модда эмас, материянинг алоҳида шаклидир.

## 55-§. Тортишиш доимийсини тажрибада аниқлаш.

### Жисмнинг оғирлиги ва бутун олам тортишиш қонуни

1798 йилда Кавендиш бутун олам тортишиш қонунини тажрибада текширди ва гравитация доимийсининг катталигини аниқлади. Кавендиш тажрибаси қуйидагича. Тортишиш доимийсини аниқлашда у *буралма тарози* принциpidан фойдаланди. Эритилган кварцдан қилинган жуда ингичка ва мустаҳкам толага учларига кичик  $m_1$  ва  $m_2$  қўрғошин шарчалар кийдирилган

енгил горизонтал стерженча осилган (62-расм). Бу шарчалар олдига массаси катта бўлган  $m_2$  қўрғошин шарларни жойлаштириб Кавендиш шарчаларнинг катта шарларга тортилишини ва бунда стерженча кварц толани бураб ўз вазиятини ўзгартиришини аниқлади. Буралиш бурчаги ва бундай буралиш учун зарур бўлган кучни ўлчаб Кавендиш кичик шарча билан катта шар орасидаги ўзаро таъсир кучини аниқлади. Шарлар марказлари орасидаги масофа ва уларнинг массаларини билган ҳолда у гравитация доимийсини мана бундай формула асосида ҳисоблашга муваффақ бўлди:

$$f = \frac{F \cdot r^2}{m_1 m_2}.$$

СГС системасида

$$f = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ дина} \cdot \text{см}^2/\text{г}^2,$$

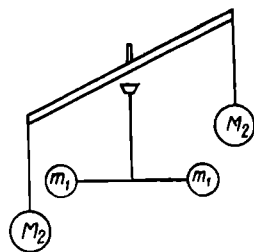
ёки тахминан

$$\frac{1}{15\,000\,000} \text{ дина} \cdot \text{см}^2/\text{г}^2.$$

Бу деган сўз ҳар бири 1 г дан бўлган икки масса бир-биридан 1 см масофада туриб  $6,67 \cdot 10^{-8}$  дина, ёки тахминан  $\frac{1}{15\,000\,000}$  дина куч билан таъсир қилар экан.

СИ системасида:

$$f = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2.$$



62-расм. Кавендиш тажрибасининг схемаси.

Массаси  $m$  бўлган бирор жисмнинг оғирлиги жисм билан Ер орасидаги тортишиш кучига боглиқ бўлади. Бутун олам тортишиш қонуни формуласидан фойдаланиб ва ундаги  $m_1$  ва  $m_2$  массаларни Ер ва жисмнинг массалари билан (мос равишда  $M$  ва  $m$ ) алмаштириб жисмнинг оғирлигини ҳамма вақт ҳисоблаб чиқариш мумкин. Бунда  $r$  учун ўзаро таъсир қилишаётган жисмларнинг марказлари орасидаги масофа қабул қилинишини ҳамма вақт назарда тутиш керак. Жисмнинг ўлчамларини назарга олмай (чунки Ернинг ўлчамлари жисмга нисбатан анча катта)  $r$  учун Ер шарининг радиусини қабул қилиш мумкин, бунда шундай ёзамиз:

$$P = f \frac{mM}{R^2}.$$

Динамиканинг II қонунидан  $P = mg$ . Оғирликни тортишиш қонунининг келтирилган формуласига қўйиб, қуйидагича ёзамиз:

$$mg = f \frac{mM}{R^2},$$

ёки

$$g = f \frac{M}{R^2}.$$

Бинобарин, ҳосил қилинган ифодадан Ер сиртининг аини жойидаги ҳамма жисмлар уларнинг массаларидан қатъи назар бирдай тезланиш билан тушиши келиб чиқади. Бу ерда албатта жисмларнинг эркин тушишини, яъни қаршилиқ кучи, хусусан ҳавонинг қаршилиги бўлмагандаги тушиши назарда тутилади.

Ер аниқ шар шаклида эмас, бир оз япалоқроқ бўлгани учун қутбларда эркин тушиш тезланиши экватордагидан каттароқ бўлади, чунки қутб радиуси экватор радиусидан кичикроқдир.

Ер сиртидан жисм узоқлаштирилганда жисмнинг маркази билан Ер маркази орасидаги масофа ортади. Тортишиш қонунига мувофиқ, тортишиш камайиши керак, шундай эканлиги тажрибада тасдиқланади. Демак, оғирлик жисмнинг Ер сиртидан баландлигига боғлиқ бўлади.

Жисмнинг оғирлиги жойнинг кенглигига боглиқ бўлишини, яъни унинг қутбдан экваторга қараб силжишида камайишини биз айтиб ўтган эдик. Бунинг асосий сабаби Ер шарининг айланашидир. Агар жисмни экваторда пружинали тарозига (динамометрга) оссак, унга Ернинг марказига (пастга) йўналган тортишиш кучи ва пружинанинг марказдан (юқорига) йўналган тортиш кучи таъсир қилади. Жисмнинг Ер билан бирга айланашида бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси бўлган марказга интилма куч ҳосил бўлади, бу тенг таъсир этувчи Ер марказига йўналган. Тенг таъсир этувчи куч ҳамма вақт катта куч томон йўналган. Демак, тортишиш кучи динамометр пружинасининг тортиш кучидан марказга интилма куч каттали-



гича катта бўлиши керак. Шунинг учун динамометр жисмга таъсир қилаётган тортишиш кучини эмас, ўз пружинасининг чўзилиш кучини кўрсатади, бу куч тортишиш кучидан марказга интилма куч катталигича кичик. Динамометрнинг шу кўрсатиши жисмнинг оғирлиги учун қабул қилинади, у тортишиш кучидан кичик.

Шундай қилиб, тортишиш кучининг бир қисми Ернинг айланиши туфайли жисмларнинг айлана бўйлаб ҳаракатини юзага келтирувчи марказга интилма куч бўлади. Масалан, экваторда жисмлар Ернинг айланиш ўқидан узоқроқ бўлади, шунинг учун марказга интилма куч катта, яъни жисмнинг оғирлиги тортишиш кучидан кам, қутбда эса аксинча. Демак, жисмнинг оғирлиги Ернинг суткалик айланиши туфайли юзага келадиган марказга интилма кучнинг катталигига боғлиқ равишда ўзгаради деб ҳулоса қила оламиз.

Фараз қилайлик, Ер сиртининг бирор жойида Ер сиртидан бирор  $h$  баландликда снарядни горизонтал отилди. Тортишиш кучининг таъсирида снаряд горизонтал йўналишдан оғади (эгри чизиқ бўйлаб ҳаракатланади) ва Ернинг бошқа жойида Ерга бориб тушади. Снаряднинг бошланғич отиш тезлиги  $v_0$  ни ошира бориб, снаряд траекториясининг эгрилигини Ер сиртининг эгрилигига мослаш мумкин; бу деган сўз снаряд бу бошланғич тезликда Ерга яқинлашмайди ҳам, ундан узоқлашмайди ҳам. Агар ҳавонинг қаршилиги ва бошқа тўсқинликларни ҳисобга олмасак, снаряд ҳаракати давомида Ер сиртидан бирдай  $h$  баландликда бўлиб, тезлигини сақлайди ва Ер шарини айланиб чиқиб, ўша нуқтага ундан қандай тезлик билан чиққан бўлса, шундай тезлик билан қайтиб келади. Сўнгра ўзининг Ер атрофидан айланишини яна янгидан бошлайди, яъни Ернинг йўлдоши бўлиб қолади.

Бунинг учун зарур бўлган бошланғич тезлик  $v_0$  ни ҳисоблаймиз. Бу ҳаракатда марказга интилма куч

$$F_m = \frac{mv^2_0}{R + h}$$

снарядга таъсир қилувчи оғирлик кучи, яъни унинг оғирлиги  $P = mg$  бўлади.  $h$  баландлик Ернинг радиуси  $R = 6371$  км га қараганда кичик, уни ташлаб юборсак оддий тенгламага эга бўламиз:

$$mg = \frac{mv^2_0}{R}; \quad v_0 = \sqrt{gR}.$$

Ҳисобласак  $v_0 = 7900$  м/сек келиб чиқади. Бинобарин, шундай бошланғич тезлик билан чиқарилган снаряд Ерга қайтмай, Ой сингари йўлдош бўлиб қолади.  $v_0 = 8$  км/сек тезлик *биринчи космик тезлик дейилади*.

Бошланғич тезликни янада орттириб, снаряднинг Ердан батамом узилишига, яъни Ернинг тортишиш кучини енгишига эришиш мумкин. Бунинг учун жисмга 12 км/сек га тенг бўлган *иккинчи космик тезлик* бериш керак.

Бу масала совет олимлари томонидан муваффақиятли ҳал қилинди.

1957 йилнинг 4 октябрида реактив ракета ёрдамида снаряд  $h = 900$  км баландликка олиб чиқилди ва у ерда Ернинг биринчи сунъий йўлдоши бўлишини таъминловчи тезлик олди.

Бир ой ўтгач, 1957 йилнинг 3 ноябрида илмий тадқиқотлар олиб бориш учун қатор асбоблар ва ичида тажриба ўтказиладиган жонивор—Лайка номли ит бўлган герметик кабинали иккинчи сунъий йўлдош учирилди.

1958 йилнинг 15 майида Ернинг учинчи совет сунъий йўлдоши учирилди. Бу сунъий йўлдош туб маъноси билан космосдаги илмий автоматик лаборатория эди. Ернинг учинчи сунъий йўлдоши Ер атрофидан 10 000 дан ортиқ айланди.

Буларнинг ҳаммаси совет фани ва техникасининг янги тарихий ютуғини тайёрлаб берди. 1959 йилнинг 2 январиди Ой томон учирилган космик ракета Қуёш системаси фазосида ҳаракатланувчи биринчи сунъий сайёра бўлиб қолди. Массаси 1511 кг бўлган иккинчи космик ракетанинг (бу ракета Ойга тушди), 1553 кг массали учинчи космик ракетанинг (Ойни орқа томонини суратга олиб, Ерга узатган) ва қатор космик кемаларнинг учирилиши атмосферанинг юқори қатламлари ва космик фазони илмий тадқиқ қилиш имконини берди.

Иккинчи космик йўлдош-кемада (1960 йилнинг 19 августиди учирилган) аппаратура билан бирга жониворлар, жумладан иккита ит ҳам бор эди. Йўлдошнинг 18-айланишида Ердан туриб йўлдош-кеманинг мўлжалланган жойга тушиши учун команда берилди. Йўлдош-кема Ерга муваффақиятли қўндирилди ва барча жониворлар эсон-омон эдилар. Шундай қилиб, ичида жониворлар бўлган кемаларни Ерга эсон-омон қўндириш имконияти амалга оширилди.

1931 йилнинг 12 апрелида совет граждани Ю. А. Гагариннинг „Восток“ номли космик кема-йўлдошда Ер атрофини айланиб, Ватанимиз территориясида муваффақиятли қўнгани космосни ўзлаштириш тарихида мисли кўрилмаган ғалаба бўлди. Табиат кучлари устидан қозонилган бу мислсиз ғалаба космик фазога инсоннинг учишларини бошлаб берди.

Ундан кейин Совет Иттифоқида тадқиқот мақсадларида космик ракеталар систематик равишда учуриб турилди. Кўп ўринли ва группа бўлиб учишга имкон берувчи „Союз“ типидидаги кемалар яратилди. Бу кемаларнинг ҳар бир парвози Ватанимиз фани ва техникасининг ҳаддан ташқари юксакликка кўтарилганининг, совет кишиларининг мислсиз жасорати ва қаҳрамонлигининг тимсоли бўлиб ҳисобланади. Айниқса кейинги йилларда Ойга учирилган автоматик станциялар, Ой тупроғининг Ерга келтирилиши, Ердан туриб Ойдаги „Луноход“ ни бошқаришни амалга ошириш, Венера, Марс томон автоматик станцияларнинг учирилиши ва уларнинг одамбовар қилмайдиган аниқликда мўлжалланган программани муваффақият-

ли бажариши, Совет Иттифоқининг бу соҳада энг илғор мамлакатлардан бири бўлиб қолишига, космик фазони инсоннинг тинч мақсадларида фойдаланиш ва сайёралараро парвозларни амалга ошириш соҳаларида улкан муваффақиятларни қўлга киритганлигининг ёрқин далилидир.

### **Ўз-ўзини текшириш учун саволлар**

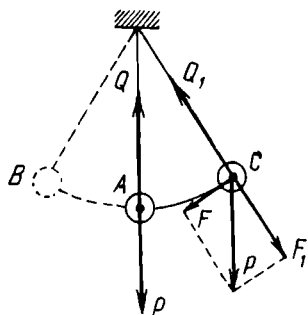
1. Бутун олам тортишиш қонунининг моҳияти нима?
  2. Тортишиш доимийсининг физик маъноси нима?
  3. Тортишиш доимийсини ким ва қандай қилиб аниқлаган?
  4. СГС системасида тортишиш доимийсининг сон қиймати ва номи қандай?
  5. Оғирлик кучининг тезланиши тушаётган жисмнинг массасига боғлиқ эмаслигини исботланг.
  6. Жисмнинг оғирлиги ва жисми Ерга тортишиш кучи орасида Ернинг суткалик айланишини ҳисобга олганда қандай фарқ бор?
  7. Нима учун оғирлик кучининг тезланиши Ер сиртининг турли нуқталарида бирдай эмас?
-

## ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР

## 56-§. Тебранма ҳаракат. Тебранишларнинг пайдо бўлиш шартлари

Тебранма ҳаракат табиатда ва техникада кўп учрайди. Соатдаги маятникнинг, ички ёнув двигатели цилиндридаги поршеннинг тебраниши, кўприкларнинг вибрацияси, музыка асбобларида торларнинг титраши—буларнинг ҳаммаси тебранишларга мисолдир.

Агар маятникни мувозанат ҳолатидан чиқариб, сўнг ўз-ўзига қўйиб юборилса, у тебранади (63-расм). Бироқ дастлаб маятникни мувозанат вазиятидан огдириш учун унга ташқи куч қўйиш керак, бу куч оғирлик кучига қарши иш бажаради ва бу иш ҳисобига маятник потенциал энергия запаси олади. Потенциал энергияга эга бўлган маятник оғирлик кучининг  $F$  ташкил этувчиси таъсирида ўзининг мувозанат вазиятига интилади, бироқ унинг тезлиги бўлгани учун инерциясига кўра мувозанат вазиятидан ўтиб кетади ва бу вазиятдан қарама-қарши томонга оғади. Чекка вазиятгача бориб, маятник яна мувозанат вазиятига қайтади ва ҳоказо.



63-расм. Маятникни  $A$  мувозанат ҳолатига қайтарувчи  $F$  куч.

Худди шунингдек, пўлат пластинканинг пастки учини маҳкамлаб қўйиб, унинг юқори учини мувозанат вазиятидан чиқарилса ва ўз-ўзига қўйиб юборилса, пластинка тебранади. Пластинканинг тебраниши тебранаётган жисмнинг деформациясида юзага келадиган эластик куч ҳисобига бўлади.

*Тебранма ҳаракат деб шундай ҳаракатга айтиладики, бунда жисм тўғри чизиқ ёки ёй бўйлаб ҳаракатланиб, ўзининг ҳаракат бошлангунча мувозанат сақлаб турган бошланғич вазиятидан гоҳ у ёққа, гоҳ бу ёққа оғади.*

Жисмнинг тебранишлари юзага келиши ва давом этиши учун ташқи куч таъсирида жисмга ташқаридан энергия запаси бериш керак. Бу тебранма ҳаракатнинг зарурий шартларидан биридир.

Энди жисмлар тебранишида нималар бўлишини аниқлайлик. Маятникнинг тебранишини батафсилроқ кўриб чиқамиз. Маятник мувозанат вазиятида  $A$  нуқтада турганида (63-расм), унинг  $P$  оғирлик кучи  $Q$  таянч реакцияси билан мувозанатлашади ва бу кучларнинг тенг таъсир этувчиси нолга тенг бўлади.

Агар маятникни мувозанат вазиятидан  $C$  нуқтага оғдирилса, у ҳолда  $P$  оғирлик кучи таянч реакцияси билан мувозанатлашмайди. Агар маятник оғирлигини унинг иккита ташкил этувчисига ажратилса, бунга осон ишониш мумкин.  $F_1$  куч ипни таранглайди ва  $Q_1$  таянч реакцияси билан мувозанатлашади.  $F$  куч маятникни мувозанат вазияти томонга ҳаракатлантирувчи куч бўлади. Бу  $F$  кучни *қайтарувчи куч* дейлади.

Маятникнинг мувозанат вазиятига яқинлашган сари қайтарувчи куч камаяди. Айни вақтда маятникнинг потенциал энергияси запаси ҳам камаяди, чунки маятник массасининг кўтарилиш баландлиги камаяди, бироқ бунда кинетик энергия запаси ортади, яъни потенциал энергиянинг кинетик энергияга айланиши рўй беради.

Маятник мувозанат вазиятидан ўтишида қайтарувчи куч нолга тенг бўлади, чунки маятникнинг оғирлиги таянч реакцияси билан бир тўғри чизиқ бўйлаб йўналган бўлади ва бир-бири мувозанатлайди. Кинетик энергияси ҳисобига маятник ўз ҳаракатини мувозанат вазиятидан иккинчи томонда бўлган  $B$  чекка вазиятгача давом эттиради. Бунда қайтарувчи куч ўз йўналишини қарама-қарши томонга ўзгартиради ва маятник мувозанат вазиятидан узоқлашган сари катталашиб бориб, унинг энг чекка вазиятида катта қийматга эришади. Кинетик энергия запаси камайиб боради ва иккинчи чекка вазиятда нолга тенг бўлади, потенциал энергия запаси эса ўзининг энг катта қийматига эришади. Сўнгра ҳаммаси қайтадан такрорланади, бунда мувозанат вазиятига қараб ҳаракат тезланувчан (Ньютоннинг II қонунига асосан), мувозанат вазиятида эса ҳаракат секинланувчан бўлади. Агар қаршилиқ кучлари бўлмаганда эди, маятникнинг тебранишлари чексиз узоқ вақт давом этган бўлар эди.

Пастки учи маҳкамланган пўлат пластинканинг юқори учининг тебраниш ҳаракатларини кўриб, у ҳам эластик деформация туфайли юзага келадиган қайтарувчи куч таъсирида тебранишини кўрамиз. Пластинка мувозанат вазиятига яқинлашгани сари бу куч камаяди ва мувозанат вазиятидан ўтишда нолга айланади. Бу ҳаракатда ҳам потенциал энергиянинг кинетик энергияга айланиши рўй беради ва, аксинча.

Бу мисоллар асосида тебранишлар юзага келишининг иккинчи шартини аниқлаш мумкин. *Тебранишларнинг юзага келиши ва давом этиши учун ҳамма вақт мувозанат вазияти томонга йўналган ва жисм мувозанат вазиятидан ўтганда йўналишини қарама-қаршига ўзгартирадиган, жисмнинг чекка*

вазиятларида энг катта қийматга эришадиган *қайтарувчи куч юзага келиши шарт*.

Шуни ҳам айтиб ўтиш керакки, қайтарувчи куч бўлган ҳамма ҳолларда ҳам тебранишлар юзага келавермайди, масалан, қаршилиқ кучлари катта бўлса тебранишлар юзага келмайди.

Масалан, ёпишқоқ суюқликда (глицерин, суюқ елим) мувозанат ҳолатидан огдирилган ва ўз ҳолига қўйилган маятник мувозанат вазиятига секин қайтади ва тўхтаб қолади. Бундан тебранишлар юзага келишининг учинчи шартини аниқлаш мумкин. Тебранишларнинг юзага келиши ва давом этиши учун *қаршилиқ кучлари қайтарувчи кучнинг энг катта қийматига нисбатан кичик бўлиши керак*, бунда ҳар бир тебранишдаги энергия исрофи жисм энергиясининг дастлабки запасидан кам бўлади.

## 57- §. Тебраниш амплитудаси, даври, частотаси ва фазаси

Турли жисмларнинг тебранишларини ўрганиб уларнинг тебранма ҳаракатни характерловчи қулочи, даври ва бошқа катталиклар билан фарқ қилишини пайқаш осон.

Масалан, маятникнинг тебранишида унинг мувозанат вазиятидан энг катта огишлари *B* ва *C* нуқталарда бўлади (63-расм).

Тебранаётган нуқтанинг унинг мувозанат вазиятидан ўтган энг катта масофаси *тебраниш амплитудаси* дейилади. Тебранаётган нуқтанинг чекка вазиятлари орасидаги *CB* масофа тебраниш қулочи дейилади. Расмдан қулочда икки амплитуда бўлиши кўриниб турибди. Маятник битта қулоч ўтганда у битта оддий тебранган бўлади. Икки қулоч битта тўла тебранишга мос келади. Тўла тебранишнинг давомлилигини характерлаш учун тебраниш даври тушунчаси кирнтилади. Нуқтанинг бир марта тўла тебраниш вақти *тебраниш даври* дейилади (*T* ҳарфи билан белгиланади).

Тебранма ҳаракатнинг иккинчи муҳим характеристикаси *f* частотадир. Вақт бирлиги давомида тўла тебранишлар сони *тебраниш частотаси (f)* дейилади.

Давр ва частота бир-бири билан қуйидагича боғланган:

$$T = \frac{1}{f}; f = \frac{1}{T}.$$

СИ системасида частота бирлиги

$$f = \frac{1}{T}; f = \frac{1}{\text{сек}} = 1 \text{ сек}^{-1} = 1 \text{ гц (герц)}.$$

Бир секундда битта тўла тебраниш бажариладиган частота *герц* дейилади.

Агар пружинага *m* массали шарчани осиб (64-расм), уни *O* мувозанат ҳолатдан пастга тортсак ва қўйиб юборсак, шар-

ча тебранма ҳаракатга келади. Тебранишлар қанча кўп вақт давом этса, тебранувчи нуқта ҳам мувозанат ҳолатдан чекка вазиятгача ҳаракат йўналишини ўзгартириб шунча кўп марта бориб келади. Тебранаётган нуқтанинг турган вазиятини аниқлаш учун *x* *силжиш* тушунчаси киритилади.

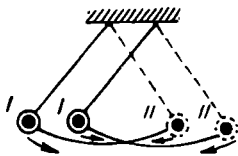
Нуқтанинг мувозанат вазиятидан вақтнинг айна пайтида нуқта турган вазиятгача бўлган масофани кўрсатувчи катталиқ *силжиш* дейилади.

Тебранувчи нуқта мувозанат ҳолатидан бир хил силжишни ўтиб гоҳ мувозанат вазиятидан бир томонга, гоҳ иккинчи томонга ҳаракатланиши мумкин. Шунинг учун яна бир катталиқ—вақтнинг айна пайтида ҳаракат йўналишини аниқловчи тебранишлар *фазаси* тушунчасини киритиш керак бўлади.

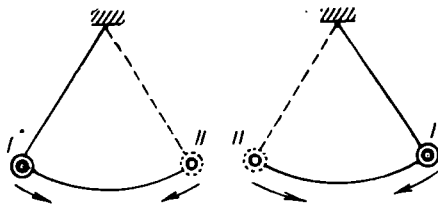
*Тебраниш фазаси* деб даврнинг тебраниш бошлангандан ўтган улушлари билан ўлчанадиган катталиқка айтилади.

Тебраниш процесси ҳар бир давр давомида такрорлангани учун фазани аниқлашда тўла даврлар сонини ташлаб юбориш ва даврнинг охириги тебранишга тегишли қисминигина қолдириш мумкин.

Агар тебраниш даврлари баравар бўлган иккита маятник олсак ва уларни ихтиёрий вақтда мувозанат вазиятига нисбатан бирдай вазият оладиган ва тезликлари бир хил йўналган қилиб ҳаракатга келтирсак, у ҳолда маятниклар бир хил фазада деб гапирилади (65-расм).



65-расм. Маятникларнинг бир хил фазада тебраниши.



66-расм. Маятникларнинг қарама-қарши фазаларда тебраниши.

Агар маятникларнинг ҳаракати ҳамма вақт бир-бирига қарама-қарши бўлса, маятниклар қарама-қарши фазаларда деб гапирилади (66-расм).

## 58-§. Гармоник тебраниш ҳақида тушунча

Пўлат пластинканинг пастки учини маҳкамлаймиз ва кичик шарча кийдирилган юқори учини мувозанат вазиятидан оғдириб, қўйиб юборамиз. Пластинка тебранма ҳаракатга келади (67-расм).



64-расм. Пружинага осилган шарчанинг тебранишлари.

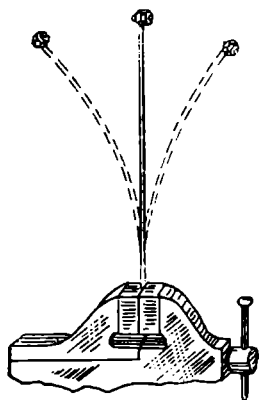
Пластинкани мувозанат вазиятдан оғдириш учун куч билан таъсир қилиш зарур. Пластинканинг юқори учини мувозанат вазиятидан қанчалик кўп силжитамиз десак, бунинг учун шунчалик катта куч керак бўлади. Бу ҳолда қайтарувчи куч ҳам катта бўлади.

Агар қайтарувчи  $F$  куч билан  $x$  силжиш орасида тўғри пропорционаллик мавжуд бўлса, уни шундай ифодалаш мумкин:

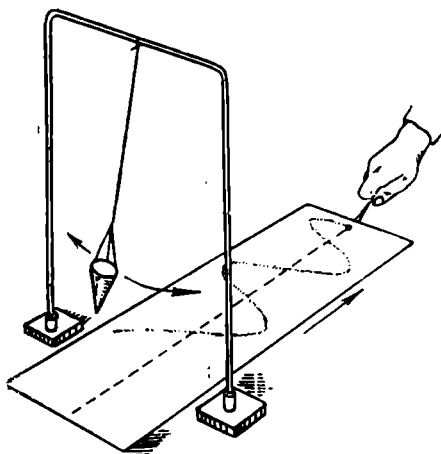
$$F = -kx,$$

бу ерда  $k$  шу эластик жисм учун доимий коэффициент бўлиб, нуқтани узунлик бирлигига силжитувчи кучга сон жиҳатидан тенг бўлади.

$kx$  олдидаги минус ишора қайтарувчи кучнинг силжишга қарама-қарши томонга йўналганлигини билдиради. *Тебраниётган нуқтанинг силжишига тўғри пропорционал бўлган қайтарувчи куч таъсирида бўладиган тебранишлар гармо-*



67-расм. Шарчали пўлат полосканинг эластик тебранишлари.



68-расм. Маятник тебранишларини ёзиб олиш учун қурилма.

*ник тебранишлар дейлади.* Маятникнинг тебраниши, пружи-нага осилган юкнинг тебраниши, пўлат пластинканинг тебраниши гармоник тебранишларга мисол бўлади.

Тебранма ҳаракатни график равишда ифодалаш мумкин.

Баъзида графикни силжишларни ҳисоблаб нуқталар топиш йўли билан яшадан кўра тажриба йўли билан чизиш осонроқ бўлади. Бунинг учун тешиги жуда тор бўлган воронка олиб, уни маятник сингари ссиш керак (68-расм). Воронкага қуруқ қум тўлдирамиз ва уни тебрантириб юборамиз. Воронканинг остидан тахтачани унинг тебранишларига перпендикуляр йўналишда текис тортамиз. Бунда тўкилаётган қум *синусоида* деб аталувчи эгри чизиқни чизади.



Агар тебранма ҳаракатнинг графиги синусоида бўлса, у ҳолда тебраниш гармоник тебраниш бўлади. Тебранишларни анализ қилишда бу аломатдан фойдаланиш жуда қулай.

Бошқача ҳам қилиш мумкин. Маятник юкининг учига юмшоқ учлик ўрнатамиз ва унинг остидан қора қурум суртилган шиша пластинкани текис тўғри чизиқли ҳаракатлантирамиз. Агар маятник пластинка ҳаракатига перпендикуляр тебранса, у ҳолда учлик пластинкада синусоида деб аталган тўлқинсимон чизиқ чизади.

## 59-§. Математик маятникнинг тебраниш қонунлари

Оғирлиги бўлмаган ва чўзилмайдиган ипга осилган моддий нуқта *математик маятник* дейилади. Агар кичкина металл шарча олиб уни жуда ингичка ипга боғлаб қўйсак, уни ҳам математик маятник дейишимиз мумкин. Математик маятник қонунлари Галилей, Ньютон, Бессель ва бошқа олимлар томонидан ўрганилди. Қўплаб тажрибалар асосида қуйидаги қонунлар аниқланди.

1. *Математик маятникнинг тебраниш даври маятникнинг массасига боғлиқ эмас.* Агар барабар узунликдаги ипларга ёғоч, темир, пластмассадан қилинган шарчаларни оссак, уларнинг тебраниш давлари—шарчаларнинг массалари турлича бўлишига қарамасдан, бирдай бўлади.

2. *Агар қулоч бурчаги  $5^\circ$  дан ортиқ бўлмаса, математик маятникнинг тебранишлар даври амплитудага боғлиқ бўлмайди.* Агар иккита бир хил маятникни турли, бироқ  $2^\circ 30'$  дан ортиқ бўлмаган бурчакка огдирилса, у ҳолда тебранишлар даври барабар бўлади. Бу ҳодиса изохронлик (тенг вақтlilik) деб аталади. Уни Галилей кашф қилган.

3. *Математик маятникнинг тебраниш даври маятник узунлигининг квадрат илдизига тўғри пропорционал ва эркин тушиш тезланишининг квадрат илдизига тескари пропорционалдир.*

Агар маятникнинг узунлигини 4 марта катта қилиб олинса, унинг даври фақат 2 марта катта бўлади.

Ҳисоблашлар асосида маятникнинг тўла тебраниш даврini аниқлаш учун шундай формула топилган:

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

бу ерда  $l$  — маятникнинг узунлиги,  $g$  — эркин тушиш тезланиши.

**63- масала.**  $g=9,8$  м/сек<sup>2</sup> га тенг бўлган жойлар учун оддий тебраниш даври 1 сек га тенг бўлган маятникнинг узунлигини аниқлаш.

Берилган (СИ системасида):

$$g = 9,8 \text{ м/сек}^2;$$

$$l = 1 \text{ сек.}$$

---


$$l - ?$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз

$$l = \frac{9,8 \text{ м/сек}^2 \cdot (1 \text{ сек})^2}{(3,14)^2} = 0,994 \text{ м.}$$

**64-масала.** Икки маятник бир вақтда тебрана бошлади. Биринчи маятник 40 марта тебранган вақт давомида иккинчи маятник 30 марта тебраниди. Бу маятникларнинг узунликлари нисбатини аниқланг.

Берилган

$$n_1 = 40 \text{ тебраниш};$$

$$n_2 = 30 \text{ тебраниш.}$$

---


$$\frac{l_1}{l_2} - ?$$

бундан

$$l_1 n_1^2 = l_2 n_2^2 \text{ ёки } \frac{l_1}{l_2} = \frac{n_2^2}{n_1^2}.$$

4. Сон қийматларини қўйиб, нисбатни аниқлаймиз:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{(30)^2}{(40)^2}; \quad \frac{l_1}{l_2} = \frac{9}{16}.$$

**65-масала.** Айти бир жойдаги икки маятникдан биттаси маълум вақт ичида 10 марта тебранади, иккинчиси эса шу вақтнинг ўзида 6 марта тебранади, уларнинг узунликлари 10 см га фарқ қилади. Ҳар бир маятникнинг узунлигини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$n_1 = 10 \text{ тебраниш};$$

$$n_2 = 6 \text{ тебраниш};$$

$$l_2 - l_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м.}$$

---


$$\frac{l_1}{l_2} - ?$$

$$l_2 - ?$$

Ечилиши

1. Содда тебраниш даври формуласи

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad T^2 = \frac{\pi^2 l}{g};$$

бундан

$$l = \frac{g T^2}{\pi^2}.$$

Ечилиши

1. Биринчи маятникнинг барча тебранишлари вақти

$$t = T_1 n_1$$

бўлади, бунда  $T_1$  биринчи маятникнинг тебраниш даври.

2. Иккинчи маятникнинг барча тебранишлар вақти

$$t = T_2 n_2,$$

бу ерда  $T_2$  — иккинчи маятникнинг тебраниш даври.

3. Тебранишлар вақти баравар бўлгани учун  $T_1 n_1 = T_2 n_2$  ёки

$$n_1 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}} = n_2 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}},$$

Ечилиши

1. Биринчи маятникнинг барча тебранишлар вақти

$$t = T_1 n_1.$$

2. Иккинчи маятникнинг барча тебранишлар вақти

$$t = T_2 n_2$$

3. Маятникларнинг тебранишлар вақти бир хил бўлгани учун  $T_1 n_1 = T_2 n_2$  бўлади ёки

$$n_1 \cdot 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}} = n_2 \cdot 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}},$$

бу ифодаларни квадратга кўтариб,  $n_1^2 l_1 = n_2^2 l_2$  ифодани ҳосил қиламиз, бундан

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{n_2^2}{n_1^2}.$$

4. Қуйидаги тенгламалар системасини ечамиз:

$$\begin{cases} l_2 - l_1 = 0,1, \\ \frac{l_1}{l_2} = \frac{n_2^2}{n_1^2} \end{cases}$$

ва қуйидагиларни оламиз:

$$\frac{l_1}{0,1 + l_1} = \frac{n_2^2}{n_1^2}; \quad l_1 n_1^2 = (0,1 + l_1) n_2^2;$$

$$l_1 n_1^2 = 0,1 n_2^2 + l_2 n_2^2; \quad l_1 (n_1^2 - n_2^2) = 0,1 n_2^2; \quad l_1 = \frac{0,1 n_2^2}{n_1^2 - n_2^2}.$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$l_1 = \frac{0,1 \cdot m \cdot 36}{100 - 36} = \frac{3,6m}{64} \approx 0,056 \text{ м}; \quad l_2 = 0,156 \text{ м}.$$

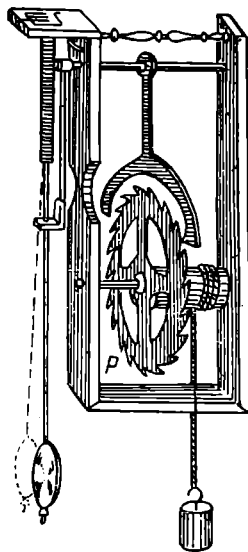
## 60-§. Физик маятник ва унинг қўлланилиши

Ўлчамлари унинг огирлик марказидан осиш нуқтасигача бўлган масофага таққосласа бўладиган ҳар қандай тебранувчи жисм *физик маятник* деб аталади. Бунга мисол қилиб девор сатларининг маятниклари, арғимчоқлар ва шунга ўхшашларни келтириш мумкин.

Ҳар бир физик маятник учун тебраниш даври тенг бўлган математик маятник танлаш мумкин. Тебраниш даври физик маятникнинг тебраниш даври билан баравар бўлган математик маятникнинг узунлиги *физик маятникнинг келтирилган узунлиги* дейлади.

Физик маятникнинг тебраниш даври математик маятникнинг тебраниш даври формуласидан аниқлаш мумкин, бунинг учун математик маятникнинг узунлиги ўрнига физик маятникнинг келтирилган узунлигини қўйиш kifоя. Маятникнинг узунлигини шундай танлаш мумкинки, у ҳар 1 *сек* да битта оддий тебранади. Бундай маятник *секундли* маятник дейлади. Москва учун секундли маятникнинг келтирилган узунлиги 99,56 *см* га тенг.

Голланд физиги Гюйгенс биринчи бўлиб маятникни соатларда 1658 йилда қўллади. Ана шу кашфиётга Галилейнинг



69-расм. Девор соати механизмининг бир қисми.

маятник тебраниш даврининг амплитудага боғлиқ бўлмаслиги (амплитуда етарлича кичик бўлганда) ҳақидаги қондаси асос бўлди. Маятникнинг асосий вазифаси соатларнинг юришини сошлашдир. Маятник тебранишларининг изохронлиги қондасига мувофиқ маятникнинг ҳаракати тенг вақт ораликларида соатнинг стрелкаларига узатилади. Соатнинг стрелкасини ҳаракатга келтирувчи ўқлар кўтариб қўйилган тош ёки буралган пружина билан ҳаракатлантирилади. Бундай сошлаш мосламаси *P* храповик дейилади. Унинг тузилиши 69-расмда кўрсатилган.

Стрелкани ҳаракатлантирувчи ўқларни кўтариб қўйилган тош ёки буралган пружина ҳаракатлантиради. Биз кўрган

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

формуладан оғирлик кучининг тезланишини ҳисоблаш мумкин:

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}.$$

Физик маятникнинг келтирилган узунлигини билган ҳолда *T* даврни ҳисоблаб, ихтиёрий жой учун оғирлик кучининг тезланишини топиш мумкин. Оғирлик кучи тезланишини аниқлашда унинг қиймати кўмир, руда ва бошқа ер ости бойликлари бўлган жойларда оғирлик кучи тезланишининг худди шу кенгликдаги бошқа қийматларидан фарқ қилиши аниқланди. Бу ниҳоятда муҳим хосса туфайли маятникдан кўмир, руда ва бошқа тоғ жинсларининг конларини қидиришда фойдаланиладиган бўлди.

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Қандай ҳаракат тебранма ҳаракат дейилади? Мисоллар келтиринг.
2. Тебранишларнинг ҳосил бўлиши ва давом этиши учун қандай асосий учта шарт бўлиши зарур? Буни қандай мисолларда кўрсатиш мумкин?
3. Қайтарувчи куч нима ва қандай йўналишга эга бўлади?
4. Қандай нуқта орқали ўтганда қайтарувчи куч ўз йўналишини қарама-қаршисига ўзгартиради?
5. Тебраниш даври ва частотаси деб нимага айтилади?
6. Тебраниш даври ва частотаси бир-бири билан қандай боғланган?
7. Тебраниш амплитудаси ва фазаси деб нимага айтилади?
8. Қандай тебранишлар гармоник тебранишлар дейилади?
9. Математик маятник деб нимага айтилади?
10. Математик маятникнинг тебраниш қонунларини айтиб беринг.
11. Физик маятник деб нимага айтилади?
12. Физик маятникнинг келтирилган узунлиги деб нимага айтилади?
13. Физик маятник қаерларда ишлатилади ва унинг ишлатилиши қандай хоссаларга асосланган?
14. Агар пружинанинг тебраниш частотаси 5 гц бўлса, унинг тебраниш даври қанчага тенг?

Ж а в о б и: 0,2 сек.

15. Кўприкнинг тебраниш даври 0,5 сек га тенг. Тебраниш частотаси қандай?

Ж а в о б и: 2 гц.

16. Агар девор соати орқада қолаётган бўлса, унинг маятникни нима қилиш керак?

17. Соат маятникнинг оддий тебранишлари даври Ернинг  $g = 979 \text{ см/сек}^2$  бўлган жойида 1 *сек* га тенг. Агар соатни Ернинг  $g = 981 \text{ см/сек}^2$  бўлган жойига олиб борилса, у олдин кетадими ёки орқада қоладими?

Нимага шундай бўлишини тушунтиринг.

18. Ленинград учун оддий тебраниш даври 1 *сек* бўлган маятникнинг узунлигини ҳисобланг.  $g = 981,93 \text{ см/сек}^2$ .

Ж а в о б и: 0,995 *м*.

19. Ленинграддаги динга қарши кураш музейида ўрнатилган маятникнинг узунлиги 98 *м*. Агар  $g = 981,93 \text{ см/сек}^2$  бўлса, маятникнинг тўла тебраниш даврини аниқланг.

Ж а в о б и: 20 *сек*.

20. Бир маятник 200 марта тебрани, бошқаси шу вақт ичида 500 марта тебрани. Маятниклар узунликларининг нисбатини аниқланг.

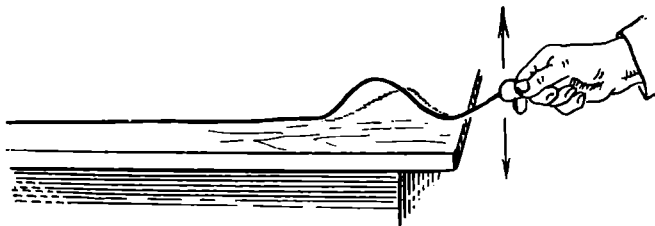
Ж а в о б и: 25 : 4.

21. Узунлиги 2 *м* бўлган маятник 7 *мин* 30 *сек* давомида 317 марта оддий тебранади. Ернинг шу жойида эркин тушиш тезланишини аниқланг.

Ж а в о б и: 9,78 *м/сек}^2*.

## 61-§. Тебранишларнинг эластик муҳитда тарқалиши. Бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар

Бир учи маҳкамланган иккинчи учидан ҳаракатлантириладиган (пастга ва юқорига) резинка най ёки арқон билан тажрибалар ўтказиб, бир жойда ҳосил қилинган тебранишларнинг тегишли частотада бутун жисм бўйлаб тарқалишини сезиш осон. Бунда дўнгликлар ва чуқурликлар ҳосил бўлиб, бутун жисм бўйлаб тарқалади (70-расм). Тебрана ҳаракатнинг бутун жисм бўйлаб тарқалиши *тўлқин ҳаракат* дейилади.

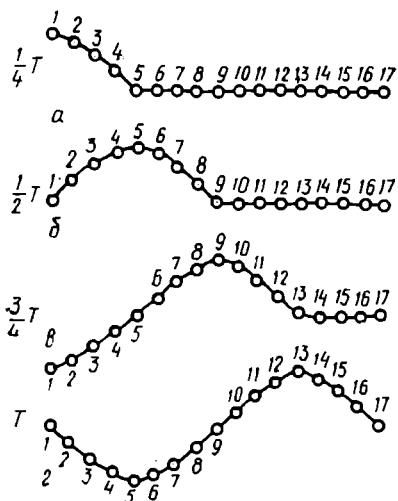


70-расм. Тўлқиннинг ҳосил бўлиши.

Тўлқинларнинг тарқалиши бир тебранаётган нуқтадан энергиянинг иккинчи тебранаётган нуқтага узатилишига боғлиқдир. Масалан, сувнинг текис сиртига тош ташланганда тўлқин ҳосил бўлади, сув тош зарбидан гоҳ кўтарилиб, гоҳ пастга тушади, яъни дастлаб сувнинг яқин соҳаси, кейин эса узоқ соҳалари тебрана бошлайди. Тўлқин билан бирга тебранаётган жисмнинг энергияси атраф муҳитга берилади. Тўлқин процессларнинг доимий давом этиши учун ўз энергиясини муҳит нуқталарига бериб турувчи тебранишлар манбаи бўлиши керак.

Арқонда ёки сувда ҳосил қилинган тўлқин ҳаракатда дўнгликлар ва чуқурликлар ҳосил бўлади. Бундай тўлқинлар кўндаланг тўлқинлар дейилади. *Модда зарралари тўлқиннинг тарқалишига перпендикуляр тебранадиған тўлқинлар кўндаланг тўлқинлар дейилади.*

Эластик муҳитда кўндаланг тўлқиннинг пайдо бўлишини равшан тасаввур қилиш учун горизонтал резинка нўйда бир-бирдан барабар масофаларда 17 та заррани белгилайлик. Биринчи заррага вертикал юқорига йўналған оний куч таъсир қилғанда (71-а расм) зарра мувозанат вазиятидан чиқади ва юқорига ҳаракатлана бошлайди, бунда у 2 заррани ўз ортидан, 2 зарра эса ўз навбатида 3 заррани ўз ортидан эргаштириб кетади ва ҳоказо. Бунда зарралар молекулалари орасидаги тугиниш кучи ҳисобига эластиклик кучи пайдо бўлади ва



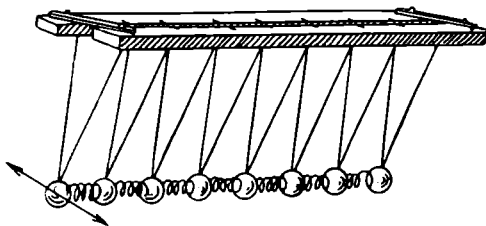
71-расм Шнурда кўндаланг тўлқиннинг ҳосил бўлиши.

бу куч таъсирида 1 зарра ўз тезлигини камайтиради ҳамда тез орада юқори вазиятни эгаллаган ҳолда тўхтайти. Зарра тебраниш даврининг  $1/4$  қисмини ўтғанда шундай бўлади. Бу зарраниннг тўхташ пайтида яна 3 та қўшни зарралар ҳаракатга келишга ва дастлабки вазиятидан турли масофалардаги вазиятларга силжишга улгурди дейлик. Бунда биз зарраларнинг 71-а расмда кўрсатилған ёйсимон ҳаракатини кўраимиз.

Даврнинг келгуси чорагидан кейин 1 зарра эластиклик кучлари таъсирида ўзининг бошланғич вазиятига қайтади. Бу пайтда 5 зарра энг юқори вазиятга эришади, 9 ва ундан кейинги зарралар эса ҳаракатсиз қолади.

Биринчи 8 та зарраниннг жойлашиши 71-б расмда кўрсатилған. Бироқ, 1 зарра ўзининг дастлабки вазиятида (мувозанат вазиятида) қолмайди, балки тўпланған кинетик энергияни сарфлаб ўз ҳаракатини  $1/4$  давр пастга давом эттиради. Бунда у юқорига мувозанат вазиятидан қанча оғған бўлса, пастга ҳам шунча оғади. Бу вақт ичида 5 зарра ўзининг бошланғич вазиятига қайтади, 9 зарра эса чекка юқори вазиятга эришади. 13 зарра ва ундан сўнги зарралар тинч ҳолатда қолади.  $3/4$  даврдан кейин зарраларнинг жойлашиши 71-в расмда кўрсатилған. Биринчи даврнинг охирида 1 зарра бошланғич вазиятига қайтади, бошқа зарралар эса 71-г расмда кўрсатилған вазиятни эгаллайди. Сўнгра келгуси зарралар ҳаракатга

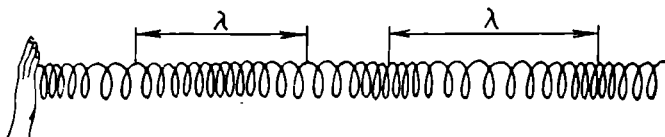
келади ва ҳоказо, дастлаб тебрана бошлаган зарралар ўзининг тебранма ҳаракатини тобора камайиб борувчи амплитудалар билан давом эттиради, яъни уларнинг тебранишлари аста-секин сўнади. 71-расмда жисм зарраларининг кўндаланг тўлқинларда жойлашиши кўрсатилган. Бироқ зарралар жойлашган чизик



72-расм. Кўндаланг тўлқинларни намоиш қиладиган асбоб.

айни бир нуқтанинг бир давр давомида силжиш (оғиш) графиги ҳам бўлиб хизмат қилади. Кўндаланг тўлқинларни 72-расмда кўрсатилган модель ёрдамида намоиш қилиш мумкин.

Кўндаланг тўлқинлардан ташқари бошқа кўринишдаги тўлқинлар ҳам мавжуд. Бунинг кўрсатиши учун горизонтал осилган узун пружинани оламиз ва унинг бир учидан ўқи бўйлаб туртамыз. Туртиш натижасида пружина ўрамлари зичлашади, сўнгра зичлашиш сийраклашиш билан алмашади. Зичлашиш



73-расм. Узун пружина бўйлаб бўйлама тўлқинларнинг тарқалиши.

ва сийраклашишлар пружина бўйлаб тарқалади, яъни тўлқин ҳосил бўлади (73-расм). Пружина ўрамлари мувозанат вазияти яқинида ўнгга ва чапга тебранади.

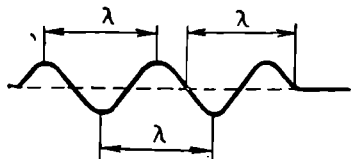
*Зарраларнинг тебраниши тўлқинларнинг тарқалиш чизиклари бўйлаб содир бўладиган тўлқинлар бўйлама тўлқинлар дейилади.*

Бўйлама тўлқинларда қўшни зарралар уларнинг марказларини бирлаштирувчи тўғри чизик бўйлаб силжийди. Бундай силжиш натижасида жисмнинг ҳажми ўзгаради, яъни жисм деформацияланади, бунинг натижасида эластик кучлар ҳосил бўлади. Бўйлама тўлқинлар стерженда ҳам ҳосил бўлади, бунинг учун унга узунлиги бўйлаб оний куч билан таъсир қилиш керак, масалан, уриш керак. Бунда зарралар кичик амплитудалар билан тебрангани учун тўлқинлар кўринмайди.

Шу нарсани айтиб ўтиш керакки, кўндаланг тўлқинлар фақат қаттиқ жисмларда ва суюқлик сиртида бўлиши мумкин, бўйлама тўлқинлар эса барча эластик муҳитларда бўлиши мумкин.

## 62- §. Тўлқин узунлиги. Тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги. Тўлқин узунлиги, тезлик ва давр (ёки частота) орасидаги боғланиш

Мувозанат вазиятига нисбатан бирдай вазиятни эгаллаган ва тезлик йўналишлари бирдай бўлган ҳолда тебранаётган нуқталар бир фазодаги нуқталар деб гапирилади.



74-расм. Тўлқин узунлиги тушунчасига доир.

Ҳаракатланувчи тўлқиннинг бирдай фазода бўлган энг яқин икки зарралари орасидаги масофа (73 ва 74-расмлар) *тўлқин узунлиги дейилади* ва  $\lambda$  ҳарфи (грекча „ламбда“ ҳарфи) билан белгиланади.

Берилган эластик муҳитда тебранишлар доимий тезликда тарқалади, шунинг учун тезликнинг шундай таърифини бериш мумкин: тўлқин ўтган йўлнинг унинг шу йўлни ўтган вақтига нисбати билан ўлчанадиган катталиқ *тўлқин ҳаракатнинг тарқалиш тезлиги дейилади*.

Агар даврга тенг  $T$  вақт ва тўлқин узунлигига тенг  $\lambda$  йўл олинса,

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

бўлади.  $T = \frac{1}{f}$  эканини билган ҳолда шундай ёзиш мумкин

$$v = \lambda f.$$

Бу формулаларга кирувчи катталикларнинг икkitаси маълум бўлса, қолган учинчисини топиш мумкин.

Турли тажрибалар ва назарий тадқиқотлар натижасида олимлар шундай хулосага келдилар: *агар тебранишлар частотаси ҳаддан ташқари катта бўлмаса, у ҳолда тўлқинларнинг берилган муҳитда тарқалиш тезлиги даврга ва частотага боғлиқ бўлмайди. Тезлик муҳитнинг ҳолатига ва унинг физикавий хоссаларига боғлиқ бўлади ва шу берилган муҳит учун доимий катталиқдир.*

## 63- §. Тўлқинлар интерференцияси

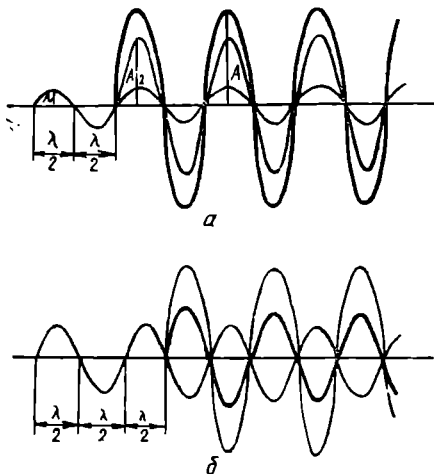
Агар айни бир муҳитда тарқалаётган даврлари тенг бўлган икки тўлқин ҳаракат бир-бирига қўшилиб кетса, бу ҳолида *тўлқинлар интерференцияси* дейилади. Интерференция бўй-



лама тўлқинларнинг қўшилишида ҳам, кўндаланг тўлқинларнинг қўшилишида ҳам бўлиши мумкин.

Агар иккита кўндаланг тўлқиннинг тебраниш даврлари ва иккала тўлқиннинг барча нуқталарининг фазалари бирдай бўлса, у ҳолда тўлқинлар қўшилганда тўлқин ҳаракат кучаяди. Ҳосил бўлган тўлқиннинг амплитудаси қўшилишган тўлқинлар амплитудаларининг йиғиндисига тенг бўлади. Агар тўлқин йўлларининг айирмаси жуфт сондаги ярим тўлқинларга тенг бўлса шундай ҳол бўлади (75-а расм).

Икки тўлқиннинг тебраниш даврлари тенг бўлиб, иккала тўлқиннинг барча нуқталари фазаси қарама-қарши бўлганда тўлқинларнинг қўшилиши натижасида тўлқин ҳаракат заифлашади. Ҳосил бўлган тўлқиннинг амплитудаси қўшилувчи тўлқинлар амплитудаларининг айирмасига тенг бўлади. Агар тўлқин йўлларининг айирмаси тоқ сондаги ярим тўлқинларга тенг бўлса шундай ҳол бўлади (75-б расм).



75-расм. Тўлқинларнинг интерференцияси тушунчасига доир.

Иккала тўлқиннинг амплитудалари тенг бўлиб, барча нуқталари қарама-қарши фазаларда бўлганда тўлқин ҳаракатлар бир-бирини заифлаштириб нолга тенг бўлиши ва жисм тинч ҳолатда бўлиши мумкин.

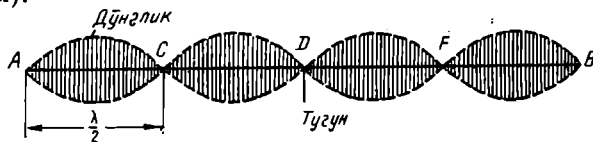
Бир учи боғланган резинка найнинг иккинчи учидан силкитиб кўндаланг тўлқинлар ҳосил қилиш мумкин, бу тўлқинларни ўтқинчи ёки югурувчи тўлқинлар дейилади.



76-расм. Тортилган ипда турғун тўлқинларнинг ҳосил қилиниши.

Тўлқинлар найнинг боғланган учигача бориб, у бўйлаб орқага қайтади (76- расм). Бу тўлқинларни қайтган тўлқинлар дейилади. Найни тебратиб туриб (уни юқори ва пастга силкитиб), бир-бири кетидан югурувчи тўлқинлар узлуксиз қаторини ва худди шундай қайтган, қарама-қарши ҳаракатланувчи тўлқинлар қаторини ҳосил қиламиз. Жисмнинг ҳар бир зарра-

си аини бир вақтда икки силжишда иштирок этади ва унинг ҳақиқий ҳаракати бу икки силжишнинг йиғиндисига тенг бўлади. Агар иккала айрим силжишлар тенг ва қарама-қарши бўлса, зарра мутлақо силжимайди (тугун нуқта), агар улар тенг ва бир томонга йўналган бўлса, икки карра силжиш—дўнглик ҳосил бўлади. Иккала системадаги тўлқинлар бир-бирига қўшилиб, тургун тўлқинлар ҳосил қилади (77- расм).



77- расм. Тургун тўлқинда тугун ва дўнгликларнинг ҳосил бўлиш схемаси.

Жисм бўйлаб тарқалмаётгандек кўринган ва энергия олиб ўтмайдиган тўлқинлар *тургун тўлқинлар* дейилади.

Уларнинг энергия олиб ўтмаслигига сабаб шуки, ҳаракатланувчи тўлқинлар энергияни бир йўналишда; қайтган тўлқинлар эса уни тескари йўналишда олиб ўтади ва иккала йўналишда энергия олиб ўтилмагандек бўлади. *Қўшни тугунлар орасидаги масофа тургун тўлқин узунлигининг ярмига тенг.*

*Тургун тўлқиннинг узунлиги қўшилишиши натижасида тургун тўлқин ҳосил қилган тўлқинларнинг узунлигига тенг бўлади.* Тургун тўлқинларда тугунларнинг вазияти ўзгармагани учун уларга қараб тўлқин узунлигини амалда ўлчаш мумкин.

## 64-§. Механик резонанс

Мисол сифатида оддий арғимчоқнинг ҳаракатини кўрайлик. Арғимчоқни каттароқ тебратиш учун уни қайси пайтда секин-аста туртиб туриш керак? Ўз-ўзидан маълумки, арғимчоқни ҳамма вақт бир вазиятда ва унинг ҳаракати йўналишида, масалан, у ўзининг энг чекка вазиятидан ҳаракат бошлаганда туртиш натижасидагина арғимчоқнинг тебраниши энг катта бўлишига эришиш мумкин. Бироқ бунга эришиш учун турткилар даври арғимчоқнинг эркин тебранишлари даврига (арғимчоқнинг бир туртки таъсиридан кейин бир марта тўла тебраниш вақтига) тенг бўлиши керак.

Шундай тажриба қилиб кўрайлик. Горизонтал ўрнатилган планкада (тахтачада) узунликлари барабар бўлган 1 ва 2 маятникларни ҳамда узунликлари турлича бўлган бир неча маятникларни осиб қўяйлик (78- расм). Узунликлари барабар бўлган маятниклардан бирини ҳаракатга келтирамиз ва узунлиги у билан барабар бўлган маятникнинг тобора каттароқ тебра-

наётганини, бошқаларнинг эса айни вақтда жуда кам сезиларли тебранаётганини кўрамиз. Бунда биринчи маятникнинг амплитудаси камаяди, иккинчи маятникнинг амплитудаси эса катталашади. Кейин ҳаммаси аксинча тартибда бўлади. Шундай қилиб, бир маятникнинг энергия запаси у билан баравар тебраниш даврига эга бўлган бошқа маятникка узатилади. Бундан шундай хулоса келиб чиқади: агар бирор жисмга даврий турткилар берилса, у тебраниш амплитудасини катталаштириши учун берилган турткиларнинг даври жисмнинг эркин ёки хусусий тебранишлари даврига тенг бўлиши керак. Бу ҳодиса *резонанс* ҳодисаси дейилади.

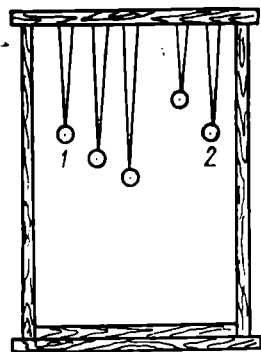
Кўп ҳолларда механик резонанс зарарли бўлиши мумкин ва шунинг учун уни бартараф қилишга ҳаракат қилинади. Даврий равишда таъсир қилувчи кучлар манбаи бўлган ҳамма жойда резонанс бўла оладиган мажбурий тебранишлар пайдо бўлиши мумкин.

Ички ёнув двигателлари, штампловчи станоклар, поршень насослари, рандалаш станоклари, электр моторлар ва ҳоказслар ишлаш вақтида резонансга сабаб бўлувчи даврий кучлар ҳосил қилиши мумкин.

Бундай ҳолларда машина қисмлари тебраниши ва бу тебранишлар бошқа қисмларга узатилиши мумкин. Агар станокнинг, насоснинг, бино фундаменти-нинг хусусий тебранишлари даври турткиларнинг тебраниш даврига тенг бўлса, бу ҳолларда механик резонанс юзага келиши мумкин. Тебранишлар амплитудаси авария бўладиган даражада катта бўлиб кетиши мумкин. Резонанс бўлганда арзимаган куч ҳам вайронагарчилик келтириши мумкин.

Агар фундамент нотўғри ҳисобланган бўлса, двигатель турткилари таъсирида у нотекис ҳолда чўкиши ва бунинг натижасида дарз кетиши мумкин. Фундаментнинг тебранишидан тупроқ ҳам тебраниши ва бу тебранишлар узқ масофаларга узатилиши мумкин. Уларнинг жадаллиги шу даражада катталашиб кетадики, ҳатто двигатель ўрнатилган бинога қўшни бўлган биноларга ҳам хавф туғилиши мумкин.

1906 йилда Петербургда Фонтанка дарёси устига қурилган осма кўприк вайрон бўлди. Кўприк устидан чавандоз гренадерлар ўтаётган эдилар, тантанали юриш маршига ўргатилган отларнинг баравар қадамлари кўприкнинг хусусий тебранишлари даври билан мос келиб резонанс ҳосил қилган. Отларнинг ҳар бир қадамидан кўприк борган сари кучли тебрана бошлади, занжирлар зўриқишларга чидай олмай узилиб кетган. Бу ҳалокатда бир неча ўнлаб киши ўлган.



78-расм. Маятникларнинг резонансини ўрганишга доир қурилма.

Ҳазирги вақтда қўшинларнинг қисмлари кўприкдан ўтишда баравар оёқ ташламай, эркин юриб, ўтиб кетишади.

Резонанс ҳодисасини йўқотиш ёки уни хавфсиз даражага-ча пасайтириш мумкинми? Мумкин, албатта. Бунинг учун теб-ранма системага бирор ҳаракатга қаршилик кучлари киритиш керак. Бу тебранишларни сўндирувчи алоҳида мосламалар— демпферлар ёрдамида амалга оширилади. Машиналардаги теб-ранишлар узатилмаслиги учун намат поёндозлар солинади. Қурилиш ишларида бетон ишлатилади. Икки тўсин орасига бетон қуйилади. Бетон тўсинларда вужудга келадиган эластик тебранишларни ютади. Моторлар бино фундаменти билан бир-лашмаган алоҳида фундаментларга ўрнатилади ва уларнинг мустақкамлиги алоҳида ҳисобланади. Ҳар бир конструктор резонанс ҳодисасининг олдини олиш учун машиналар алоҳида қисмларининг хусусий тебранишлари даврини аввалдан ҳисоб-лаб чиқиши керак. Тайёр машиналарнинг вибрацияси (титра-ши) батафсил текширилиши керак. Бу мақсадда СССР Фанлар Академиясининг Сейсмология институтида жуда кичик меха-ник тебранишларни ҳам қайд қиладигин ва автоматик ёзиб оладиган жуда аниқ асбоблар серияси яратилган. Совет тех-никаси механик тебранишларни жуда аниқ ва ишончли қайд қилувчи асбоблар билан тўла таъминланган. Бу асбобларнинг ҳаммасига XX асрнинг бошларида рус академиги Б. Б. Голи-цин ихтиро қилган ва зилзилаларни қайд қилишга мўлжаллан-ган сейсмограф асос қилиб олинган.

Ҳозирги вақтда механик резонансни фойдали мақсадларда қўллаш мумкин. Масалан, шағални шпаллар остига тез ва зич қилиб ётқизиш учун вибрация қилувчи (титратувчи) алоҳида мосламалар—шағал зичлагич ишлатилади. Унинг тебранишлар частотаси шундай танланадики, шағалнинг тебранишлар частотаси резонансга яқин бўлсин. Бу ҳолда шағал шпаллар остига текис ва тез ётқизилади.

Тупроқ тўғонларини зичлаштиришда тупроқ асосан юқори частотали вибраторлар ёрдамида зичланади. Вибратор юмшоқ тупроқдан ҳаво ва намнинг тез ажралишига ёрдам бериб, туп-роқ зарраларини зичлайди. Бетон ҳам юқори частотали вибра-торлар ёрдамида зичланади.

Вибраторлар ёрдамида қозиқ оёқлар ва трубаларни тупроқ-қа киритиш имконига эга бўлинди. Бу ватанимиз техникаси-нинг катта ютуғи бўлди.

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Тўлқин қаракат деб нимага айтилади?
2. Ҳаракатланувчи тўлқинларнинг энергия олиб ўтишини қандай мисол-ларда кўрсатиш мумкин?
3. Кўндаланг тўлқин деб нимага айтилади ва улар қачон юзага келади?
4. Бўйлама тўлқинлар деб нимага айтилади ва улар қачон юзага келади?
5. Қандай жисмларда кўндаланг тўлқинлар ва қандай жисмларда бўйла-ма тўлқинлар юзага келади?

6. Тўлқин узунлиги деб нимага айтилади?
7. Тўлқин узунлиги, тезлик, давр ёки частота орасидаги муносабат қандай ифодаланади?
8. Тўрқинларнинг тарқалиш тезлиги нимага боғлиқ?
9. Тўлқинларнинг интерференцияси деб қандай ҳодисага айтилади?
10. Агар икки тўлқин бир хил йўналишда бирдай давр билан ҳаракатланса ва уларнинг йўллари айирмаси ярим тўлқинларнинг жуфт сонига тенг бўлса, интерференция натижасида нима ҳосил бўлади?
11. Агар икки тўлқин бир йўналишда бирдай давр билан ҳаракатланса ва уларнинг йўллари айирмаси ярим тўлқинларнинг тоқ сонига тенг бўлса, интерференция натижасида нима ҳосил бўлади?
12. Турғун тўлқин деб нимага айтилади ва турғун тўлқин қандай ҳосил бўлади?
13. Икки қўшни тугун орасидаги масофа нимага тенг?
14. Айни бир дўнгликнинг тебранувчи нуқталари қандай фазада бўлади? Турли дўнгликларнинг тебранувчи нуқталари қандай фазада бўлади?
15. Резонанс деб қандай ҳодисага айтилади?
16. Механик резонанс ҳодисасини қандай тажрибада кузатиш мумкин?
17. Механик резонанснинг зарarli таъсирига мисоллар келтиринг. Механик резонансдан фойдаланишга мисоллар келтиринг.
18. Пулатда тўлқиннинг  $5000 \text{ м/сек}$  тезлик билан тарқалишини ва тебранишлар частотаси  $10000 \text{ гц}$  га тенг эканини назарга олиб тўлқин узунлигини топинг.

Ж а в о б и:  $0,5 \text{ м}$

19. Агар тўлқиннинг узунлиги  $1,7 \text{ м}$ , тарқалиш тезлиги  $340 \text{ м/сек}$  бўлса, тебранишлар частотасини аниқланг.

Ж а в о б и:  $200 \text{ гц}$ .

20. Тўлқинлар резинка шнур бўйлаб  $3 \text{ м/сек}$  тезлик билан тарқалади. Агар тебранишлар частотаси  $4 \text{ гц}$  бўлса, бир-бирдан  $1,5 \text{ м}$  масофада бўлган нуқталар қандай фазаларда бўлади?

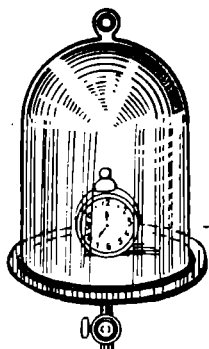
Ж а в о б и: Бир хил фазаларда бўлади.



## ТОВУШ ҲОДИСАЛАРИ

65- §. Товушнинг табиати. Товушнинг тарқалиши.  
Товуш тўлқинлари

Бир томони қўзғалмас қилиб маҳкамланган пўлат полосани (пластинкани) олиб, унинг иккинчи учидан тез тебратамиз, бу ҳолда шу жисмнинг товуш чиқараётганини эшитамиз. Бундан *тебранаётган жисм товуш манбаи бўлар экан* деган хулосага келамиз. Пўлат пластинканинг тебраниш частотасини камайтирамиз ва бунда бирор пайтдан бошлаб пластинканинг тебранишлари кўриниб турса-да, товуш эшитилмаётганини сезамиз. Бундан тебранаётган жисм *ҳар қандай частотада ҳам товуш манбаи бўлавермас экан* деган хулосага келамиз. Одамнинг қулоғи 16 дан 20000 гц гача ораликдаги частотали товушни қабул қилиши тажрибаларда аниқланган. Қулоқ жуда кам қувватли товушларни қабул қила олиш қобилиятига эга. 1000—3000 гц частоталарда қулоқ 1 см<sup>2</sup> сиртта 1 сек давомида эргнинг юз миллиондан бир улушига тенг бўлган кичик энергия билан таъсир қилувчи товушларни ҳам қабул қила олади. Телефон мембранасининг ҳаддан ташқари кичик тебранишлари одам қулоғига аниқ товуш бўлиб эшитилади.



79-расм. Қалпоқ остидаги ҳаво сўриб олинганда будильник товуши тобора заиф эшитилади.

Будильникни (жиринглайдиган соатни) ҳаво насосининг қалпоғи остига юмшоқ таглик устига қўяйлик (79- расм). Қалпоқ ичида ҳаво бўлганида жиринглаш овози аниқ эшитилиб туради. Ҳавони сўриб олинган сари товуш заифлашади ва ҳаво батамом сийраклашганда гарчи будильник болғачасининг қўнғироққа ураётгани кўриниб турса-да, ҳеч қандай товуш эшитилмайди. Бундан шундай хулосага келамиз, *товушни қабул қилиш учун тебранишларни товуш чиқараётган жисмдан қулоққача тарқатувчи узатувчи муҳит бўлиши керак.*

Агар Ер атрофида ҳаво бўлмаганда эди, биз атрофдаги жисмлар чиқараётган товушларни эшита олмас эдик.

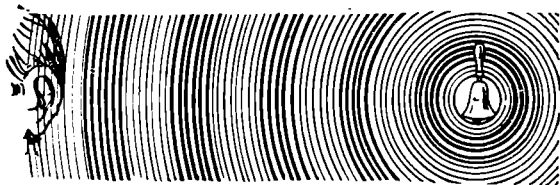
Фақат ҳаво эмас, қаттиқ жисмлар ва суюқликларнинг ҳам товушни узатиши тажрибаларда аниқланган. Катта масштабда-

ги қаттиқ жисмларда тўлқинларнинг тарқалишига мисол қилиб ер қимирлашини кўрсатиш мумкин, бунда тўлқинлар кузатиш станцияларидаги сейсмографлар деб аталувчи асбоблар ёрдамида қайд қилинади.

Фақат тоғ жинслари эмас, кўплаб бошқа қаттиқ жисмлар ҳам товушни яхши ўтказади. Яқинлашиб келаётган поезднинг товуш тўлқинлари ҳаводагидан кўра рельсларда тезроқ тарқалади. Масалан, бир хонадан иккинчи хонага уй тўсинлари ёки иситиш трубалари орқали товушларнинг узатилиши ҳам бунга мисол бўла олади. Бироқ турли қаттиқ жисмлар товушни турлича ўтказади. Юмшоқ ва говак жисмлар товушни ёмон ўтказади. Баъзи биноларни, масалан, радиостудияларни бегона товушлар киришидан муҳофаза қилиш учун деворлар, шипларни намат, прессланган пўкак, говак тошлар, резинка ва бошқа товуш ўтказмайдиган материаллар қатлами билан қопланади.

Суюқликлар ҳам товушни анча яхши ўтказади. Сув остида турган ғаввослар пароход бортида, ҳатто қирғоқда бўлаётган нарсаларни аниқ эшитиб туради. Балиқлар ҳам сувда туриб қирғоқдаги қадам товушларини яхши эшитади.

Шундай қилиб, *товуш тўлқинлари қаттиқ, суюқ ва газсимон жисмларда яхши тарқалади, аммо вакуумда тарқалмайди.*



80- расм. Товуш тўлқинларининг ҳавода тарқалиши.

Ҳаводаги товуш чиқараётган жисмнинг тебранишлари ҳавони сиқиб ва сийраклантириб туради, яъни ҳар томонга тарқаладиган кўндаланг тўлқинлар ҳосил қилади. Агар тўлқин ҳаракатда қатнашаётган зарраларни кўрганимизда эди, тўлқинлар 80-расмда кўрсатилган манзарани ҳосил қилишини кўрар эдик. Товуш нуқтавий манбадан шарсимон (сферик) тўлқинлар кўринишида тарқалади. Қулоққа етиб келган ҳаво тўлқини барабан пардани тебрантиради, сўнгра эса махсус тоғайлар ёрдамида тебраниш эшитиш нервларига узатилади ва товуш сезгисини—эшитишни вужудга келтиради.

## 66-§. Товуш тўлқинларининг тарқалиш тезлиги

Ўзгармас температурада товуш тўлқинлари бир жинсли мухитда ўзгармас тезлик билан, турли мухитларда эса турли тезликларда тарқалади. Тажриба бу хулосани тасдиқлайди. Масалан, яшин зарбаси бўлганда разряднинг барча қисмла-

рида ҳосил бўлаётган товуш бир вақтда етиб кела олмайди ва кузатувчи давомли момақалди роқ товушини эшитади. Милтиқ отилганда кузатувчи товушни отилишдаги чақнашни кўрганидан анча кейин эшитади. Шу тажриба асосида товушнинг ҳаводаги тезлигини ўлчаш мумкин. Чақнашнинг кузатилиши ва товушнинг эшитилиши орасида ўтган вақтни ҳамда чақнашдан кузатувчигача бўлган масофани аниқлаб, уни товушнинг ҳаракат вақтига бўлсак, товушнинг ҳаводаги тезлигини оламиз. Товушнинг ҳаводаги тезлиги  $0^{\circ}\text{C}$  температурада  $332 \text{ м/сек}$  га тенг. Температура  $1^{\circ}\text{C}$  кўтарилганда товушнинг тезлиги  $0,6 \text{ м/сек}$  ортади.

Масалалар ечишда товушнинг ҳаводаги тезлиги  $340 \text{ м/сек}$  га тенг деб қабул қилиш мумкин (бу товушнинг  $15^{\circ}\text{C}$  га яқин температурадаги тезлиги бўлади). Агар босим жуда юксак ва жуда паст бўлмаса, товушнинг тезлиги тебранишлар частотасига ҳам, ҳавонинг босими га ҳам боғлиқ бўлмайди, лекин температурага боғлиқ бўлади. Температура ортиши билан товушнинг тезлиги ортади.

Турли газларда товушнинг тезлиги турлича бўлади. Енгил газларда товушнинг тезлиги оғир газлардагидан каттароқ бўлади. Енгил газ сиқилган ҳолатдан оғир газга қараганда осонроқ озод бўлади, шунинг учун унда тўлқиннинг ҳаракат тезлиги каттароқ бўлиши керак. Бу тажрибада тасдиқланган. Масалан, водородда товушнинг тезлиги  $1270 \text{ м/сек}$  га тенг, карбонат ангидрида эса  $258 \text{ м/сек}$ .

Товушнинг тезлиги сувда  $1450 \text{ м/сек}$  га тенг, яъни ҳаводагидан 4,5 марта катта эканини айтиб ўтайлик.

Қаттиқ жисмда товушнинг тезлигини ўлчаш учун водопроводнинг узун ( $1 \text{ км}$  га яқин) чўян трубадан фойдаланилди. Трубанинг бир учида урилган зарба иккинчи учида икки товуш сифатида эшитилди: биринчиси трубадан келгани, иккинчиси — ҳаводан келгани.

Ҳар икки пайтми секундомер билан қайд қилиб ва трубанинг узунлигини (масофа) ва товушнинг ҳаводаги тезлигини билган ҳолда дастлаб товушнинг ҳаводаги ҳаракат вақтини, кейин эса труба бўйлаб ҳаракат вақтини аниқлаш мумкин. Труба узунлигини унда товушнинг ҳаракатланиш вақтига бўлиб, товушнинг тезлигини аниқлаш мумкин. Шундай йўл билан товушнинг чўяндаги тезлиги унинг ҳаводаги тезлигидан  $10,5$  марта катта эканлиги аниқланди ( $3570 \text{ м/сек}$ ). Темирда товушнинг тезлиги  $5000 \text{ м/сек}$  га тенг.

## 67-§. Товушнинг кучи, қаттиқлиги ва баландлиги. Тембр

Бирор нуқтада товушнинг кучини товушнинг тарқалиш йўналишига перпендикуляр жойлашган  $1 \text{ см}^2$  юзадан  $1 \text{ сек}$  да ўтаётган энергия миқдори сифатида аниқлаш мумкин.

Товушнинг кучи: 1) товуш чиқараётган жисмнинг бутун



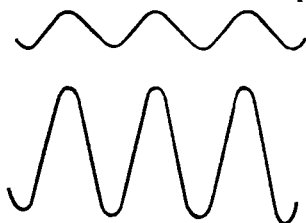
энергия миқдорига, 2) товуш чиқараётган жисмгача бўлган масофага ва 3) товуш энергиясининг атроф муҳит томонидан ютилишига боғлиқ.

Барча товушлар музика товушлари ва шовқинларга бўлинади. Музика товушларига ашула, бир турдаги товушлар чиқара оладиган музика асбобларининг овозлари кирази. Музика асбобларининг бир турда чиқарган овозлари *тон* деб аталади. Қулоқда товушнинг тонигина эмас, унинг қаттиқлигини ҳам фарқ қилиш мумкин.

Товушнинг қаттиқлиги ўз моҳияти билан психо-физиология табиатига эгадир. Товушнинг қаттиқлиги ҳам товуш чиқараётган жисмнинг тебраниш частотасига боғлиқ. Масалан, 32 гц частотали товушни эшитиш учун 2000 гц частотали товушни эшитишга қараганда бир неча минг марта кўпроқ энергия сарфлаш керак. Бундан ташқари ҳар бир одам қулоғининг сезгирлиги турлича. Ҳатто бир одамнинг ўзи ҳам бир қулоғи билан яхшироқ, иккинчи қулоғи билан ёмонроқ эшитиши мумкин. Камертонга болғача билан қанча кучлироқ урилса, у шунча каттароқ амплитуда билан тебранади ва товуш ҳам шунча кучлироқ бўлади, шунингдек қулоқ қабул қиладиган қаттиқлик ҳам каттароқ бўлади (81- расм).

Тажрибаларга асосланиб шундай хулоса қилиш мумкин: товушнинг кучи ва *товушнинг қаттиқлиги деб аталадиган сезгиси тебраниш амплитудасига боғлиқ бўлади.*

Бир турли товушларнинг тон баландлиги аниқ бир хил бўлади. Эркаклар овозининг товуши болалар ёки аёллар овозининг товушидан пастроқ бўлади. Секин тебранишларни қулоқ *паст тонлар* тарзида, тез тебранишларни эса *юқори тонлар* тарзида қабул қилади. Бўш тортилган узун ва йўғон тор паст тонли товуш чиқаради, таранг тортилган қисқа ва ингичка тор юқори тонли товуш чиқаради. Агар турли баландликларда товуш чиқараётган иккита камертонни олсак ва уларнинг иккаласини қурум суртилган пластинка бўйлаб ҳаракатлантурсак, пластинкада уларнинг тебранишлари графиги чизилиб қолади (82- расм). Юқоридаги эгри чизик паст товуш чиқараётган камертоннинг, пастки эгри чизик эса баланд товуш чиқараётган камертоннинг графиги бўлади. Биринчи камертон узунроқ тўлқинлар беради, пастки камертон эса қисқароқ, бинобарин, камертонларнинг ҳаракат тезлиги бир хил бўлгани ҳол-



81- расм. Бир хил частотадаги, лекин турли қаттиқликдаги икки тоннинг графиги. Тебраниш амплитудаси катта бўлган пастки эгри чизик қаттиқ тонга тўғри келади.



82- расм. Юқоридаги эгри чизик паст тонга, пастдаги эгри чизик баланд тонга мос келади.

дан камертоннинг, пастки эгри чизик эса баланд товуш чиқараётган камертоннинг графиги бўлади. Биринчи камертон узунроқ тўлқинлар беради, пастки камертон эса қисқароқ, бинобарин, камертонларнинг ҳаракат тезлиги бир хил бўлгани ҳол-

да биз турли частоталар бўлишини кўраимиз: иккинчи камертон биринчига қараганда катта частота билан тебранади.

Агар патефон пластинкаси тез айланса, товуш баландроқ бўлади, секин айланганда эса товуш паст бўлади, ҳолбуки пластинка ўшанинг ўзи. Биринчи ҳолда игна иккинчи ҳолдагига қараганда катта частота билан тебранади, унинг ҳаракати патефоннинг мембранасига берилади, мембрана ўз навбатида ўзига тегиб турган ҳаво қатламларини тебрантиради ва биз пластинкада ёзилган товушни эшитамиз. Шундай хулоса қиламиз: *товушнинг баландлиги тебранишлар частотасига боғлиқ, катта частотага баланд товуш мос келади.*

Товуш чиқараётган жисмнинг тебраниш частотасини ўлчаш учун турли усуллардан фойдаланилади. Масалан, тебраниш частоталари маълум бўлган камертонлар тўплами бўлади ва улар товуш чиқараётган жисмларнинг тебраниш частоталарини солиштиришга хизмат қилади.

Бу мақсадда тон баландлиги товуш чиқараётган жисмнинг тон баландлигига мос келадиган камертон танланади, ана шунда товуш чиқараётган жисмнинг частотаси камертоннинг частотасига тенг бўлади.

Агар камертоннинг частотаси маълум бўлмаса, уни топиш учун унинг қурум суртилган пластинкада 1 сек да ҳаракатлантирилгандаги тебранишлар графигидан фойдаланилади. Шунингдек, стробоскопик усулдан ҳам фойдаланиш мумкин (83-расм). Камертон тебранишлари катталаштирилган ҳолда линза (катталаштирувчи шиша) ёрдамида кичкина мотор билан айлантириладиган дискдаги тешик орқали кузатилади. Моторнинг тезлигини ўзгартириш йўли билан шундай ҳолатга эришиладики, бунда дискнинг ҳар бир тешиги орқали камертоннинг оёқчалари тебранишнинг айна бир фазасида кўринадиган бўлсин.

83-расм. Камертоннинг тебранишлар частотасини стробоскопик усулда аниқлашга доир.

Бунда улар ҳаракатланмаётгандек кўринади ва бу деган сўз камертоннинг тебраниш частотаси дискнинг кузатувчининг кўзи олдидадан бир секундда ўтаётган тешиклар сонига тенг бўлади.

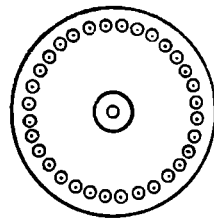
Дискдаги тешиклар сони ва дискнинг секундига неча марта айланишини билган ҳолда камертоннинг тебраниш частотасини аниқлаш мумкин. (Дискнинг секундига айланишлар сони айланишларни санайдиган счётчик ёрдамида аниқланади.) Бу усулдан тебранаётган ихтиёрий жисм ёки айланаётган ғилдиракларнинг тебраниш ва айланиш сонини аниқлаш учун фойдаланиш мумкин. Стробоскопик эффектни баъзан кинокартиналарда ҳам кузатиш мумкин, масалан, ҳаракатланаётган экипажнинг ғилдираклари айланмаётгандек (кинолента кадрларининг ҳара-

катланиш частотаси гилдирак кегайларининг айланиш частотасига тенг бўлганда) ёки орқага айланаётгандек (кинолента кадрларининг айланишлари частотаси кегай ҳаракат частотасидан катта бўлганда) кўринади.

Кўпинча бирор товушнинг тебранишлар сонини ўлчашда сиренадан фойдаланилади. Сирена содда ҳолда тешикли дискдан иборат бўлиб, тешиклар дискнинг чеккаларига жойлашган (84-расм).

Диск айлантирилади ва унга ингичка найчадан кучли ҳаво оқими юборилади. Диск ортида ҳаво оқими ҳамма вақт узилди. Ҳаво зичлашади ва сийраклашади, бундан товуш тўлқинлари юзага келади.

Дискнинг айланишлар сонини кўпайтириб, тебранишлар частотасини орттириш мумкин. Агар дискда  $K$  та тешик бўлса ва дискнинг  $l$  сек да айланишлар сони  $n$  га тенг бўлса, у ҳолда частота  $f = Kn$  бўлади.



84-расм.  
Сирена диски.

Товуш чиқараётган жисмнинг (овознинг, торнинг ва ҳоказо) тебранишлар сонини аниқлаш учун сирена айланиш тезлигини шундай танланадики, бунда сирена товушининг баландлиги ўрганилаётган товушнинг баландлигига мос келсин. Бу шароитда тебранишларнинг частоталари ўзаро тенг бўлади.

Скрипка, рояль, рубоб ва хонанданинг товуши ҳатто тон баландлиги бир хил бўлганда ҳам сифат жиҳатидан турлича бўлади.

Товушнинг сифати *тембр* дейилади. Тембрнинг пайдо бўлишига музика асбобида югурувчи ва қайтган тўлқинларнинг интерференцияланиши туфайли юзага келадиган кўплаб турғун тўлқинларнинг мавжудлиги сабаб бўлади.

Ҳар қандай музика асбобида ҳам турли частотали мураккаб тебранишлар бўлади.

Товуш манбаининг асосий тон частотасидан 2, 3 ва ҳоказо марта катта тебраниш частотасига эга бўлган қўшимча тонлари *обертонлар* ёки *юксак гармоник тебранишлар* дейилади. Товушларнинг бўлишига ана шу обертонлар сабабдир.

## 68-§. Товушнинг қайтиши ва ютилиши

Бирор жисмнинг сиртига етиб борган товуш тўлқини қайтади. Тоғлар, дарахтлар, биноларнинг деворлари, сув сирти ва ҳатто булутлар ҳам товушни қайтара олади. Товушнинг қайтиши маълум қонун: *қайтиш бурчаги тушиш бурчагига тенгдир* деган қонун асосида бўлади. Агар қайтарувчи жисм биздан анча узоқ масофада бўлса, биз бевосита товуш чиқараётган жисмдан келаётган товушни эшитамиз ва бир оз вақт ўтгандан кейин бошқа товушни, яъни қайтган товушни эши-

тишимиз мумкин. Қулоғимизга алоҳида келиб қабул қилинган қайтган товуш *акс садо* дейилади.

Товушни қабул қилиш сезгиси 0,1 *сек* га яқин давом этади.

Биринчи товушдан кейин келаётган бошқа товушни алоҳида эшитиш учун 0,1 *сек* дан кам бўлмаган интервал (вақт оралиғи) керак.

Товушнинг ҳаводаги тезлиги 340 *м/сек* эканлигини билган ҳолда товушнинг 0,1 *сек* да 34 *м* масофа ўтишини ҳисоблаш осон. Гапираётган одамнинг товуши акс садо тарзида эшитилиши учун қайтарувчи сирт гапираётган одамдан 17 *м* нарида бўлиши керак (товушнинг сиртгача ва орқага қайтадиган йўли шунда 34 *м* бўлади). Кичик биноларда қайтган товушлар асосий (сўзланаётган) товуш билан қўшилиб кетиб, уларни узайтиради ва кучайтиради.

Товушнинг деворлардан кўп марта қайтиши бинода асосий товушнинг давомлилигини узайтириши мумкин.

Товуш энергияси намат, юмшоқ мебель, шунингдек зич ўтирган одамларда кучли ютилади.

Кўплаб юқори тонли товуш чиқарадиган музика асбобларининг товушлари юмшоқ мебель ва зич ўтирган одамлар бўлмаган бинода қаттиқроқ эшитилади. Товуш чиқараётган манба тўхтагандан кейин ҳам, товуш дарҳол тўхтамайди, балки бир оз вақт давом этади. Бундай ҳодиса *реверберация* дейилади, реверберация бўлиб ўтадиган вақт эса *реверберация вақти* дейилади. Товуш бинода деворлар, шип ва бошқа сиртлар билан қанча кўп марта тўқнашса (одатда зич жиҳозланган бинода шундай бўлади) ва уларнинг материаллари товушни қанча кўп ютувчан бўлса реверберация вақти шунча қисқа бўлади. Одатда бинода товуш кучли ютилиши натижасида реверберация вақти жуда қисқа бўлганда қабул қилинган товушларнинг энергияси жуда кам бўлади ва бундай зал „жарангдор“ бўлмайди. Товушлар заиф ва жарангсиз бўлади. Зални хонданинг овози ҳам, музикачининг куйи ҳам, ораторнинг нутқи ҳам тўлдира олмайди. Агар реверберация жуда давомли (3 *сек* ва ундан ортиқ) бўлса, товушлар ёки нутқнинг бўғинлари алоҳида-алоҳида эшитилмайди, аниқ бўлмайди. Товушлар қўшилиб кетади. Бундай ҳодиса узоқ реверберация туфайли сақланиб қолган товушларнинг товуш чиқараётган жисмдан бевосита чиқаётган янги товушлар билан қўшилишидан ҳосил бўлади.

Баъзан товушларни сўндириш ҳам муҳим иш бўлиб қолади. Бинода етарлича тинчлик ҳукм сурганда меҳнат унумдорлиги юқори бўлишини физиологлар исбот қилиб беришган. Ёзув машинкалари ишлайдиган хоналарда кучли тақиллаш овозлари бўлади ва бу товушни сўндириш учун юқори частота товушларини ютадиган материаллар, масалан, намат, гиламлар ва шунга ўхшаш материаллар билан жиҳозлаш лозим бўлади.

Катта шаҳарларда кўча шовқинлари жуда кўп бўлади. Шовқинга қарши кураш жуда муҳим вазифадир. Шовқинга қарши

қурилмалар ихтиро қилиш ғоят мураккаб иш бўлиб, шунинг учун товушларни сўндириш учун товушни ютиш қобилиятига эга бўлган турли қурилиш материалларидан фойдаланилади.

Профессор И. И. Китайгородский раҳбарлигида янги қурилиш материали пеношиша (кўпиксимон шиша) яратилди, бу материал товушни мутлақо ўтказмаслик хусусиятига эга.

Шу билан бирга пеношишанинг мустаҳкамлиги юқори ва бир қатор бошқа ижобий хусусиятлари бор (ёнмайди, сувга ва совуққа чидамли ҳамда иссиқликни кам ўтказиши), шунинг учун турар жой бинолари, касалхона, мактаб бинолари ва сабоат иншоотлари қурилишида бу материал кенг қўлланилмоқда.

## 69-§. Товуш тўлқинларининг интерференцияси

Товуш чиқараётган камертонни унинг ўқи атрофида айлантирилса, товушнинг кетма-кет равишда кучайиши ва заифланишини кузатиш мумкин.

Камертоннинг иккала тармоғи (оёқчаси) дан келаётган товушлар бир-бирини дам кучайтиради, дам заифлаштиради, бундай ҳодиса эса фақат товуш тўлқинларининг интерференцияси натижасидагина бўлиши мумкин.

Ҳақиқатан ҳам, тебранишлар частотаси (ва даври) доимий қолгани учун бир хил даврли тўлқинлар бир-бирига қўшилганда фақат амплитуда ўзгаради, бунинг натижасида товушнинг қаттиқлиги ўзгаради.

Барча музика асбобларида товуш тўлқинларининг интерференцияланиши рўй беради, бунинг натижасида турғун тўлқинлар ҳосил бўлади.

Торли асбобларда турғун тўлқинлар биринчи навбатда торларда ҳосил бўлади. Нафас ҳаво билан чалинадиган асбобларда ҳаво оқими ёки тилча товуш манбаи бўлиб хизмат қилади. Найда бўлган ҳаво устуни югурувчи тўлқин билан қайтган тўлқиннинг интерференцияси туфайли юзага келадиган турғун тўлқинларни ҳосил қилади. Турғун товуш тўлқинларини биноларда ҳам кузатиш мумкин.

Агар хонада бирор девор қаршисида товуш ҳосил қилинса, девор билан товуш манбаи орасида турғун тўлқинлар ҳосил бўлади. Товуш манбаи билан девор орасида ҳаракатланиб товуш манбаидан узоқлашилганда ҳам қаттиқроқ товуш эшитиш мумкин, очиқ ҳавода эса бундай бўлмайди. Қулоғимиз ҳаво



85-расм. Турғун тўлқинларнинг найдаги кукунга таъсири.

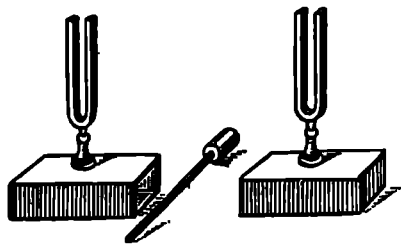
ҳаракатланмаётган тугун (узел) да бўлган ҳолида қаттиқроқ товуш эшитилади, бундай жойларда босим энг кўп ўзгаради ва босимнинг бундай ўзгариши қулоқ ноғара пардасига таъсир қилади.

Бутун узунлиги бўйлаб пўкак қипиқлари сепилган шиша найда ҳам тургун тўлқинлар ҳосил қилиш мумкин. Унинг бир учида товуш манбаи жойлаштирилади. Тўлқинларнинг интерференцияси натижасида найда тургун тўлқинлар ҳосил бўлади (85-расм). Бундай фигуралар ҳақиқатан ҳам ҳосил бўлади. Масалан, флейта ва кларнетни чалганда шундай бўлади.

## 70-§. Товуш резонанси

Икки рубобни бир хил қилиб созлаймиз ва бирини иккинчиси олдига яқин қилиб қўямиз. Бир рубобнинг бир торини чертамыз ва товушни дарҳол тўхтатамыз, бу ҳолда иккинчи рубобнинг ҳам шундай тори товуш чиқараётганини эштамыз. Бир рубобнинг товушига иккинчи рубобнинг ҳам тебраниш даври худди шундай бўлган тори жавоб бераётганига ишонч ҳосил қиламыз. Бундай ҳодиса *товуш резонанси* дейлади. Шу нарса равшанки, биринчи рубоб юбораётган ҳар бир ҳаво турткисининг таъсири жуда кичик, лекин улар ҳаво орқали кераклича пайтларда келган ва резонанс ҳосил қилган. Бундан жуда заиф турткилардан ҳам резонанс юзага келиши мумкин деган хулоса келиб чиқади.

Товуш резонансини яна шундай тажрибаларда ҳам кузатиш мумкин. Иккита бир хил камертон оламыз (86-расм). Тахта яшикларга ўрнатилган бу камертонларнинг тебраниш частоталари бир хил, агар камертонларнинг бирига болғача билан уриб уни тебратамиз ва сўнгра тебранишдан тўхтатсам, иккинчи камертоннинг товуш чиқараётганини аниқ эштамыз. Агар камертонларнинг тебраниш давлари бир-биридан фарқ қилса, резонанс ҳодисаси рўй бермайди.



86-расм. Тovuш резонансини кузатиш учун яшикка ўрнатилган камертонлар.

Товуш чиқараётган камертонни цилиндр идиш устига қўямиз ва идишга сув қўямиз, бунда маълум бир пайтда катта баландликдаги баланд товуш эшитилади. Идишдаги ҳаво устунни кучли тебрана бошлайди ва резонанс ҳодисаси юзага келади. Сувнинг устига қўйиб

ёки ундан озгина тўкиб ташлаб, идишдаги ҳаво устунини ўзгартирамыз, шу туфайли унинг тебраниш частотаси ҳам ўзгаради, резонанс бўлмайди.

Агар товуш чиқараётган камертонни қўлда ушлаб турилса, ундан чиқарётган товуш аранг эшитилади. Агар камертон стер-

женини стол ёки полга тегизсак, товуш баландлашади. Стол ёки полнинг шакли қандай бўлишидан қатъи назар товуш бирдай яхши баландлашаверади. Бу ҳолда товушнинг кучайишига резонанс ҳодисаси сабаб бўлмайди (столлар ва полларнинг тебраниш давлари камертоннинг тебраниш даври билан бир хил бўлмайди).

Бунга сабаб шу. Ҳар қандай катта сиртни камертон тебраниради, сўнгра ўз навбатида сиртнинг ўзи ҳавонинг катта ҳажмини тебраниради. Қўзгатиладиган жисмнинг, масалан, столнинг тебранишлари *мажбурий* тебранишлар дейилади. Скрипка, пианино, виолончель ва бошқа асбобларда баланд товушлар резонанс туфайли эмас, мажбурий тебранишлардан юзга келади.

Скрипка, фортепиано, виолончелда резонанс жуда ёқимсиз бўлган бўлур эди, чунки хусусий тебранишлари корпуснинг тебранишлари билан резонанс бўлган торнинг тони бошқа торларнинг товушидан кўп марта баланд бўлур эди. Баъзида музикачилар ёмон асбобларни чалганларида шундай ҳодиса бўлади. Яхши асбоблар торлар чиқараётган барча товушларни баравар даражада кучайтириши керак.

Бундай шароитда товуш фақат мажбурий тебранишлар йўли билан кучайтирилади.

## 71- §. Ультратовуш тебранишлари ҳақида тушунча

Эшитиладиган частоталарнинг юқори чегарасидан ташқарида бўлган тебранишлар *ультратовушлар* дейилади.

Ультратовушларни 50 килогерцдан 30 мегагерцгача частоталарда ҳосил қилиш мумкин.

Ультратовушлар ҳавода яхши тарқалади, бироқ карбонат ангидридда кучли ютилади, агар ҳавода карбонат ангидрид кўп бўлса, ультратовуш тўлқинларини узоқ масофаларга узатиш жуда қийинлашади. Ультратовуш тебранишларнинг асосий манбаи кварц пластинкадир, у ўзгарувчан электр кучланишининг электр тебранишлари ёрдамида сиртига перпендикуляр равишда тебранирилади.

Агар кварцдан кристалл қирраларига нисбатан муайян йўналишда пластинка қирқиб олинса ва уни икки металл пластинка орасига жойлаштирилса, у ҳолда пластинкаларни зарядлаш йўли билан кварц пластинканинг ўлчамларини ўзгартириш мумкин: пластинканинг эни камаёди ва қалинлиги ортади. Пластинкаларга ўзгарувчан кучланиш берилса, кварц пластинка механик тебранади.

Агар кварц пластинканинг хусусий тебранишлар даври электр тебранишлар даврига яқин бўлса, у ҳолда анча катта амплитудали тебранишлар ҳосил қилиш ва атрофдаги ҳавони ҳаракатга келтириш мумкин.

Ультратовушлар қатор ажойиб хоссаларга эга: улар массив қаттиқ жисмлардан паррон ўтиши, ўзи ўтаётган жисмни қиз-

дириши, химиявий реакцияларни тезлаштириши, кристаллизация процессини тезлаштириши, суюқлик ичидаги қаттиқ жисмларни майдалаши ва шу йўл билан дарҳол тургун эмульсиялар ҳосил қилиши, ёқиладиган газларда бўладиган қурум зарраларини йириклаштириши, қизил қон таначаларини емириш натижасида балиқлар, қурбақалар ва итбалиқларни 1—2 минут ичида ўлдириши, бактерияларни ҳалок қилиши мумкин. Ультратовушларнинг бу хоссаси сут саноатида қўл келиши мумкин. Сутга ультратовуш юбориб ва шу йўл билан сутдаги ачитқи бактерияларни ўлдириб, сутни бир неча суткалаб ачишдан сақлаш мумкин. Келгусида ўрганиш натижасида ультратовушлардан баъзи касалликларни (масалан, тери касалликларини) даволашда фойдаланиш мумкин; ультратовушлар сувда яхши тарқалади, шунинг учун кемалар орасида сигнализация сифатида сув тубининг рельефини ўрганиш, балиқ тўдаларини пайқаш (бу балиқ овлаш саноатида айниқса қўл келади), чўкиб кетган кемаларни қидиришда фойдаланилиши мумкин. Ультратовушни қабул қилувчи асбобда ҳам ультратовушни чиқарувчи асбобдаги сингари мослама бўлади.

Ультратовушлар жуда қудратли рентген қурилмалари билан ҳам ёритиш мумкин бўлмаган деталларнинг нуқсонларини аниқлашда ишлатилади.

Агар катта жисмларнинг ичида бир жинслилик бузилган бўлса, ультратовушлар зичлиги катта бўлган жойларда кўпроқ ютилади ва бу билан деталь орасида нуқсон бор эканлиги пайқалади.

Ультратовуш тебранишларининг частотаси жуда катта, секундига уч юз миллион тартибида бўлиши мумкин. Тажрибаларда ультратовушларнинг частотаси қанча юқори бўлса, уларнинг қаттиқ жисмлар ва суюқликларда шунча йўналишли тарқалиши аниқланган.

Агар металлда нурлар йўналишида нуқсонлар бўлмаса, нурлар унча заифланмасдан ўтади ва қайд қилувчи асбобнинг кўрсатишлари юқори бўлади. Агар металлда нурлар йўлида нуқсонлар бўлса, нурлар қисман ютилади, қисман нуқсоннинг қирраларидан қайтади ва заифлашган ҳолда ўтади ёки мутлақо ўтмайди, бунда қайд қилувчи асбобнинг кўрсатишлари паст бўлади, ёки ноль бўлади. Бундай тадқиқот натижасида машина деталларининг ички нуқсонлари ҳақида аниқ тасаввурга эга бўлиш мумкин.

1951 йилда С. Я. Соколов ихтиро қилган ультратовуш микроскопи ёрдамида эриган металлларнинг қотишида кристалларнинг ўсиши ва бошқа шунга ўхшаш физикавий-химиявий процессларни кузатиш мумкин.

Ультратовушлар тебранишларни чиқариш ва қабул қилиш методлари ихтиро қилингандан кейин олимлар ультратовушларнинг табиатда кенг тарқалган эканини аниқладилар. Кўпчилик ҳашоратлар, масалан, чигиртка ёки қўнғизлар туркуми-



га кирадиган ҳашоратлар ультратовушлар чиқариши ва уни қабул қилиши мумкин.

Кўр шапалакларнинг турли буюмлардан қайтган ультратовуш тўлқинларини қабул қилишларини аниқлаш мумкин бўлди. Кўр шапалаклар ҳиқилдоқларида ультратовуш тўлқинлари ҳосил қилади, улар атроф фазога тарқалиб турли буюмлардан қайтади. Кўр шапалаклар қайтган ультратовушларни қабул қилиб, атроф фазода учаётган йўлларидаги тўсиқларга урилмай учаверадилар.

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Товушининг физикавий табиати қандай?
2. Товуш тўлқинлари вакуумда тарқаладими?
3. Товуш тўлқинлари ҳавода кўндаланг тўлқинлар тарзида тарқаладими ёки бўйлама тўлқинлар тарзида тарқаладими?
4. Эшитиладиган товуш тебранишлари қандай частоталар чегарасида жойлашган?
5. Товушнинг қаттиқлиги, тоннинг юксаклиги, товушнинг тембри нимага боғлиқ?
6. Резонанс ҳодисаси нимадан иборат ва уни қандай тажриба ёрдамида кузатиш мумкин?
7. Ультратовушлар нима ва уларнинг қандай хоссалари бор?
8. Ультратовушларнинг техникада ва медицинада фойдаланилишига мисоллар келтиринг.
9. Агар товуш дарёнинг нариги соҳилидан ҳавода 1,5 сек да етиб келган бўлса, дарёнинг кенлиги қандай?

Ж а в о б и: 0,51 км.

10. Момақалдиरोқнинг биринчи товуши чақмоқ чақнашдан сўнг 10 сек ўтгач кузатувчига етиб келди. Чақмоқ кузатувчидан қанча масофада бўлган?

Ж а в о б и: 3,4 км.

11. Милтиқнинг отилган товуши чақнаш кўрингандан 25 сек ўтгач кузатувчига етиб келди. Кузатувчигача бўлган масофа 8,25 км га тенг. Товушнинг ҳаводаги тезлигини аниқланг.

Ж а в о б и: 330 м/сек.

12. Нормал эшитиладиган энг юқори товушнинг частотаси 20 кгц (килогерц). Бундай частотада ҳаводаги тўлқин узунлигини топинг ( $v=340$  м/сек).

Ж а в о б и: 1,7 см.

### XI БОБ

## МОЛЕКУЛЯР-КИНЕТИК НАЗАРИЯ АСОСЛАРИ ВА ГАЗЛАРДА, СУЮҚЛИКЛАРДА ВА ҚАТТИҚ ЖИСМЛАРДА МОЛЕКУЛЯР ҲОДИСАЛАР

### 72- §. Молекулалар. Молекулаларнинг ўлчамлари

Атрофимизни ўраб олган табиатни кузатиш ва шунингдек лаборатория тадқиқотлари шуни кўрсатадики, ҳар бир жисмни қисмларга, бу қисмларни яна майда қисмларга бўлиш мумкин ва ҳоказо. Моддаларни майда бўлақларга бўлишнинг чегараси жуда узоқ бўлса-да, бундан жисмлар чексиз бўлиниши мумкин деган маъно келиб чиқмайди.

Эфир ёки одеколон (атир) томчиси бутун хонада ҳид тарқатади, ана шунинг ўзи бу моддаларнинг майда зарраларга бўлинганини ва бу майда зарралар ҳид билиш органларини уйғотганини билдиради.

Кўпгина қаттиқ жисмлар ҳам сувда ёки бошқа суюқликларда эриш қобилиятига эга бўлиб, бунда улар жуда майда зарраларга бўлиниб кетади. Масалан, 0,1 *мл* фуксин олиб уни 1 *л* сувда эритсак, у ҳолда 1 *ми*<sup>3</sup> сувда атиги 0,000 0001 *мл* фуксин бўлади, шу миқдордаги фуксиннинг ўзи ҳам сувни сезиларли даражада бўяйди.

Қисмларга бўлиниш хоссаси барча жисмларга хос бўлиб, *моддаларнинг бўлинувчанлиги* дейилади.

Ҳозирги замон нуқтаи назаридан қараганда ҳар қандай кимёвий содда модда бир хил атомлардан тузилган. Турли кимёвий элементларнинг атомлари турличадир. Атомлар гуруппаларга бирикиб, молекулаларни ҳосил қилади. Масалан, ош тузининг молекуласи бир атом натрий ва бир атом хлордан иборат; хлорид кислота молекуласи бир атом водород ва бир атом хлордан иборат; сувнинг молекуласи эса икки атом водород ва бир атом кислороддан иборат. Модданинг тузилиши ҳақидаги М. В. Ломоносовнинг фарази ҳозирги вақтда исбот қилинган. Барча жисмлар доим ҳаракатланувчи кўзга кўринмайдиган майда зарралардан иборат, жисмларнинг бу

зарралари молекулалар деб аталади. Молекула—модданинг барча хоссаларини ўзида сақлаб қолган энг кичик заррасидир. Агар стакандаги сувни майда томчиларга бўлиб юборилса, бундан кейинги бўлинишларда ҳар бир томчининг массаси кичиклашиб боради, лекин модда шундайлигича қолади, яъни бу майда қисмлар кўп миқдорда сувни ташкил қилади.

Кўзга кўринмайдиган зарралардан иборат бўлган сув буги сувнинг алоҳида молекулаларидан иборат бўлади (масалан, туман вақтида ҳаводаги сув томчиларидан иборат кўринадиган бугдан фарқ қилиб, қизиган ҳаводаги буг кўзга кўринмайди).

Сув юзида сузиб юрган мойда жуда ажойиб ҳодисани кузатиш мумкин. Агар сув сиртига бир томчи мой туширилса, бу томчи сувнинг бутун сиртига тарқалиб, уни деярли кўзга кўринмайдиган парда билан қоплайди. Бундай тажрибани кузатиш учун дастлаб сув юзига бир неча бўлак камфора ташлаб, сўнг бир томчи зайтун мойини томизиш kifоя. Мой томчиси дарҳол сув сиртига ёйилиб, сиртда жуда юпқа парда ҳосил қилади. Бундай парданинг қалинлиги битта молекуладек бўлиши мумкин. Мой томчиси ҳажмини ўлчаб (бунинг учун мой томчилари сонини ҳисоблаб, бу томчилар эгаллаган ҳажмини билиш керак) ва парда сирти катталигини ўлчаб, мой молекуласининг диаметрини аниқлаш мумкин. Олимлар шундай тажрибалар асосида зайтун мойи молекуласининг диаметри  $0,000\ 002\ \text{мм} = 2\ \text{миллимикрон} = 0,002\ \text{мк}$  эканини топдилар.

Бу ва бунга ўхшаш бошқа тажрибалар молекулаларнинг жуда кичик эканлигидан дарак беради.

Энг йирик молекулалар каучук ва оқсил молекулалари бўлиб, уларнинг диаметри 5 миллимикронга тенг. 30000 ва ундан ҳам кўп марта катталаштирувчи электрон микроскоп ёрдамида каучук ва оқсилларнинг энг йирик молекулаларини кўриш мумкин.

Италия олими Авогадро икки тенг ҳажмда олинган ихтиёрий тур газда бирдай босим ва айна бир температурада молекулалар сони бирдай бўлиши ҳақидаги гипотезани айтган эди. Қатор олимлар олиб борган ўлчашлар Авогадро сонини аниқлашга имкон берди. Масалан, Перрен броун ҳаракатини кузатиш натижасида Авогадро сони, яъни бир молдаги молекулалар сони  $6 \cdot 10^{23}$  га тенг эканини аниқлади. Кейинчалик бошқа усул билан олиб борилган янада аниқроқ ўлчашларда Авогадро сони учун ҳозирги вақтда ҳамма томонидан қабул қилинган  $6,02 \cdot 10^{26}\ \text{моль}^{-1}$  ёки СИ системасида  $6,02 \cdot 10^{26}\ \text{кмоль}^{-1}$  олинди. Модданинг молекуляр массасига тенг граммларда олинган массадаги миқдори *моль* деб тушунилишини эслатиб ўта-миз.

Назариётчи-физикларнинг экспериментал физиканинг сўнги ютуқларига асосланиб олиб борган ҳисоблари  $0^\circ\text{C}$  температура ва  $760\ \text{мм}\ \text{с.м.м.}$  устуни босим остида бўлган  $1\ \text{см}^3$  их-

тиёрый газда  $2,7 \cdot 10^{19}$  молекула (Лошмидт сони) бор эканини кўрсатди. Лошмидт сони (нормал шароитда ихтиёрый газнинг ҳажм бирлигидаги молекулалар сони) ни СГС системасида  $2,7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$  ёки СИ системасида  $2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$  га тенг деб ёзиш мумкин. Агар водород газининг барча бу молекулалари ёнма-ён бўлиб қатор жойлашган деб фараз қилинса, бу қаторнинг узунлиги 8 100 000 000 м бўлур эди. Бундай узунликдаги чизик билан Ерни 203 марта ўраш мумкин бўлар эди.

### 73-§. Молекулалараро масофа

Ҳар қандай модданинг молекулалари орасида оралиқ бўлади. Бу оралиқлар шунчалик кичикки, ҳатто энг кучли микроскоп остида ҳам кўринмайди, бироқ тажрибалар ёрдамида уларнинг бор эканлигига ишонч ҳосил қилиш мумкин.

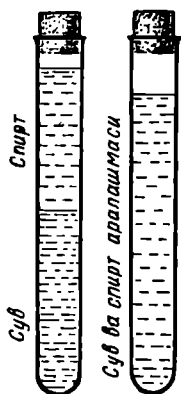
Жисмларнинг босим остида сиқилувчанлиги молекулалараро бўш фазо бор эканлигини исботловчи далиллардан биридир. Ҳар қандай газнинг ҳажмини кучли босим остида 100 мартадан кўпроқ сиқиш мумкин.

Қаттиқ жисмлар ва суюқликлар жуда кам сиқилади, лекин уларнинг ҳам сиқилиши исбот қилинган.

Рус олими Д. И. Менделеев лаборатория шароитларида сув ва спиртнинг сиқилишини исбот қилди. Совет академиги Н. Д. Зелинский лабораторияда ўта юқори босим (40 000 ат дан юқори) ҳосил қилди. У бундай улкан босим остида сувнинг ҳажми 3 марта камайишини исбот қилди.

Газлар, суюқликлар ва қаттиқ жисмларнинг совиганда сиқилиши молекулалар орасида оралиқларнинг бор эканлигини исботлайди.

Суюқликнинг йўғон металл орқали ўтиши ҳам бундай мутлақо яхлит бўлиб кўринган қаттиқ жисмларда ҳам молекулалараро фазонинг борлигини исботлайди. Агар кўрғошин шарга сув тўлдириб, сўнгра катта босим остида сиқилса, у ҳолда шар сиртига сув шудринг кўринишида сизиб чиқади. Бу тажриба, сувнинг молекулалари кўрғошиннинг молекулалараро оралигидан ўтиб, ташқарига чиққанини билдиради. Бир неча ўн минг атмосфера босимга мўлжалланган прессларда глицерин ишлатилади, пресс ишлаганда глицерин пўлат цилиндрнинг қалин деворлари орқали ташқарига ўтади ва цилиндрнинг ташқи деворларини майда томчилар кўринишида қоплайди. Академик Н. Д. Зелинский „ўта юқори босим“ бомбаларида сиқиш шунчалик зўр бўлдики, металл глицерин „кўз ёшлари тўкади“ деб образли қилиб ёзган эди.



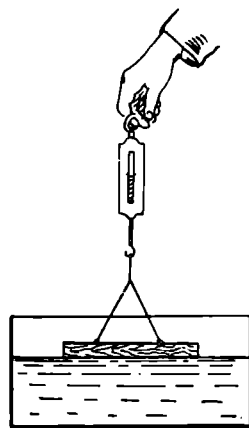
87-расм. Сув ва спиртнинг аралашинида ҳажм камайди.

да сиқилса, у ҳолда шар сиртига сув шудринг кўринишида сизиб чиқади. Бу тажриба, сувнинг молекулалари кўрғошиннинг молекулалараро оралигидан ўтиб, ташқарига чиққанини билдиради. Бир неча ўн минг атмосфера босимга мўлжалланган прессларда глицерин ишлатилади, пресс ишлаганда глицерин пўлат цилиндрнинг қалин деворлари орқали ташқарига ўтади ва цилиндрнинг ташқи деворларини майда томчилар кўринишида қоплайди. Академик Н. Д. Зелинский „ўта юқори босим“ бомбаларида сиқиш шунчалик зўр бўлдики, металл глицерин „кўз ёшлари тўкади“ деб образли қилиб ёзган эди.

Аралашаётган суюқликлар ҳажмларининг камайиши ҳам суюқлик молекулалари орасида оралиқ бор эканлигини исботлайди. Масалан, бир учи кавшарлаб қўйилган узун шиша найнинг (87-расм) ярмигача сув қўйиб, сўнгра рангли спирт билан тўлдириб, иккала суюқлик эгаллаган ҳажмни белгилаб қўяйлик. Энди найнинг оғзини резина пробка билан беркитиб, бир неча марта тўнкарсак, аралашган суюқликлар эгаллаган умумий ҳажмнинг камайганини кўраемиз. Бундан спиртнинг бир қанча миқдор молекулалари сув молекулалари орасидаги оралиқларга жойлашди ва аксинча сув молекулалари спирт молекулалари орасидаги оралиқларга жойлашди деб хулоса қилиш мумкин.

#### 74- §. Молекуляр тутиниш кучлари

Молекулалар ҳар қанча кичик бўлмасин улар орасида ўзаро тортишиш кучлари мавжуд бўлади, бу кучлар *тутиниш кучлари* дейилади. Қаттиқ жисмларда тутиниш катта, буни масалан, қаттиқ жисмларни кесиш, пармалаш, йўниш ишларида кузатиш мумкин, шунингдек бирор қаттиқ жисм, масалан, пўлат симни узишга уришиб кўриб ҳам буни кузатиш осон. Суюқликларда қаттиқ жисмлардагидан кўра тутиниш кучлари камроқ, шунинг учун улар осон тўкилади, оқади. Суюқликдаги тутинишни шундай тажрибада кузатиш мумкин. Шиша пластинкани горизонтал ҳолда пружинали тарозига осамиз сўнгра уни сувнинг сиртига тегизамиз (88-расм). Энди пластинкани сувдан ажратиб олиш учун пластинка оғирлигидан кўра катта куч керак бўлади, пластинкани ажратиб олгач эса унинг остки томонига юпқа сув қатлами ёпишиб қолганини кўраемиз. Пластинкани ажратиб олишда сувнинг икки қатлами орасидаги тутиниш кучларини енгилшга тўғри келди деб хулоса қилиш мумкин.



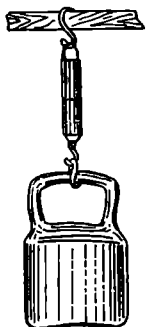
88-расм. Суюқлик қатламлари орасида тутиниш бўлади.

Шиша устига тўкилган симоб ҳам тутиниш кучлари таъсири остида шарчалар шаклида сақланиб туради. Бироқ тутиниш кучлари фақат молекулалар бир-бирдан жуда кичик масофаларда бўлгандагина намоён бўлади.

Агар ёғочдан ёки металлдан қилинган буюм синдирилса ва кейин унинг бўлаклари ўша тартибда тахланса, жисм бутун бўлиб қолмайди. Бунинг сабаби жисмнинг тахланган бўлаклари орасидаги масофанинг молекулалар ўлчамларига нисбатан жуда катта бўлишидир. Кўзимизга бу бўлаklar жуда зич тахлангандек кўринади, бироқ уларни бирлаштириш учун ёпиштириш ёки пайвандлаш (металл бўлган ҳолда) керак.

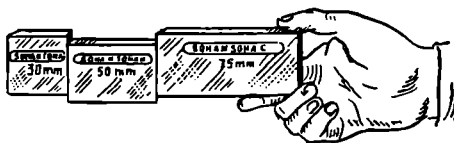
Қўрғошин, қалай ва бошқа юмшоқ металлларни бирмунча босиш йўли билан битта бўлакка бирлаштириш мумкин. Агар қаттиқ металлларнинг қипиқларини олиб (совуқ усул билан қотишма ҳосил қилиш мақсадида), уларни батафсил аралаштирилса ва сўнгра катта босим билан босилса, бир жинсли қотишма ҳосил бўлади.

Агар қўрғошин парчасини икки бўлакка бўлиб, сўнгра зич қилиб қўйилса ва яхшироқ ишқаланиши учун уларни бир-бирига нисбатан буралса, тутиниш кучлари таъсирида узилмасдан анчагина оғирликдаги юкни кўтара оладиган битта бўлак ҳосил бўлади (89-расм). Агар пўлат плиталарни яхшилаб силлиқланса ва бир-бири устига қўйиб, бир озгина сиқилса, улар молекулаларнинг тутиниш кучи туйфайли бир-бирдан ажралиб кетмайди (90-расм).



89-расм. Қўрғошин цилиндрининг икки бўлаги орасидаги тутиниш катта оғирликдаги тошни кўтара олади.

Аниқ тайёрланган пўлат плиталар тўпламидан машина ва механизмлар нозик деталарининг узунлик ўлчамларини контрол қилиш учун фойдаланилади.



90-расм. Яхши силлиқланган пўлат плиталарни тегишида молекуляр тортиш кучларининг таъсири намоён бўлади.

Шундай қилиб, молекуляр тутиниш кучлари молекулалараро ҳаддан ташқари кичик масофалардагина намоён бўлади. Ҳисобларнинг кўрсатишича, бу масофалар 0,000 0006 см, яъни  $6 \cdot 10^{-7}$  см дан кам бўлиши керак. Ҳозирги замон тасаввурларига кўра молекуляр тутиниш кучлари электр табиатига эга.

Молекулалар маълум масофадан яқинроқ келиб қолганда улар орасида молекуляр итаришиш кучлари пайдо бўлади, бу кучлар молекулаларнинг бевосита қўшилиб кетишига тўсқинлик қилади. Молекуляр итаришиш кучлари электр табиатга эга.

## 75-§. Газларда, суюқликларда ва қаттиқ жисмларда диффузия

Ҳар қандай модданинг молекулалари узлуксиз ҳаракатда бўлади, бу нарса турли тажрибаларда, масалан, диффузияга оид тажрибаларда тасдиқланади.

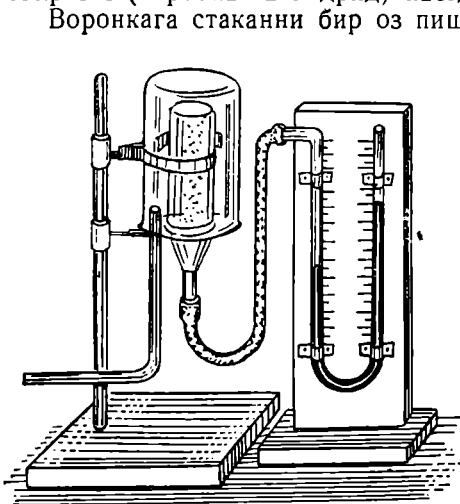
Бир модданинг бирор ташқи куч таъсирисиз иккинчи модда массасига кириш ҳодисаси *диффузия* дейилади (диффузия

латинча „диффундаре“ сўзидан олинган бўлиб, тарқалиш деган маънони билдиради).

1. Газларнинг диффузияси. Тез буғланувчан бирор модда, масалан, эфир ёки одеколоннинг оғзи очиб турилса, бу моддаларнинг ҳидини хонанинг турли жойларида дарҳол сезиш мумкин. Бундан эфир ёки одеколоннинг молекулалари ҳавода турли йўналишларда анчагина масофаларга тарқалар экан деб хулоса қилиш мумкин.

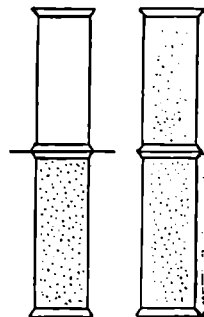
Шиша стаканни карбонат ангидридга тўлдирамиз ва устини шиша пластинка билан ёпамиз, бошқа стаканни кислородга тўлдирамиз. Унинг тубини юқорига қилиб туриб 91-расмда кўрсатилгандек биринчиси устига қўямиз. Шиша пластинкани эҳтиётлик билан суриб оламиз ва стаканлар туташади. 10—15 мин ўтгач, газлар ўз-ўзидан аралашиб кетади, буни стаканлардан ҳар бирига учи яллиғланиб турган чўп киритиб кўриб билиш мумкин.

Бу тажрибалар газларнинг молекулалари нисбий ҳаракатда бўлганлиги ва бир идишдан иккинчи идишга ўтганини билдиради, ҳолбуки енгил газ (кислород) юқорида, оғир газ (карбонат ангидрид) пастда бўлган эди.



92-расм. Ёритгич газ ёки водороднинг ҳавога диффузиясини кузатишга доир қурилма.

молекулаларининг эса стакандаги водородга секинроқ диффузияланишини кўрсатади. Бунга сабаб водород молекулаларининг катта тезлик билан ҳаракатланишидир.



91-расм. Газларнинг диффузияси.

Воронкага стаканни бир оз пиширилган лой (сопол) билан ёпиштирамиз ва резинка най ёрдамида воронкани сув манометри билан улаймиз (92-расм). Агар воронка устида шиша стаканни туби юқорига қилиб тутиб турилса ва унга водород (ёки ёритгич газ) киритилса, у ҳолда водород молекулалари сопол идишнинг ғоваклари орқали ўтади ва воронкадаги ҳавонинг эластиклигини оширади, буни манометрнинг кўрсатишидан билиш мумкин бўлади.

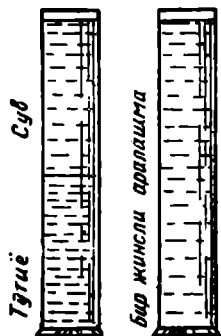
Бу тажриба водород молекулалари воронкадаги ҳавога тезроқ диффузияланишини, ҳаво молекулаларининг эса

Қатор тажрибаларда шу нарса аниқланганки, газнинг молекуляр массаси қанчалик кичик бўлса, берилган температурада газ молекулаларининг тезлиги шунчалик юқори бўлар экан. Водороднинг молекуляр массаси энг кичик бўлгани учун берилган температурада унинг молекулаларининг тезлиги энг катта бўлади.

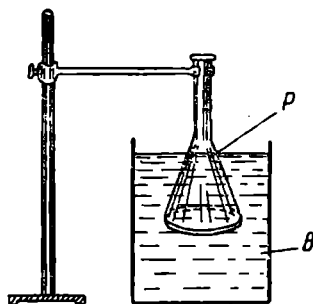
Газлар турли тўсиқлар, масалан, қоғоз, гипс пластинкаси, гишт девор ва бошқалар орқали осон ўтади. Табиатда ҳамма вақт турли газлар ҳавода диффузияланиб туради. Фабрика, завод трубаларидан чиқаётган газлар бир жойда тўпланиб қолмайди, ҳавода диффузияланиб кетади.

2. Суюқликларнинг диффузияси. Стаканга мис (II)-оксид (тўтиё) эритмаси қуйиб, сўнгра сув билан тўлдирилса, суюқликлар орасида кескин чегара ҳосил бўлади. Ана шу чегарага қоғоз лентаси ёпиштириб қўямиз. Стаканин бир неча кун тинч ҳолда қўйиб, суюқликлар орасидаги кескин чегаранинги йўқолганини кўриш мумкин. Бу ҳодиса суюқликларнинг диффузиясини исботловчи далил бўлиб хизмат қилади (93-расм).

Р воронкани олиб, унинг кенг тешигини пергамент қоғоз билан гаранг қилиб бекитилади, сўнгра унга мис (II)-оксид эритмаси тўлдириб сувли В идишга туширилади (94-расм).



93- расм. Суюқликларнинг диффузияси.



94- расм. Сувнинг мис купоросига (тўтиёга) ва аксинча диффузияланиши.

Бирмунча вақт ўтгач, воронкадаги эритма сатҳи сезиларли даражада кўтарилади. Бу сувнинг мис (II)-оксид эритмасига тезроқ диффузияланишини, эритманинги эса сувга секинроқ диффузияланишини билдиради. Идишдаги сувнинг оч кўк рангга кириши эритманинги ҳам гарчи секинроқ бўлса-да, сувга диффузияланишини кўрсатади.

Суюқликларнинг ғовак тўсиқлар орқали диффузияланиш ҳодисаси осмос деб аталади (грекча „босим“ сўзидан).

Осмос ҳодисаси техникада, масалан, қанд саноатида лавлагидан шакарни ажратиб олишда, аптекаларда турли настойкалар тайёрлашда ва бошқа ҳолларда ишлатилади.



3. Қаттиқ жисмлар диффузияси. Узоқ вақтлар давомида қилинган тадқиқотлар қаттиқ жисмларда ҳам диффузия бўлиши мумкин эканлигини кўрсатди. Масалан, олтин пластинка қўйилган қўرғошин цилиндр тўрт йилдан сўнг унга пайвандланиб қолган, бунда олтин молекулалари қўрғошинга ва, аксинча, қўрғошин молекулалари олтинга 5 мм чуқурликка кирган. Бу тажрибада қаттиқ жисм молекулаларининг бир жойдан иккинчи жойга силжиши (ҳаракатланиши) исботланди, албатта, бундай силжиш жуда секин ва кичик масофаларда бўлади.

Қаттиқ жисмлар диффузияси техникада, масалан, буг қозонларининг темир трубаларини куйишдан сақлаш учун алюминий қатлами билан қопланади, сўнгра узоқ муддат қиздирилади. Бунда алюминий ва темир бир-бирига диффузияланиб, ўтга чидамли қатлам ҳосил қилади.

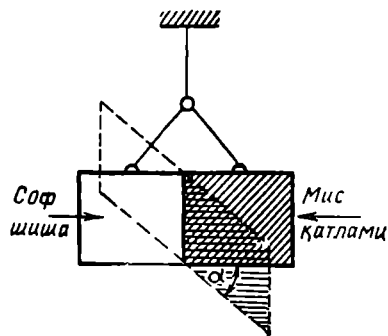
Темир буюмларни қаттиқроқ қилиш учун уларнинг сирт қатлами карбонлаштирилади, бошқача айтганда, цементланади. Бунинг учун буюмлар ҳар томондан карбонга бой бўлган модда билан тегиб турадиган қилиб темир қутилаларга жойлаб қўйилади, шундан сўнг қути герметик қилиб бекитилади (лой билан шуваб қўйилади) ва кучли қиздирилади. У ҳолда карбоннинг темирга диффузияланиши туфайли буюмларда пўлат сирт ҳосил бўлади.

## 76-§. Броун ҳаракати. Қаттиқ жисмлар, суюқликлар ва газларда молекулаларнинг ҳаракати

1827 йилда инглиз ботаниги Броун гул чангини микроскоп остида текшираётиб, сув томчисидаги чанг зарралари сакраб-сакраб ва хаотик ҳаракатланаётганини пайқади. Броун кейинчалик унинг номи билан аталган бу ҳодисани тушунтириб бера олмади.

1863 йилда Винер *броун ҳаракати* сув молекулаларининг тартибсиз ҳаракатланиб ўз йўлида тўқнашиши ва чанг заррасига урилиб, уни у ёқдан бу ёққа туртиши натижасида юзага келади, деб фараз қилди. Бундай қараш фанда тан олинган ва молекулалар ҳаракатининг билвосита исботи бўлиб хизмат қилади.

Айланувчи пластинка билан қилинадиган тажрибани кўрайлик. Яرمىси мис қатлами билан қопланган шиша пластинкани икки ипга вертикал осиб қўйилади (95-расм). Бундай пластинка ҳавода



95-расм. Ҳолда айланаётган мис пластинка билан тажриба.

қўзғалмайди, хлорда эса мис томони билан олдинга ҳаракатланиб, бирор  $\alpha$  бурчакка бурилади. Буни шундай тунтириш мумкин: пластинка ҳавода бўлганда молекулалар унинг икки томонига баравар урилди ва пластинка мувозанатда бўлди. Хлорда мувозанат бузилди. Бунга сабаб шуки, пластинканинг мис қатламига урилган молекулаларни мис ютади, шунинг учун хлор молекулаларининг умумий зарбаси хлорнинг шиша сиртга зарбасидан заифроқ бўлади. Шунинг учун пластинка хлорда мис томони билан олдинга ҳаракат қилди.

Бу тажриба ҳам молекулаларнинг мавжудлигини ва уларнинг ҳаракатланишини тасдиқлайди.

Ҳар қандай жисм молекулалар тўплами ёки агрегат бўлади. Жисм уч агрегат ҳолатда: *қаттиқ, суюқ ва газсимон* ҳолатларда бўлиши мумкин.

Температура ва таъши босим ўзгармас бўлганда қаттиқ жисм ўз шакли ва ҳажмини сақлайди. Унда диффузия жуда секин боради, шунинг учун зарралар орасидаги молекуляр тутиниш катта, қаттиқ жисм молекулалари ўтадиган масофалар кичик бўлади. Қаттиқ жисмда молекулалар мувозанат вазияти яқинида тебранма ҳаракатда бўлади.

Суюқликлар ўз оғирлиги таъсирида шаклини осон ўзгартиради ва ўзи турган идиш шаклини олади, бунда температура ва босим ўзгармаганда уларнинг ҳажми сақланиб туради. Суюқликда диффузия қаттиқ жисмдагига нисбатан тезроқ боради, чунки суюқликда молекуляр тутиниш қаттиқ жисмлардагига нисбатан заифроқ, молекулаларнинг тезлиги эса анча катта.

Суюқлик молекулалари илгариланма ва тартибсиз (хаотик) ҳаракатланади. Молекулалар орасидаги тутиниш уларга тўғри чизиқли анча йўл ўтишига имкон бермайди. Суюқликнинг ҳар бир молекуласи суюқликнинг бошқа молекулалари орасидан аста-секин, бошқа молекулаларнинг таъсир майдонларида бўлган ҳолда ўтади деб фараз қилиш мумкин. Тадқиқотларда суюқлик молекулалари ҳам тебранма, ҳам илгариланма ҳаракат қилиши аниқланган.

Газлар шаклини ҳам ҳажмини ҳам сақламайди, улар ўзи турган бутун ҳажми эгаллайди. Газларда молекуляр тутиниш жуда кичик бўлиб, молекулалар истаган йўналишларда катта тезликлар билан ҳаракатлангани учун уларда диффузия жуда тез бўлади.

Газларнинг кенгайиш ва сиқилиш ҳодисаларини билвосита усуллар билан ўрганиш газларда тутиниш кучларининг мавжуд эканини, бироқ улар жуда кичик бўлишини, шунинг учун газ молекулалари катта масофаларда илгариланма ҳаракатланиши мумкин эканлигини кўрсатди. Газ молекулаларининг илгариланма ва айланма ҳаракат қилиши тажрибаларда аниқланган.

## 77- §. Молекулаларнинг ҳаракати ва температура. Иссиқлик. Термодинамик температура шкаласи

Кўп сонли тажрибаларга асосланган иссиқликнинг молекуляр-кинетик назарияси жисмнинг иссиқлиги молекулаларнинг хаотик ҳаракатига боғлиқ бўлган процессдир, деган қонидани тан олади.

Жисм молекулалари иссиқлик ҳаракатининг катталики жиҳатдан ҳам, йўналиш жиҳатдан ҳам хаотик бўлиши бу ҳаракатни жисмнинг бутунисига тартибли ҳаракатидан фарқ қилувчи асосий хусусиятидир.

Демак, бундан иссиқлик ҳаракати материя ҳаракатининг механик шаклига қараганда мураккаброқ шакли экан деб хулоса қилиш мумкин. Иссиқлик ҳаракати зарралар ҳаракатининг оммавийлиги ва улар силжишининг хаотиклиги билан характерланади.

Иссиқлик ҳодисаларини кўплаб сонли зарралар тўпламининг ҳаракати асосида тушунтиришни улғу рус олими М. В. Ломоносов 1744 йилдаёқ ўзининг „Иссиқлик ва совуқликнинг сабаблари ҳақида фикрлар“ деган диссертациясида айтиб ўтган эди.

Ломоносов бу асаридега теплород назариясини танқид қилди. Теплород назарияси XVIII аср бошларида пайдо бўлган ва иссиқлик жисмда бўлган муаллақ (вазисиз) модда—теплороддан иборат деб тушунтирар эди. Бу назарияга кўра, жисмга теплороднинг оқиб келиши унинг температурасини кўтарди, жисмдан оқиб кетиши эса унинг температурасини пасайтирди деб фараз қилинар эди.

Ломоносов теплород назариясини чуқур танқид қилиш билан бирга иссиқлик ҳодисаларини илмий асослаб берди.

У шундай деб ёзган эди: „... менинг фикрим шундайки, олов иссиқлик зарраларнинг, жисми ташкил қилган материя зарраларининг айланма ҳаракатидан иборатдир“. Ломоносов иссиқликнинг бир жисмдан иккинчи жисмга ўтиши, қаттиқ жисмларнинг эриши ва суюқликларнинг буғланишини ҳам моддий зарраларнинг ана шундай ички ҳаракати билан тушунтирди.

Ломоносовнинг иссиқлик назарияси бутун ҳозирги замон иссиқлик техникасига илмий асос бўлди. Бу фикрларга Фарбий Европа олимлари Ломоносовдан 100 йилларча кейин келдилар.

Бизнинг давримизда иссиқликка бу нуқтаи назардан қараш тўла тан олинган. Бундай қарашга кўра жисмнинг иссиқлик ҳолати жисм барча молекулалари ҳаракатининг ўртача квадратик тезлиги билан характерланади, шунинг учун *жисмнинг температураси молекулалар ҳаракати ўртача квадратик тезлигининг ўлчови бўлади*. Ўртача квадратик тезлик квадрат квадратларининг ўртача арифметик қийматидан олинган квадрат илдизга тенг, яъни

$$u = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n}}$$

Молекулалар ҳаракати тезликларининг ўртача арифметик қиймати

$$v = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n}{n}$$

тезликнинг ўртача квадратик қийматидан 8% кам бўлади.

Агар жисмнинг температураси ортса, бу ҳолда жисм барча молекулалари тезлигининг ўртача квадратик қиймати ортади ва аксинча.

Жисм молекулаларининг секин ҳаракатланиши бизнинг ҳис-туйғуларимиз томонидан „совуқ“ сифатида, тез ҳаракатланиши эса „иссиқ“ сифатида қабул қилинади, шунинг учун жисмнинг температураси жисмнинг қизиш даражасидир деб гапирилади, бироқ температуранинг бу таърифи илмий эмас, чунки унда бу ҳодисани сезаётган кишининг аҳволига боғлиқ бўлиб қолади.

Температурани объектив баҳолаш учун *термометрлар* деб аталадиган асбоблардан фойдаланилади. Термометрлар турлитуман бўлиб, уларнинг тузилиши жисмнинг иссиқлик ҳолати ўзгарганда унинг ўлчамлари, босими, электр қаршилиги ва бошқа катталикларининг ўзгаришига асосланган. Энг кўп тарқалган симобли термометрнинг тузилиши симобнинг исиганда кенгайиб, совиганда торайиш ҳодисасига асосланган.

СИ системасида температурани ўлчаш учун Кельвин градуси ( $^{\circ}\text{K}$  *град*) қабул қилинган, бу термодинамик температуранинг бирлигидир. Шунга боғлиқ ҳолда термодинамик температура шкаласи (Кельвин шкаласи) белгиланади, унинг пастки чегараси—абсолют ноль нуқта ( $^{\circ}\text{K}$ ) ва асосий репер нуқтаси—сувнинг учлик нуқтаси, яъни сувнинг қаттиқ, суюқ ва газсимон фазалари термодинамик мувозанатда бўладиган нуқтадир. Бу нуқтага аниқ  $273,16^{\circ}\text{K}$  температура мос келади деб олинган. Температураларнинг термодинамик шкаласи тўла равишда объектив, термометрик жисмнинг табиатига боғлиқ эмас; бу шкала термодинамиканинг иккинчи қонунидан келиб чиқадиган термодинамик муносабатлардан фойдаланиш асосида амалга оширилиши мумкин. Термодинамика иккинчи бош қонунининг мазмуни шуки, иситгичдан олган бутун иссиқлик миқдорини бутунлай ишга айлантириб берувчи механизм бўлиши мумкин эмас; иссиқлик миқдорининг бир қисми совитгичга берилиши шарт. Музнинг эриш нуқтаси учлик нуқтадан  $0,01$  градус пастда бўлади. Бинобарин, Кельвин шкаласига кўра музнинг эриш нуқтаси  $273,15^{\circ}\text{K}$  га тенг.

## 78-§. Жисмнинг ички энергияси ҳақида тушунча

Жисмларнинг механик ҳаракатини ўрганиб, жисмнинг механик энергияси потенциал ва кинетик энергиялар йиғиндис билан ўлчанишини аниқладик. Бироқ ҳар бир жисм молеку-

лалардан иборат бўлиб, молекулалар уларнинг ўзаро жойлашишларига боғлиқ бўлган потенциал энергияга ва уларнинг ҳаракатига боғлиқ бўлган кинетик энергияга эгадир. Жисм таркибига кирувчи молекулалар ва атомлар ҳаракатининг кинетик энергияси ҳамда уларнинг ўзаро таъсир потенциал энергияси йиғиндиси *жисмнинг ички энергияси* дейилади.

Жисмнинг ички энергияси қандайдир доимий катталиқ эмас. Жисмнинг температураси ортиши билан ҳаракатланувчи зарраларнинг тезлиги, шунингдек улар орасидаги масофа ўзгаради. Бу эса ўз навбатида кинетик ва потенциал энергиянинг ўзгаришига олиб боради. Жисмнинг температураси ва массаси ўзгармас бўлганда жисмнинг кинетик энергияси ўзгармас катталиқ бўлиб қолади, чунки жисмда ҳаракатланаётган зарраларнинг тезлиги ўзгармайди, жисмнинг потенциал энергияси эса шу температурада ўзгариши мумкин. Маълумки, жисм эришида унинг температураси ўзгармайди, бироқ молекулалар орасидаги масофа ортади ва улар орасидаги боғланиш заифлашади, шунинг учун потенциал энергия ортади.

Моддаларнинг бўлинишини, диффузия, броун ҳаракати, сингивчанлиги ва бошқа ҳодисаларни ўрганиш натижасида молекуляр-кинетик назария яратилди, бу назариянинг асосий қоидалари қуйидагича:

1. Ҳар қандай модда молекулалардан тузилган.
2. Молекулалар орасида оралиқлар бўлади, шунинг учун модда яхлит эмас.
3. Молекулалар орасида молекуляр таъсир доирасида номён бўлувчи тутиниш ва итаришиш кучлари мавжуд. Бу кучлар электр табиатли кучлардир.
4. Молекулалар узлуксиз ҳаракатда бўлади ва кинетик энергияга эга.
5. Молекулалар уларнинг ўзаро таъсири ва ўзаро жойлашишига боғлиқ бўлган потенциал энергияга эга.
6. Жисмнинг температураси ортганда молекулаларнинг кинетик энергияси ортади.

### Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Моддаларнинг бўлинувчанлигини қандай тажрибалар тасдиқлайди?
2. Молекула нима?
3. Мсй молекуласи ўлчамини олимлар қандай тажрибаларга асосланиб аниқлаганлар?
4. Молекулаларо фазонинг мавжудлигини қандай тажрибалар тасдиқлаши мумкин?
5. Молекуляр тутинишни қандай тажрибалар асосида тасдиқлаш мумкин?
6. Диффузия ва осмос нима?
7. Газлар, суюқликлар ва қаттиқ жисмлар диффузиясига онд тажрибаларни қандай ўтказиш мумкин?
8. Броун ҳаракати нима?
9. Қаттиқ жисмлар, суюқликлар ва газларда молекулалар қандай ҳаракатланади?

10. Молекулаларнинг ҳаракат тезлиги моддаларнинг температурасига қандай таъсир қилади ва нима учун температура кўтарилганда диффузия тезлиги ортади?

11. Жисмнинг ички энергияси нима?

12. Модда тузилишининг молекуляр-кинетик назариясининг асосий қончалари қандай?

## 79-§. Суюқликнинг сиртқи қатлами

Суюқликнинг ҳар қандай молекулалари орасида тортишиш ёки тутиниш бор эканлиги ҳақида айтиб утилган эди. Шиша устига икки томчи симоб томизамиз ва уларни яқинлаштирамиз, улар бир томчи бўлиб бирлашиб кетади. Ёглиқ қоғозда турган икки томчи сув билан ҳам шундай тажриба қилиш мумкин. Бироқ томчилар жуда яқин масофага келтирилгандагина шундай бирлашиб кетади.

Тажриба ва ҳисоблашлар молекуляр кучларнинг  $0,000\ 0006\text{ см}$  ёки  $6 \cdot 10^{-7}\text{ см}$  дан ортиқ бўлмаган масофалардагина сезиларли таъсир қилишини кўрсатади. Молекуляр тутиниш барча йўналишларда бирдай таъсир қилади, бинобарин, тутиниш кучлари намоён бўладиган молекула атрофидаги фазо радиуси  $6 \cdot 10^{-7}\text{ см}$  дан ортиқ бўлмаган шар ёки сфера ичида бўлиши керак. Шу сфера молекуляр таъсир сфераси дейилади.

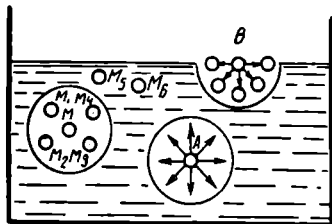
$M$  молекула атрофидаги фазони кўрайлик. Агар бу фазо радиуси  $r=6 \cdot 10^{-7}\text{ см}$  бўлган шар ичида бўлса, бу ҳолда шар ичида бўлган ҳар бир молекула, масалан,  $M_1, M_2, M_3, M_4$  молекулалар  $M$  молекулага тортилади. Бу шардан ташқаридаги молекулалар, масалан,  $M_5$  ва  $M_6$  энди  $M$  молекулага тортилмайди, чунки бу молекулалар молекуляр таъсир радиусидан узоқ масофаларда туради.

Суюқлик ичида жойлашган  $A$  молекула унинг таъсир сферасида бўлган барча молекулаларга тортилади. Бироқ  $A$  молекула суюқликнинг барча молекулалари томонидан бир текисда ўраб слинган, шунинг учун

тортишиш кучлари ўзаро мувозанатлашади ва бу молекула мувозанатда бўлади.

Суюқликнинг ҳаво билан чегараланган сиртқи қатламидаги  $B$  молекула унинг пастки ярим сферасида ётган барча молекулаларга тортилади, юқори ярим сферада суюқлик молекулалари деярли бўлмайди (суюқлик буғларини ҳосил қилган молекулалар бўлиши мумкин, бироқ ярим сферада улар жуда кам бўлади), шунинг учун юқори

га қараб йўналган тортишиш кучи ҳам жуда кам бўлади ва уни назарга олмаслик мумкин. Шундай қилиб, ҳаво билан че-



96-расм. Суюқлик молекуласининг молекуляр таъсир доирасида бўлган бошқа молекулалар билан ўзаро таъсири.

гараланган сиртқи қатламда ётган *B* молекула фақат суюқлик ичига йўналган тортишиш кучи таъсирида бўлади.

Сиртқи қатламнинг барча молекулалари суюқлик ичига тортилиб суюқликка босим беради, бу босим *молекуляр босим* дейлади.

Ҳисоблашларнинг кўрсатишича, сиртқи босим улкан катталикларда бўлиши мумкин. Масалан, температураси  $100^{\circ}\text{C}$  бўлган сув учун у  $11000\text{ ат}$  га тенг.  $1000\text{ ат}$  босим билан сиқилган 1 литр сув ўз ҳажмини фақат  $10\text{ см}^3$  камайтиради. Агар сув ҳатто катта босимда ҳам оз сиқилса, унинг ўзи сиқилган ҳолатда турган экан деб хулоса қилиш мумкин. Фақат  $40000\text{ ат}$  босим билан сувнинг ҳажмини 3 марта кичрайтириш мумкин. Бундай тажриба суюқликнинг сиртқи босими мавжуд эканини билвосита тасдиқлайди.

## 80- §. Сирт таранглик

Биз кўриб ўтган мисолдан (79- §) *B* молекулага сиртқи қатлам молекулаларига йўналган кучлар таъсир қилишини билиш мумкин. Бу кучлар таъсирида молекулалар яқинлашиши ва шунинг учун сиртқи қатлам қисқариши керак. Бундай ҳодиса *суюқликнинг сирт таранглиги* дейлади. Демак, суюқлик сирт таранглик кучлари таъсирида *ўзининг эркин сиртини камайтиришга ҳаракат қилади*.

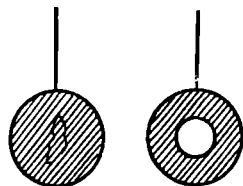
Бунга тажрибалар ёрдамида ишонч ҳосил қилиш мумкин.

Агар ёг билан мойланган игнани эҳтиётлик билан сув бетига қўйсақ, у сувда сузиб юради, бунда игна остида сув сирти бир оз эгриланади.

Парафин суртилган мис тўр сувда сузади, тўр остидаги сув сирти бир оз эгриланади.

Агар найча ёрдамида совун пуфаги ҳосил қилиб, сўнг найчани оғиздан олинса, сирт таранглик кучлари таъсири остида пуфак ҳаво оқимини сиқиб ўз ўлчамини кичиклаштиради. Суюқлик ўз сиртини қисқартиришга интилишини қўйидаги тажрибада янада равшанроқ кўриш мумкин. Сим ҳалқани совун эритмасига туширсак, у жуда юққа парда билан қопланади. Бу парда устига ингичка ипакдан боғланган сиртмоқни қўйсақ ва сиртмоқ ичини тешсак, у ҳолда совун пардаси сиртмоқни бир текис тортиб ҳалқа ҳосил қилади (97- расм).

Шиша юзидаги симоб томчисини майдалаб юборсак, майда томчилар ҳам шарча шаклини олади (98- расм). Геометриядан берилган ҳажмда энг кичик сиртга эга бўлган шакл шар эканлиги маълум. Бинобарин, симобнинг кичик массалари сиртқи парданинг қисқариши таъсирида шар шаклини



97- расм. Сирт таранглик ипнинг ҳар бир узунлик бирлигига текис ва унга перпендикуляр равишда таъсир қилади.

олди, чунки шар шаклида сирт энг кичик бўлади (берилган ҳажмлар учун). Катта массаларнинг шар шаклида бўлишига уларнинг оғирликлари халақит беради, улар ўз оғирлиги таъсирида яссироқ шаклда бўладилар (99-расм). Катта массали суюқликка унинг оғирлиги таъсирини йўқотиш учун Плато деган олим шундай тажриба ўтказди. У сув ва спиртдан зичлиги прован мойи зичлигига тенг бўлган аралашма тайёрлади ва мойни шу аралашмага қўйди. Мой муаллақ ҳолатда бўлиб



98-расм. Симобнинг ойна устидаги томчилари шар шаклини олади.

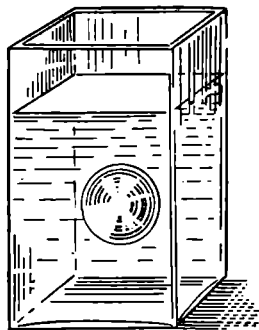


99-расм. Симобнинг катта томчиси ўз оғирлиги таъсирида яссиланади.

(Архимед қонунига мувофиқ у эритманинг итариб чиқарувчи кучи билан мувозанатлашган), сирт таранглик кучлари таъсирида шар шаклини олди (100-расм).

Бу тажрибалардан суюқликнинг сиртқи қатлами юпқа эластик парда сингари хоссаларга эга бўлар экан деган хулосага келиш мумкин. Аслида эса парданинг ҳеч қандай эластиклик кучи йўқ. Бундай эластикликни фараз қилиш кўп ҳолларда мулоҳаза қилишни осонлаштиради.

Суюқлик сирти гўё у таранг тортилгандек қисқаради, бироқ аслида бундай эмас. Тажрибаларда олиб борилган ўлчашлар



100-расм. Суюқликнинг фақат тутниш кучлари таъсиридаги шакли.

сирт таранглиги парда сиртининг катталигига боғлиқ бўлмаслигини ва берилган суюқлик учун доимий қолишини кўрсатади. Сув ёки симоб томчиси эластик молекуляр парда билан ўралган, бироқ парда ҳақиқатан ҳам эластик бўлганда эди унинг сирти ортганда сирт таранглиги ҳам ортган бўлур эди (резинка парданинг эластиклиги сингари). Ҳақиқатда эса суюқликнинг сирти ортганда унинг ортиши суюқлик ичидан янги молекулаларнинг бу сиртга қўшилиши туфайли бўлади. Бунда сиртқи қатламга суюқлик ичидан келаётган молекулалар суюқликнинг ичига йўналган сиртқи босимни енгади. Бу босимни енгилган сарф қилинган иш сиртқи қатламнинг потенциал энергиясига айланади. Сиртқи қатлам молекулалари потенциал энергиялари энг кам бўладиган вазиятга ўтишга ҳаракат қилади. Суюқлик сиртқи қатлами потенциал энергиясининг камайиши шу сиртқи қатламнинг камайиши ҳисобига бўлади.



Шунинг учун тутиниш кучлари таъсирида молекулалар шундай ҳаракатланадики, бунда сиртқи қатлам катталиги камаяди. Шундай қилиб, ҳар қандай суюқликда унинг сиртқи қатлами гўё *эластик таранглик* ҳолатида бўлади. Агар сирт текис бўлса, сирт таранглик бу текисликда таъсир қилади. Агар сирт эгри бўлса, сирт таранглик сиртга уринма бўйлаб таъсир қилади. Суюқликнинг сирт таранглик катталиги фақат суюқлик сирти чегарасининг узунлигига боғлиқ бўлади. Сирт бўйлаб таъсир қилувчи сирт таранглик катталигини ўлчаш мумкин.

*Суюқлик сирт таранглик кучининг суюқлик сирти чегараси узунлигига нисбати билан ўлчанадиган катталик сирт таранглик коэффиценти дейилади.* Суюқликнинг шу чегараси узунлигидаги сирт таранглик кучини  $F$  билан, чегара узунлигини  $l$  билан, сирт таранглик коэффицентини  $\sigma$  (грекча "сигма" ҳарфи) билан белгилаб, шундай ёзиш мумкин:

$$\sigma = \frac{F}{l}.$$

СГС бирликлар системасида сирт таранглик коэффиценти *дина/см* ҳисобида ўлчанади. СИ системасида *н/м* да ўлчанади.

Суюқликнинг сирт таранглик коэффицентини аниқлаш учун шундай қилиш мумкин: бюреткани текширилаётган суюқлик билан тўлдирилади ва узилиб тушаётган томчилар сони саналади. Томган томчиларни тортиб, бир томчининг оғирлиги  $P$  аниқланади ва уни дина билан ифодаланади. Сўнгра мана бундай фикр юритилади: найдан томчи узилаётганда суюқликнинг томчининг бўйни айланаси бўйлаб таъсир қилаётган сирт таранглигини энгишга тўғри келади; томчининг бўйни радиусини тахминан найнинг ички радиусига тенг деб олиш мумкин:

Бу айлананинг узунлиги  $l = 2\pi r$  формуладан ҳисобланади, у ҳолда сирт таранглик кучи  $F = 2\pi r\sigma$  тарзида ифодаланади. Бироқ бу куч томчи оғирлигига тенг, бинобарин,  $2\pi r\sigma = P$ , бундан:

$$\sigma = \frac{P}{2\pi r}.$$

Баъзи суюқликлар сирт таранглик коэффицентларининг *дина/см* ва *н/м* да ифодаланган қийматларини келтирамиз:

	<i>дина/см</i>	<i>н/м</i>
Симоб 18°C да	490	490·10 <sup>-3</sup>
Сув . . . . .	73	73·10 <sup>-3</sup>
Спирт . . . . .	24	24·10 <sup>-3</sup>

Рус олими Д. И. Менделеев биринчи бўлиб эриган металлларнинг сирт таранглигини текширди. Турли металлларнинг эриган ҳолатдаги сирт тарангликлари бир-биридан анчагина фарқ қилар экан. Масалан, эриган ҳолатдаги чўяннинг сирт таранглиги эриган ҳолатдаги бронзанинг сирт таранглигидан анча катта. Шу сабабли ҳам буюмнинг майда деталларини равшан

акс эттирадиган қолиплар тайёрлашда, масалан, ҳайкаллар тайёрлашда бронза ишлатилади.

Эриган чўян сирт таранглигининг катта бўлиши уни қуйишда қолипнинг нозик чуқурчаларининг тўлишига халақит беради. Фақат қуйишнинг марказдан қочма усулини қўллаш натижасидагина машиналар деталларининг майда қисмларини аниқ қуйишга имкон бўлади.

## 81-§. Ҳўллаш ҳодисаси. Мениск

Сувда ҳўлланган шиша таёқча ўз сиртида сув томчиларини қолдиради, симобда эса қуруқ бўлади.

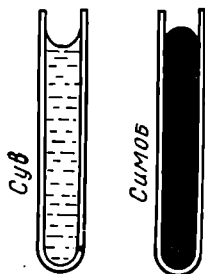
Агар суюқлик қаттиқ жисмга ёпишса, бундай ҳодиса *ҳўллаш* дейилади, акс ҳолда эса *ҳўлламаслик* дейилади. Масалан, сув ёғочни, шишани, металллар ва бошқа жисмларни ҳўллайди, бироқ мой билан қопланган ёки мой сингдирилган жисмларни ҳўлламайди. Симоб мис, қўрғошин, рухни ҳўллайди, бироқ чинни, шиша ва бошқа жисмларни ҳўлламайди.

Агар суюқлик қаттиқ жисмни ҳўлласса, бу ҳолда қаттиқ жисм билан суюқлик орасидаги молекуляр тутиниш суюқликнинг молекуляр тутинишидан анча катта бўлади. Агар суюқлик қаттиқ жисмни ҳўлламаса у ҳолда суюқликдаги тутиниш қаттиқ жисм ва суюқлик орасидаги тутинишдан анча катта бўлади. Масалан, симоб шишани ҳўлламайди, бинобарин, симобда тутиниш кучи шиша ва симоб молекулалари орасидаги тутинишдан анча катта.

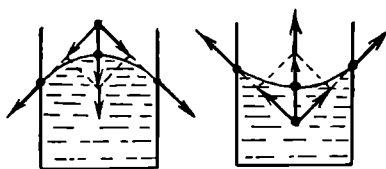
Бир пробиркага сув, иккинчи пробиркага симоб қуямиз ва сувнинг пробирка деворлари олдида бир оз кўтарилганини ва симобнинг эса пастга тушганини кўрамиз (101-расм).

Суюқликнинг эгри сирти *мениск* (грекча „ойга ўхшаш“ деган маънони беради) деб аталади.

Умунан, идиш деворларини ҳўллайдиган суюқлик ботиқ мениск, идиш деворларини ҳўлламайдиган суюқлик эса қавариқ мениска эга бўлади. Ботиқ мениск бўлган ҳолда сирт таранглик кучи юқорига қараб таъсир қилади, чунки сиртқи парда ўзининг эгрилик марказига тортилиб ботиқликдан яссиликка ўтишга ҳаракат қилади. Қавариқ мениск бўлган ҳолда сирт таранглик кучи пастга қараб таъсир қилади,



101-расм. Ҳўллаш ҳолида суюқликнинг сирти девор олдида бир оз кўтарилган (сирт ботиқ), ҳўлламаслик ҳолида эса бир оз пасайган (сирт қавариқ) бўлади.

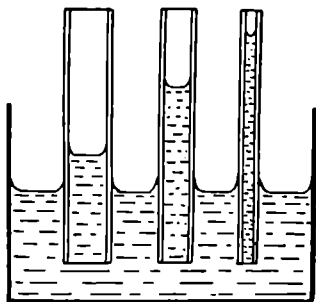


102-расм. Сиртдаги босим мениск шаклига боғлиқ бўлади.

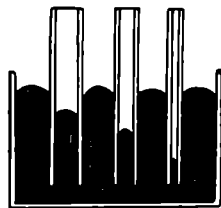
чунки сиртқи парда ўзининг эгрилик маркази томонга торти-  
либ, қавариқликдан яссиликка ўтишга ҳаракат қилади. Бино-  
барин, ботиқ менискда сиртга босим ясси ҳолдагидан кам, қа-  
вариқ менискда эса ясси ҳолдагидан катта бўлади.

## 82- §. Капиллярлик. Табиат ва техникада, турмушда капиллярлик ҳодисалари

Диаметри 1 мм ва ундан кам бўлган найчалар *капилляр-  
лар* дейилади („капиллюс“ — латинча сўз, „соч“ деган маъно-  
ни билдиради). Агар сувга диаметри турлича бўлган капилляр  
найчаларни туширсак, найчанинг диаметри қанча кичик бўл-  
са, сувнинг шунча юқори кўтарилишини кўрамиз. Сувнинг ҳа-  
ракатланишига сабаб бўлган куч бу ерда сувнинг сирт таранг-  
лиги бўлади. Ҳақиқатан ҳам сув найчани ҳўллайди, шунинг  
учун ботиқ мениск ҳосил бўлади ва сув идиш деворлари ол-  
дида бир оз кўтарилган бўлади. Ботиқ сиртқи парда қисқара-  
ди ва суюқлик (сув) устунини юқори кўтаради. Сувнинг кў-  
тарилиши сирт таранглик  
кучи найчадаги сув устунини  
оғирлиги билан мувозанат-  
лашгунча қадам-бақадам да-  
вом этади (103- расм).



103- расм. Ҳўллаш ҳолида ка-  
пиллярлардаги суюқлик сатҳи  
кенг идишдаги суюқлик сатҳи-  
дан баланд бўлади.



104- расм. Ҳўлламаслик ҳоли-  
да капиллярлардаги суюқлик  
сатҳи кенг идишдаги суюқлик  
сатҳидан паст бўлади.

Найчани симоб тўлдирилган идишга ботириб, капиллярда  
симоб сатҳи идишдаги симоб сатҳидан паст бўлишини кўрамиз  
(104- расм). Бунга сабаб шуки, қавариқ мениск қисқариб, ка-  
пиллярдаги симобни пастга туширади.

Капилляр ҳодисалар табиатда, турмуш ва техникада кенг  
тарқалгандир. Капиллярлар табиатда кўп учрайди, масалан:  
одам ва жониворларнинг сочи, одам ва жониворларнинг майда  
қон томирлари, ўсимликларнинг шарбати юрадиган жуда ин-  
гичка (нозик) томирлари, тупроқдаги сув унинг сиртига кўта-  
риладиган энг ингичка капиллярлар, гиштларнинг ҳаво диф-  
фузияланадиган ва сув нами ўтадиган ғовақлари, тухум пўс-

тидаги сув буғланишини таъминловчи ғоваклар ва шунга ўхшашлар бунга мисол бўла олади.

Турмушда капиллярликка мисол қилиб, масалан, бензин, керосин, спиртнинг зажигалка, лампа, спирт лампалар ва шунга ўхшаш рўзғор асбобларидаги пиликлардан кўтарилишини кўрсатиш мумкин. Спортчилар сочиғи сувни яхши шимиб олади. Босма қоғоз сиёҳни яхши шимади. Авторучкада сиёҳ капилляр бўйлаб перога келади.

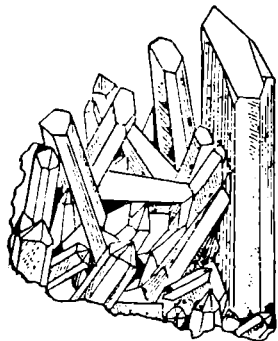
Чармдан қилинган оёқ кийими сувни шиммаслиги учун уни мойланади.

Техникада машина ва механизмларни мойлашда, чарм ва газмолларни бўйшда капиллярликдан фойдаланилади. Бинобарин, бино қуришда, аксинча фундаментни деворлардан қопламалар билан ажратилади, бу қопламалар тупроқдаги сувнинг капиллярлар бўйлаб кўтарилишига йўл қўймайди.

### 83- §. Қаттиқ жисмлар. Кристалл ва аморф жисмлар

Кундалик ҳаётимизда биз ўз шаклига эга бўлган барча жисмларни қаттиқ жисмлар деб атаймиз. Масалан, металллар, олмос, муз, қанд, шиша, канифоль, вар, мум—буларнинг ҳаммаси одатда қаттиқ деб ҳисобланади. Бироқ санаб ўтилган бу жисмларнинг ҳаммаси ҳам асл маъноси билан қаттиқ жисм эмас. Металллар, олмос, муз, қанд қаттиқ жисм бўлса, шиша, канифоль, вар, мум ёпишқоқ суюқликлардир.

Буни шундай тажрибаларда кузатиш мумкин. Воронкага солинган вар парчалари бир оз вақт ўтгач унинг тешигидан стержен кўринишида оқиб тушади. Варга қўйилган чўян тош аста-секин идиш тубига тушади, идиш тубига қўйилган ёғоч ёки пўкак парчалари эса аста-секин унинг сиртига қалқиб чиқади. Учлари таянчга қўйилган узун шиша найча вақт ўтиши билан ўз оғирлиги натижасида эгилади ва шундай ҳолатда қолади.



105-расм. Кристаллларнинг кўринишларидан бири.

Биринчи группа жисмлар (металллар, олмос ва бошқа) кристалл жисмлар, иккинчи группа жисмлар (шиша, канифоль ва бошқалар) аморф (грекча сўз — „шаклсиз“) жисмлар деб аталади.

*Кристалллардан тузилган бир жисмли жисмлар қаттиқ жисм деб аталади.* Модданинг табиий текис қирралар билан чекланган муайян геометрик шаклдаги зарраси кристалл дейилади (105-расм).

*Кристалл тузилишга эга бўлмаган жисмлар аморф жисмлар дейилади.*

Айни бир жисм аморф ҳолатда ҳам, кристалл ҳолатда ҳам бўлиши мумкин. Масалан, шиша аморф жисм, лекин вақт ўтиши билан унда кристалл тузилишлар намоён бўлади. Совуқ сувга солинган эриган олтингугурт ҳам аморф жисмдир, бироқ бирмунча вақт ўтгач олтингугурт кристаллга тушади. Шакар— кристалл жисм, бироқ у сувда эритилса, совиғандан сўнг шаффоф шишасимон рангга кириб қотади, кристалл тузилишга эга бўлмай, аморф жисм бўлиб қолади. Лекин бир оз вақт ўтгач, у қанд бўлакчалари билан қопланади ва кристалл тузилишга эга бўлиб қолади.

Бу тажрибаларга ўхшаш турли тажрибалардан жисмларнинг аморф ҳолатлари барқарор ҳолат эмас, вақт ўтиши билан у кристалл ҳолатга ўтади деган хулоса чиқариш мумкин. Баъзи жисмларда, масалан, ош тузи, қанд, мис (II)-оксид, олмос, кварцда кристаллар йирик бўлади ва кўз билан осонгина ажратиш мумкин, бошқа жисмлар, масалан, мис, темир ва бошқа металлларнинг кристаллари жуда майда бўлади, уларни кучли микроскоплар ёрдамида пайқаш мумкин.

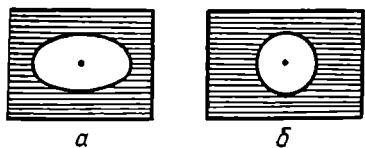
Кристаллар турли факторлар таъсирида ўз ўлчамларини катталаштиришлари мумкин эканлигини тажрибалар кўрсатди. Масалан, темир ва пўлат кристаллари кучлар зарбаси остида силжинишда йириклашади, масалан, темир йўл рельслари, вагон ўқлари, пўлат кўприкларда шундай бўлади, бунинг натижасида уларнинг мустаҳкамлиги анча камаёди. Бу ҳолда кристалларнинг ўсиши мақсадга мувофиқ эмас, лекин баъзи ҳолларда, масалан, қатор оптик ва электр асбоблар яшашда кристалларнинг ўсиши жуда қўл келади.

Аморф жисмнинг физикавий хоссалари барча йўналишларда бир хил бўлади; кристалл жисмларда эса йўналишга боғлиқ ҳолда ўзгаради. Масалан, шиша (аморф жисм) ундан ихтиёрий йўналишда ўтаётган ёруғликни бир хил синдиради, ҳолбуки кальцит (исланд шпати) ёруғлик нуруни фақат бир йўналишдагина бир марта синдиради; бошқа йўналишларда эса ёруғлик нури бошқача синади, синиш натижасида синган нур иккиланади. Агар ҳарфлар ёзилган варақча кальцит кристали қўйилса, ҳар бир ҳарф гўё қўшалок бўлиб кўринади (106- расм). Нурнинг иккиланиб синишини фақат кальцит кристалида эмас, бошқа кристалларда ҳам кузатиш мумкин.



106- расм. Кальцит кристалида нурнинг иккиланиб синиши.

Баъзи кристаллар электр токини фақат бир йўналишда ўтказиш хусусиятига эга бўлиб, токни қарама-қарши йўналишда ўтказмайди, масалан, ялтироқ қўрғошин (PbS) кристали шундай. Бундай кристаллар детекторли радиоприёмникларда ан-

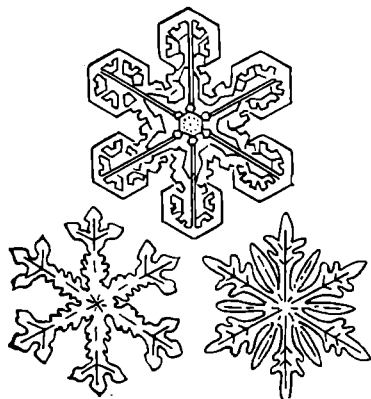


107- расм. Қизитилган игна текизилганда пластинкани қоплаган мум эриб кетади.

дар билан аралаштирилган мум қатлами билан қоплаб, бу қатламга перпендикуляр ҳолда чўлганган игнани ботирсак, мум эллипс сирти бўйлаб эриганини кўрамиз, бу кварцнинг иссиқликни турли йўналишларда турлича ўтказишни кўрсатади (107- а расм).

Агар кварцнинг иссиқлик ўтказувчанлиги барча йўналишларда бир хил бўлганда эди, аморф жисмларда, масалан, шишада кузатилганидек, мум доиравий сирт шаклида эриган бўлур эди (107- б расм).

Кристаллларнинг шакли жуда турли-туман кубчалардан (ош тузида) тортиб энг мураккаб кўп ёқлилар (нодир тошларда) кўринишида бўлиши мумкин (108- расмда қорнинг кристалл шакли кўрсатилган).



108- расм. Қор кристалларининг шакли.

#### 84- §. Кристалл панжара ҳақида тушунча

Ҳар қандай кристалл ҳам тўғри геометрик шаклдаги жисм бўлишидан рус олими Е. С. Федоров (1853—1919) атом ва молекулалар кристалларда тенг масофаларда тўғри қаторлар шаклида жойлашган деган қарорга келди.

Москвалик физик Ю. В. Вульфнинг 1912 йилда рентген нурлари ёрдамида ўтказган тадқиқотлари Е. С. Федоровнинг 1879 йилдаёқ илгари сурган фарози тўғри эканини тасдиқлади.

Е. С. Федоров фикрлари асосида ош тузи кристали тузилишини кўрайлик. Ош тузи кристали натрий ва хлорнинг алоҳида ионларидан ( $\text{Na}^+$  ва  $\text{Cl}^-$ ) ташкил топган. Бу ионлар ўзаро тортишиб уч йўналишларнинг ҳар бири бўйлаб тенг масофаларда навбатма-навбат жойлашади.

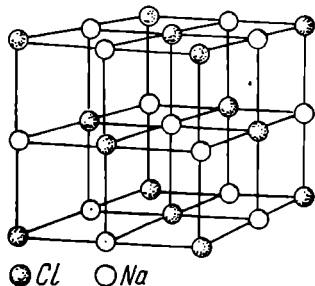
Ионларнинг тўғри қаторлари бўйлаб тўғри чизиқлар ўтказиб, ионларнинг фазода тўғри қаторлар бўйлаб жойлашишини ёки фазовий панжарани оламиз (109- расм). Панжарани ҳосил

қилувчи тўғри чизиқларнинг кесишиш нуқталарида кристалл ионлари жойлашади.

Кристалланиш вақтида молекула ва унинг қисмлари асосан параллел текисликларда жойлашади, бу текисликлар турли бурчаклар остида кесишиши мумкин, бунинг натижасида турли-туман шаклдаги кристаллар ҳосил бўлади.

Кристалларнинг физикавий хоссалари уларнинг шаклига боғлиқ бўлишини тажрибалар кўрсатди.

Шундай қилиб, атоқли рус олими Е. С. Федоров XIX асрнинг охирида жаҳонда биринчи бўлиб кристаллар структураси назариясини яратди ва бу билан кристаллар ҳақидаги фан (кристаллография)нинг асосий муаммосини—атом ва молекулаларнинг фазодаги мумкин бўлган барча тўғри жойлашишларини излаб топиш муаммосини ҳал қилиб берди. Е. С. Федоров ишлаб чиққан кристаллографик ўлчашлар усули ҳозирги кунгача бутун дунёда қўлланилади, бу билан ватанимиз олимларининг фан ва техника соҳасидаги обрўсини, уларнинг ишлари нақадар замон талабларига хос эканлигини яна бир бор кўрсатади. Е. С. Федоров кристаллар хоссаларини ҳам назарий, ҳам экспериментал ўрганишда туб ўзгариш ясади деб бемалол айтиш мумкин.



109-расм. Натрий хлориднинг фазовий панжараси.

### Ўз-ўзини текшириш учун саволлар

1. Суюқликнинг сиртқи босими нима?
2. Суюқликнинг сирт таранглиги нима ва уни қандай тажрибалар тасдиқлайди?
3. Суюқликнинг сирт таранглик коэффициентини деб нимага айтилади?
4. Суюқликнинг сирт таранглик коэффициентини тажриба йўли билан қандай аниқлаш мумкин?
5. Ҳўллаш ва ҳўлламаслик ҳодисалари нима?
6. Мениск деб нимага айтилади ва қандай мениск турлари бўлади?
7. Капиллярлик нима ва у қаерда учрайди?
8. Қандай ҳолларда капиллярлик фойдали ва қандай ҳолларда зарарли бўлади?
9. Кристалл жисмлар аморф жисмлардан нима билан фарқ қилади?
10. Ош тузи кристаллининг кристалл панжараси қандай шаклда бўлади?
11. Қанд, ош тузи ва бошқа моддалар кукунларидаги кристаллчаларни катталаштирувчи шиша (линза) орқали қараиғ.
12. Ош тузининг қуюқ эритмасини буғлатиб, ош тузи кристаллари ҳосил қилинғ.

## ЖИСМЛАРНИНГ ИССИҚЛИКДАН КЕНГАЙИШИ.

### 85-§. Жисмларнинг чизиқли кенгайиши.

#### Чизиқли кенгайиш коэффициенти.

Иссиқлик ҳодисаларини ўрганиш учун ГОСТ 8550—61 га мувофиқ МКС системасига асосланган МКСГ системаси жорий қилинди. Бунда тўртинчи асосий бирлик—Кельвин шкаласи ( $^{\circ}\text{K}$ ) температура градуси қўшимча қилинади. Кельвин градусининг ноль градуси юз градусли шкаласининг— $273,16^{\circ}\text{C}$  га мос келади ва ҳар бир градуси юз градусли шкаланинг ҳар бир градусига тенг. Бу СИ системасига мос келади.

Қизиганда жисмлар кенгайди, совиганда сиқилади. Бунга сабаб шуки, температуранинг кўтарилиши молекулаларнинг ҳаракатланиш тезлигининг ортишига боғлиқ бўлиб, тезликнинг ортиши молекулалараро масофани орттиради ва бу ўз навбатида жисмнинг кенгайишига олиб келади. Қаттиқ жисмнинг бир ўлчами бўйлаб кенгайиши *чизиқли* кенгайиш дейилади. Агар жисмнинг узунлиги унинг бошқа ўлчамларига: кенглиги ва баландлигига нисбатан катта бўлса, у ҳолда асосан жисмнинг узунлиги ортади ва унинг кенгайишини чизиқли кенгайиш дейиш мумкин.

Турли қаттиқ жисмлар қиздирилганда, ҳатто уларни баравар градусларгача қиздирилса ҳам, бирдай кенгаймайди. Бундай бўлишига сабаб турли моддалар молекулаларининг массалари турлича бўлишидир. Температура айти бир сондаги градусларга ўзгариши молекулалар ўртacha квадратик тезлигининг баравар эканлигини характерлайди. Кичик массали молекулаларнинг кинетик энергияси катта массали молекулалар кинетик энергиясидан кичик бўлади. Шу сабабли турли моддаларнинг молекулалараро фазоси бир хил температурада турлича ўзгаради ва бу турлича кенгайишга олиб келади. Турли қаттиқ жисмларнинг иссиқликдан кенгайиш даражасини характерлаш учун *чизиқли кенгайиш коэффициенти* тушунчасидан фойдаланилади.

*Жисмни  $1^{\circ}\text{C}$  га қиздирганда унинг узунлиги дастлабки  $0^{\circ}\text{C}$  да олинган бошланғич узунлигининг қанча улушига ортганини кўрсатадиган катталик чизиқли кенгайиш коэффициенти дейилади.*

Жисмнинг  $0^{\circ}\text{C}$  даги бошланғич узунлигини  $l_0$  билан,  $t^{\circ}\text{C}$  га қизитилгандаги узунлигини  $l_t$  билан ва чизиқли кенгайиш



коэффициентини  $\alpha$  билан белгилаб, қуйидагича фикр юрита-  
миз. Температура  $t^\circ\text{C}$  ўзгарганида жисмнинг узунлиги

$$\Delta l = l_t - l_0$$

га ортади. Жисмни ҳар бир градус қиздиришда узунлиги текис  
ортади деб олиб, жисмни  $1^\circ\text{C}$  қиздирилганда унинг бутун узун-  
лиги қанча ортишини топамиз:

$$\frac{\Delta l}{t} = \frac{l_t - l_0}{t}$$

Узунликнинг ҳар бир бирлиги

$$\frac{\Delta l}{t} = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}$$

га ортади.

Бу ифода чизикли кенгайиш коэффициентининг таърифиға  
мос келади, шунинг учун қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 t} \text{ ёки } \alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}$$

Ҳосил қилинган формуладан  $\alpha$  нинг  $1/\text{град}$  ёки  $\text{град}^{-1}$  да  
ифодаланиши кўриниб турибди.

Унча юқори бўлмаган температураларда ( $200\text{--}300^\circ\text{C}$  да)  
узунлик  $t$  температурага деярли пропорционал ўзгаради ва  $\alpha$   
коэффициент айни шу модда учун ўзгармас катталик бўлиб  
қолади. Жисмнинг узунлигини ҳисоблаш учун формулани  
қуйидаги кўринишга келтирамиз:

$$l_t - l_0 = \alpha l_0 t; \quad l_t = l_0 + \alpha l_0 t; \quad l_t = l_0 (1 + \alpha t)$$

Қавс ичидаги икки ҳад чизикли кенгайиш *биноми* дейилади.  
Бином температура 0 дан  $t^\circ\text{C}$  га ўзгарганда жисмнинг узунли-  
ги неча марта ортанлигини билдиради.

Шундай қилиб, *жисмнинг охириги узунлиги дастлабки  
узунлиги билан чизикли кенгайиш биноми кўпайтмасига  
тенг экан.*

Юқоридаги

$$l_t = l_0 (1 + \alpha t)$$

формула тақрибий формула эканлигини ва ундан унча юқори  
бўлмаган температуралардагина фойдаланиш мумкин эканли-  
гини яна бир марта қайд қилиб ўтамиз. Температура ўзгариш-  
лари катта бўлганда бу формуладан фойдаланиб бўлмайди.

Кўпинча масалалар ечишда бошқа тақрибий формуладан  
фойдаланилади, у жисмларнинг чизикли кенгайиши билан боғ-  
лиқ бўлган барча ҳисобларни жуда соддалаштиради. Масалан,  
агар жисм  $t_1$  температурадан  $t_2$  температурагача қиздирилган-  
нида унинг узунлигини ҳисоблаш керак бўлса,  $t_1$  температура  
учун охириги узунлик формуласидан фойдаланиб, шундай ифо-  
да ҳосил қиламиз:

$$l_1 = l_0 (1 + \alpha t_1),$$

$t_2$  учун эса

$$l_2 = l_0 (1 + \alpha t_2).$$

Иккинчи ифодани биринчига бўламиз:

$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{l_0(1 + \alpha t_2)}{l_0(1 + \alpha t_1)} \text{ ёки } \frac{l_2}{l_1} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1}.$$

Охирги тенгликнинг ўнг қисмини бўлишда кўпҳадни кўпҳадга бўлиш қоидасига мувофиқ шундай натижани оламиз:

$$1 + \alpha t_2 - \alpha t_1 + \frac{\alpha^2 t_2 t_1 + \alpha^2 l_1^2}{1 + \alpha t_1}.$$

Бундаги

$$\frac{\alpha^2 t_2 t_1 + \alpha^2 l_1^2}{1 + \alpha t_1}$$

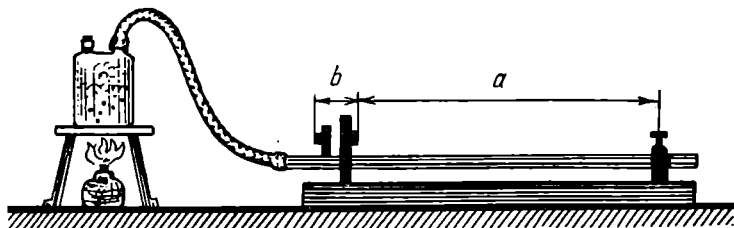
қаср ҳадни назарга олмаслик мумкин, чунки жисмларнинг чи-  
зиқли кенгайиш коэффициентлари жуда кичик, уларнинг ква-  
дратлари эса ундан ҳам кичик бўлади.

У ҳолда шундай тақрибий формулани оламиз:

$$l_2 = l_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)].$$

*3- лаборатория иши. Чизиқли кенгайиш коэффициентини аниқлаш*

**Асбоб ва ускуналар:** чизиқли кенгайиш асбоби (110-расм), қизит-  
гич (спирт лампаси ёки электр плитка), буғ ҳосил қилувчи асбоб; термометр,  
60 см узунликдаги масштаб линейка, микрометр.



110-расм. Чизиқли кенгайиш асбоби.

Ишнинг ба жарилиши

1. Найнинг дастлабки  $l_1$  узунлигини 0,1 см аниқликда ўл-  
чанг.  $a$  узунлиқни масштаб линейка билан ўлчанг;  $b$  узунлик-  
ни микрометр билан ўлчанг ва олинган натижаларни ёзиб  
қўйинг; сўнгра  $l_1 = a + b$  ни топинг.

2. Найнинг уйдаги ҳаво температурасига тенг бўлган даст-  
лабки температурасини  $1^\circ\text{C}$  гача аниқликда ўлчанг.

3. Буғ ҳосил қилувчи асбобда сувни қайнатинг ва найдан  
5 мин давомида буғ ўтказинг.

4. Термометр шарчасини қоғоз билан ўраб шарчани найга  
қўйинг ва кизиган найнинг  $t_2$  температурасини ўлчанг.

5. Микрометр ёрдамида  $b$  масофани ўлчанг ва янги қиймат  
ва дастлабки қиймат орасидаги фарқни топиб, найнинг узайи-  
шини аниқланг.

6. Чизикли кенгайиш коэффициентини

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_1(t_2 - t_1)}$$

формуладан 0,000001 град<sup>-1</sup> гача аниқлик билан топинг.

7. Чизикли кенгайиш коэффициентлари жадвалларидан фойдаланиб  $\alpha$  ни топишда абсолют ва нисбий хатоликларни аниқланг.

8. Ўлчаш ва ҳисоблаш натижаларини жадвалга ёзинг.

Модда	Бошланғич узунлик, $l = a + b$	Узайиш, $\Delta l$	Температуранинг ўзгариши, $t_2 - t_1$	Чизикли кенгайиш коэффициенти, $\alpha$	Абсолют хатолик, $\Delta \alpha$	Нисбий хатолик, % да

**66-масала.** Мис антеннанинг 0°C даги узунлиги 50 м. Агар температура — 20°C бўлса, унинг узунлиги қанча ўзгаради?  $\alpha = 0,000017$  град<sup>-1</sup>.

Берилган (СИ системасида):

$$\alpha = 0,000017 \text{ град}^{-1};$$

$$t = -20^\circ\text{C};$$

$$l_0 = 50 \text{ м.}$$

$$l_t - l_0 = ?$$

Ечилиши

1. Қуйидаги формуладан фойдаланиб антеннанинг узайишини аниқлаймиз

$$\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t},$$

бундан

$$l_t - l_0 = \alpha l_0 t.$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$l_t - l_0 = 0,000017 \text{ град}^{-1} \cdot 50 \text{ м} \cdot (-20) \text{ град} = 0,017 \text{ м} = 1,7 \text{ см.}$$

Жавоби: Антенна 1,7 см қисқаради.

**67-масала.** Темир стерженнинг 0°C даги узунлиги 40 см. Печга киритилганда у 4 мм узайди. Агар  $\alpha = 0,000012$  град<sup>-1</sup> бўлса, печнинг температурасини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

$$\alpha = 0,000012 \text{ град}^{-1};$$

$$l_0 = 0,4 \text{ м};$$

$$l_t - l_0 = 0,004 \text{ м.}$$

$$t = ?$$

Ечилиши

1.  $\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}$  формуладан фойдаланиб печнинг температурасини аниқлаймиз:

$$t = \frac{l_t - l_0}{\alpha l_0}.$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t = \frac{0,004 \text{ м}}{0,000012 \frac{1}{\text{град}} \cdot 0,4 \text{ м}} = 833^\circ\text{C} = 1106^\circ\text{K}.$$

**68- масала.** Деталнинг диаметрини пўлат штангенциркуль билан ўлчанганда 9 см га тенг бўлди. Ўлчаш вақтида температура 30°C эди. Агар штангенциркуль шкаласининг бўлимлари 20°C температурада чизилган бўлса, бу ўлчашдаги абсолют хатолик қанча?

Берилган (СИ системасида):

$$\alpha = 0,000011 \text{ град}^{-1};$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C};$$

$$t_2 = 30^\circ\text{C};$$

$$l_1 = 0,09 \text{ м.}$$

$$l_2 - l_1 = ?$$

штангенциркулнинг кўрсатишлари нотўғри бўлади.

1. 0,09 м узунликда шкаланинг абсолют узайишини аниқлаймиз, бу ўлчашдаги абсолют хатоликни беради:

$$l_2 = l_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]; \quad l_2 - l_1 = \alpha (t_2 - t_1) l_1.$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$l_2 - l_1 = 0,09 \text{ м} \cdot 0,000011 \text{ град}^{-1} \cdot (30 \text{ град} - 20 \text{ град}) = 0,09 \text{ м} \times \\ \times 0,000011 \text{ град}^{-1} \cdot 10 \text{ град} = 0,00011 \text{ м} = 0,01 \text{ мм.}$$

**69- масала.** Жездан қилинган цилиндрсимон деталь токарлик станогида ишлов берилганда 100°C гача қизиган. Деталнинг диаметри 20°C температурада 5 см бўлиши керак, бунда йўл қўйиладиган фарқ 10 микрон (мк) дан ортиқ бўлмаслиги керак. Ишлов бериш вақтидаги ўлчашларда жисмнинг иссиқликдан кенгайишига оид тузатмалар киритиш керакми?

Берилган (СИ системасида):

$$\alpha = 0,000019 \text{ град}^{-1};$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C};$$

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

$$D_1 = l_1 = 5 \text{ см};$$

$$l_2 - l_1 = 0,010 \text{ мм} = 0,001 \text{ см.}$$

$$l_2 - l_1 = ?$$

Жавоби: Деталь диаметрининг абсолют узайиши йўл қўйиладиган фарқдан 7,5 марта катта, шунинг учун иссиқликдан кенгайишга оид тузатма киритиш керак бўлади.

**70- масала.** Токарлик станогида чўян шкивга ишлов беришда шкивнинг температураси 150°C гача кўтарилди ва унинг диаметри 48 см га тенг бўлиб қолди. 20°C температурада шкивнинг диаметри қанча бўлади?

Берилган (СИ системасида):

$$\alpha = 0,00001 \text{ град}^{-1};$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C};$$

$$t_2 = 150^\circ\text{C};$$

$$l_2 = 48 \text{ см} = 0,48 \text{ м.}$$

$$l_1 = ?$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$l_1 = \frac{0,48 \text{ м}}{1 + 0,00001 \text{ град}^{-1} \cdot (150 \text{ град} - 20 \text{ град})} = \frac{0,48 \text{ м}}{1,0013} = 0,479 \text{ м} = 47,9 \text{ см.}$$

Ечилиши

Штангенциркуль шкаласининг бўлимлари 20°C чизилган. Шўнинг учун фақат шу температурада у тўғри ўлчаш мумкин. Агар ўлчашлар 30°C да бажарилган бўлса, у ҳолда шкаланинг ўзи узайган бўлади ва демак,

Ечилиши

1. Деталь диаметрининг абсолют узайишини аниқлаймиз:

$$l_2 - l_1 = \alpha l_1 (t_2 - t_1).$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$l_2 - l_1 = 0,000019 \text{ град}^{-1} \cdot 5 \text{ см} \times \\ \times 80 \text{ град} = 0,0076 \text{ см} = 0,076 \text{ мм} = \\ = 76 \text{ мк.}$$

Ечилиши

$$1. l_2 = l_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

формуладан  $l_1$  ни аниқласак:

$$l_1 = \frac{l_2}{1 + \alpha (t_2 - t_1)}$$

**71- масала.** Соат маятникнинг тебраниш даврини  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  формула

бўйича ҳисоблаш мумкин, бу ерда  $l$  — маятникнинг келтирилган узунлиги,  $g$  — оғирлик кучи тезланиши. Агар температура соат созланган температурадан

20°C юқори бўлса, соат бир суткада қанча орқада қолади? (Соатнинг маятникги темирдан қилинган).

Бернлган (СИ системасида):

$$\alpha = 0,000012 \text{ град}^{-1};$$

$$t = 24 \text{ соат} = 86400 \text{ сек.}$$

$$t_x = ?$$

Ечилиши

1. Масалани ечиш учун формула чиқарамиз. Маятникнинг температура кўтарилгунга қадар тўла тебраниш даври

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Маятникнинг температура ортгандан кейинги тўла тебраниш даври:

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l(1 + \alpha t^\circ)}{g}}$$

Қизиган маятникнинг сутка давомидаги тебранишлар сони  $n = \frac{t}{T_2}$ . Соатнинг сутка давомида орқада қолиши:

$$\begin{aligned} t_x &= (T_2 - T_1) n = (T_2 - T_1) \frac{t}{T_2} = \left( \frac{T_2}{T_2} - \frac{T_1}{T_2} \right) t = \left( 1 - \frac{T_1}{T_2} \right) t = \\ &= \left[ 1 - \frac{2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}}{2\pi \sqrt{\frac{l(1 + \alpha t^\circ)}{g}}} \right] t = \left[ 1 - \sqrt{\frac{1}{1 + \alpha t^\circ}} \right] t. \end{aligned}$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\begin{aligned} t_x &= \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,000012 \text{ град}^{-1} \cdot 20 \text{ град}}} \right] \cdot 86400 \text{ сек.} = \\ &= \left[ 1 - \frac{1}{1,000119} \right] \cdot 86400 \text{ сек} = 10,4 \text{ сек.} \end{aligned}$$

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Нима учун jismlar қиздирилганда кенгайди? Jismlarнинг кенгайишига оид misollar келтиринг.

2. Jismlarнинг қандай кенгайиши чиқиқли кенгайиш дейлади?

3. Чиқиқли кенгайиш коэффициенти деб нимага айтилади?

4. Чиқиқли кенгайиш коэффициенти формуласи қандай чиқарилади?

5.  $l_1 = l_0 (1 + \alpha t)$  формула қандай чиқарилади?

6.  $l_2 = l_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$  формула қандай чиқарилади?

7. Маълумки, jismlarнинг қизиганда кенгайиши молекулаларининг бир-бирига яқинлашиш йўналишида бўлмайди. Шунга асосланиб: металл ҳалқа қизиганда унинг нчки диаметри қандай ўзгаришини; тулука варағидаги думалоқ тешикнинг юзи қизиганда қандай ўзгаришини аниқланг.

8. Кварц ва „инвар“ металл қотишмасининг чиқиқли кенгайиш коэффициентлари  $0,000001 \text{ град}^{-1}$  га тенг эканлигини билган ҳолда: нима учун қипқизил чўгланган кварц стакан совуқ сувга ботирилганда ҳам синмаслигини; нима учун рулеткалар ва аниқ юрадиган соатларнинг маятниклари инвардан тайёрланишини тушунтириб беринг.

9. Пулаг рельснинг  $0^\circ\text{C}$  даги узунлиги  $8 \text{ м}$  га тенг.  $\alpha = 0,000011 \text{ град}^{-1}$  га тенг бўлса, рельс  $50^\circ\text{C}$  га қизиганда унинг узунлиги қанча ўзгаради?

Жавоб:  $0,44 \text{ см.}$

10. 520°C температурада темир чамбаракнинг диаметри 100 см га тенг. 20°C да чамбаракнинг диаметри қанча бўлишини аниқланг.

$\alpha = 0,000012 \text{ град}^{-1}$  деб олинг.

К ў р с а т м а.  $l_2 = l_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$  формуладан фойдаланинг.

Ж а в о б и: 99,4 см.

11. Мис чизғичнинг 0°C даги узунлиги 1 м га тенг. Қандай температурада у 0,5 мм узаяди?  $\alpha = 0,000017 \text{ град}^{-1}$  деб олинг.

12. Пўлат кўприкнинг узунлиги 10°C да 1000 м. Кўприк 40°C га қизиганда у қанча узаяди?

Ж а в о б и: 33 см.

13. 0°C да алюминий маятникнинг узунлиги 980 мм, темир маятникнинг узунлиги 980,3 мм. Қандай температурада уларнинг узунликлари тенглашадди?  $\alpha_{\text{Al}} = 0,000024 \text{ град}^{-1}$ ,  $\alpha_{\text{Fe}} = 0,000012 \text{ град}^{-1}$ .

Ж а в о б и: 25,5°C.

14. Темир муфтанing 0°C даги диаметри 100 мм, валнинг диаметри эса 100,5 мм. Муфтани валга кийдириш олдидан шундай қиздириладики, унинг диаметри 100,6 мм дан кам бўлмасин. Муфтанинг қизиш температурасини аниқланг.

Ж а в о б и: 500°C.

15. Темир йўл вағони ғилдирағи пўлат бандажининг диаметри 999 мм га тенг, ғилдирак корпусининг диаметри эса 1000 мм га тенг. Бандажни ғилдирак корпусига кийдириш олдидан 400°C гача қиздирилади. Қиздирилганда бандаж диаметри қанча бўлишини аниқланг.

Ж а в о б и: 100,4 см.

16. Сув билан иситиш системасининг темир трубаларига ҳар 70 м узунликдан сўнг кенгайиш чоклари қўйилади. Бу чоклар жездан қилинган скобалар тарзида трубаларнинг учига кийдирилган бўлиб, трубалар қизиганда унинг ички сирти бўйлаб сирпанади ва бир-бирига яқинлашади. Агар трубалар 15°C температурада ётқизилган ва иссиқ сув оқизишда унинг температураси 95°C га етса, трубалар орасида қандай оралик қолдирилиши керак? ( $\alpha = 0,000012 \text{ град}^{-1}$ ).

Ж а в о б и:  $\approx 7$  см.

## 86-§. Жисмларнинг ҳажмий кенгайиши

Жисм қизиганда ҳажмининг ортиши *ҳажмий кенгайиш* дейилади. Ҳажмий кенгайиш ҳажмий кенгайиш коэффициентини билан характерланади. *Жисм 1°C га қиздирилганда жисмнинг ҳажми унинг 0°C да олинган бошланғич ҳажмининг қанча улушига ортганини кўрсатувчи катталик ҳажмий кенгайиш коэффициенти деб аталади.*

0°C да олинган бошланғич ҳажми  $V_0$  билан,  $t^\circ\text{C}$  температурадаги ҳажми  $V_t$  билан, ҳажмий кенгайиш коэффициентини  $\beta$  („бета“) билан белгилаб шундай фикр юритайлик: жисм 0 дан  $t^\circ\text{C}$  га қиздирилганда унинг ҳажми  $\Delta V = V_t - V_0$  га ортади; 1°C га қизиганда бутун ҳажмнинг кенгайиши (ҳар бир градус қизишда ҳажм текис ортади деб олинади) қуйидагига тенг бўлади:

$$\frac{\Delta V}{t} = \frac{V_t - V_0}{t};$$

жисм ҳажмининг ҳар бирлигининг дастлабки ҳажмига нисбатан катталашиши

$$\frac{\Delta V}{V_0 t} = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

га тенг бўлади.

Ҳажмий кенгайиш коэффициентининг таърифига мувофиқ шундай ёзиш мумкин:

$$\beta = \frac{\Delta V}{V_0 t} \text{ ёки } \beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

Ҳажмий кенгайиш коэффициенти  $\beta$  нинг номи  $1/\text{град}$  ёки  $\text{град}^{-1}$ .

Охири формуладан қуйидагини келтириб чиқарамиз.

$$V_t - V_0 = \beta V_0 t; \quad V_t = V_0 + \beta V_0 t$$

ёки

$$V_t = V_0 (1 + \beta t)$$

$(1 + \beta t)$  икки ҳад ҳажмий кенгайиш биноми деб аталади, у жисм 0 дан  $t^\circ\text{C}$  гача қизиганда, жисмнинг ҳажми неча марта ортганини кўрсатади.

Шундай қилиб, *жисмнинг охири ҳажми унинг дастлабки ҳажмини ҳажмий кенгайиш биномига кўпайтирилганига тенг.*

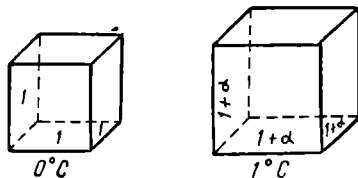
Агар жисмнинг  $t_1$  температурадаги ҳажми  $V_1$  га тенг бўлса, унинг  $t_2$  температурадаги  $V_2$  ҳажмини қуйидаги тақрибий формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$V_2 = V_1 [1 + \beta(t_2 - t_1)].$$

### 87- §. Қаттиқ жисмларнинг чизиқли ва ҳажмий кенгайиш коэффициентлари орасидаги боғлиниш

Қаттиқ жисм қизиганда барча йўналишларда бирдай кенгайган ҳолида чизиқли ва ҳажмий кенгайиши коэффициентлари орасидаги муносабатни чиқарамиз.

Айтайлик, қирраларининг узунлиги  $0^\circ\text{C}$  да  $1\text{ см}$  га тенг бўлган куб бўлсин (111- расм). Кубни  $1^\circ\text{C}$  га қиздирамиз, у ҳолда қиррасининг узунлиги  $l_t = 1 + \alpha \cdot 1^\circ = 1 + \alpha$  га тенг бўлади. Қизиган кубнинг ҳажми  $V_t = (1 + \alpha)^3$  бўлади. Иккинчи томондан шу кубнинг ҳажмини  $V_t = 1 + \beta \cdot 1^\circ = 1 + \beta$  формуладан ҳисоблаш мумкин.



111- расм. Қаттиқ жисмларнинг чизиқли ва ҳажмий кенгайиш коэффициенти орасидаги боғлинишни чиқаришга доир.

Охири тенгликлардан қуйидагини оламиз:

$$1 + \beta = (1 + \alpha)^3,$$

бундан

$$1 + \beta = 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3.$$

$\alpha$  нинг сон қийматлари жуда кичик—миллионнинг бир неча улуши бўлгани учун  $3\alpha^2$  ва  $\alpha^3$  ўз-ўзидан ундан ҳам кичик катталиклар бўлади. Шунга асосан  $3\alpha^2$  ва  $\alpha^3$  қийматларни назарга олмай, шундай ёзиш мумкин:

$$\beta = 3\alpha.$$

*Қаттиқ жисмнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини чиқиқли кенгайиш коэффициентининг учланганига тенг.*

Бу муносабатдан қизиган қаттиқ жисм ҳажмини қуйидаги формулага мувофиқ ҳисоблаш мумкин:

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

**72-масала.** Дюралюминийдан қилинган бакнинг ҳажми  $20^\circ\text{C}$  да  $100 \text{ м}^3$  га тенг. Бак  $70^\circ\text{C}$  қизиганда унинг ҳажми қанча ўзгаради?  $\alpha = 0,000024 \text{ град}^{-1}$ .

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} V_1 &= 100 \text{ м}^3; \\ t_1 &= 20^\circ\text{C}; \\ \alpha &= 0,000024 \text{ град}^{-1}; \\ t_2 &= 70^\circ\text{C}. \end{aligned}$$


---


$$V_2 - V_1 = ?$$

Ечилиши

$$\begin{aligned} 1. V_2 &= V_1 [1 + \beta (t_2 - t_1)] \text{ формуладан қуйидагини ҳосил қиламиз.} \\ V_2 - V_1 &= V_1 \beta (t_2 - t_1). \\ \beta &= 3\alpha \text{ эканини билган ҳолда} \\ V_2 - V_1 &= 3\alpha V_1 (t_2 - t_1) \text{ деб ёзамиз.} \end{aligned}$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$V_2 - V_1 = 3 \cdot 0,000024 \text{ град}^{-1} \cdot 100 \text{ м}^3 (70 \text{ град} - 20 \text{ град}) = 0,36 \text{ м}^3.$$

**73-масала.**  $0^\circ\text{C}$  температурада баландлиги  $4 \text{ м}$ , диаметри  $8 \text{ м}$  бўлган темир цилиндр цистерна чеккаларига  $10 \text{ см}$  етмайдиган қилиб нефть билан тўлдирилган. Қандай температурада нефть бутун цистернани тўлдиради?

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} d &= 8 \text{ м}; \\ H_1 &= 4 \text{ м}; \\ H_2 &= 3,9 \text{ м}; \\ \alpha &= 0,000012 \text{ град}^{-1}; \\ \beta &= 0,001 \text{ град}^{-1}. \end{aligned}$$


---


$$t = ?$$

Ечилиши

1. Цистернанинг дастлабки ҳажмини аниқлаймиз:

$$V_0 = \frac{\pi d^2 H_1}{4}.$$

2. Нефтнинг дастлабки ҳажмини топамиз:

$$V_0 = \frac{\pi d^2 H_2}{4}.$$

3. Қизиган цистерна ҳажмининг ифодасини ёзамиз:

$$V_t = V_0 (1 + 3\alpha t) = \frac{\pi d^2 H_1}{4} (1 + 3\alpha t).$$

4. Қизиган нефтнинг ҳажмини аниқлаймиз:

$$V_t' = V_0' (1 + \beta t) = \frac{\pi d^2 H_2}{4} (1 + \beta t).$$

5.  $V_t = V_t'$  эканини билган ҳолда температурани аниқлаш учун тенглама тузамиз:

$$\frac{\pi d^2 H_1}{4} (1 + 3\alpha t) = \frac{\pi d^2 H_2}{4} (1 + \beta t),$$



бундан

$$H_1(1 + 3 \cdot t) = H_2(1 + \beta t); \quad H_1 + 3tH_1 = H_2 + 3tH_2,$$

$$H_1 - H_2 = 3tH_2 - 3tH_1; \quad H_1 - H_2 = t(3H_2 - 3H_1);$$

$$t = \frac{H_1 - H_2}{\beta H_2 - 3H_1}.$$

6. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t = \frac{4 \text{ м} - 3,9 \text{ м}}{0,001 \text{ град}^{-1} \cdot 3,9 \text{ м} - 3 \cdot 0,000012 \text{ град}^{-1} \cdot 4 \text{ м}}$$

$$= \frac{0,1 \text{ м}}{0,0039 \text{ м} \cdot \text{град}^{-1} - 0,000144 \text{ м} \cdot \text{град}^{-1}}$$

$$= \frac{0,1 \text{ м}}{0,003756 \text{ м} \cdot \text{град}^{-1}} = 26,6^\circ\text{C}.$$

**74-масала.** Шиша шар ҳажми  $0^\circ\text{C}$  да  $100 \text{ см}^3$ . Шу температурада шарга  $96 \text{ см}^3$  симоб қуйилди.  $270^\circ$  гача қиздирилганда симоб шарни батамом тўлдирди. Шишанинг чизиқли кенгайиш коэффициентини  $0,000009 \text{ град}^{-1}$  эканини билган ҳолда симобнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини аниқланг.

Берилган (СИ системасида)

$$V_0 = 100 \text{ см}^3;$$

$$V'_0 = 96 \text{ см}^3;$$

$$t = 270^\circ\text{C};$$

$$\alpha = 0,000009 \text{ град}^{-1}.$$

$\beta$  — ?

Ечилиши

1. Қизиган шар ҳажмини аниқлаймиз:

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

2. Қизиган симобнинг ҳажмини аниқлаймиз:

$$V'_t = V'_0(1 + \beta t).$$

3.  $V_t = V'_t$  эканини билган ҳолда симобнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини аниқлаш учун формула тузамиз:

$$V_0 + 3\alpha V_0 t = V'_0(1 + \beta t); \quad V_0 + 3\alpha V_0 t = V'_0 + 3\beta V'_0 t;$$

$$V_0 + 3\alpha V_0 t - V'_0 = 3\beta V'_0 t; \quad \beta = \frac{V_0 - V'_0 + 3\alpha V_0 t}{V'_0 t}.$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\beta = \frac{100 \text{ см}^3 - 96 \text{ см}^3 + 3 \cdot 0,000009 \text{ град}^{-1} \cdot 100 \text{ см}^3 \cdot 270 \text{ град}}{96 \text{ см}^3 \cdot 270 \text{ град}}$$

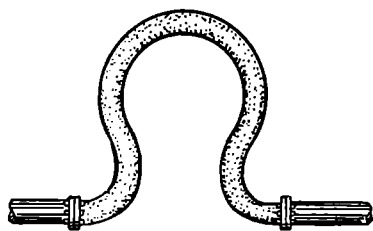
$$= \frac{4,729 \text{ см}^3}{25920 \text{ см}^3 \cdot \text{град}} = 0,00018 \text{ град}^{-1}.$$

## 88-§. Жисмларнинг иссиқликдан кенгайишининг техникада аҳамияти

Қаттиқ жисмлар қизиганда ёки совиганда уларнинг узунликлари ёки ҳажмлари ўзгаради. Бундай ўзгаришга қаршилик кўрсатилса, ички зўриқишлар юзага келади. Жисм ёрилиб ёки бузилиб кетади. Масалан, деворлари қалин бўлган шиша стаканларга иссиқ чой қуйилганда юққа деворли стаканларга нисбатан кўпроқ синади. Чунки қалин стаканларнинг ички қисмлари ташқи қисмларидан тезроқ қизийди ва кенгайди. Ташқи ва ички қисмларнинг турлича кенгайиши туфайли шишада жуда катта зўриқишлар пайдо бўлади ва стакан синади.

Техникада машина ва қурилмаларда синиш ва бузилишларнинг бўлмаслиги учун жисмларнинг иссиқликдан кенгайиши-

ни назарга олишга тўғри келади. Масалан, темир йўл рельслари орасида зазор (оралиқлар) қолдирилади, рельсларда болтлар учун овалсимон тешиklar қилинади; темир йўл кўприклари икки томондан маҳкамланмай, бир томони роликлар ёки думалаткичлар устига қўйилади; телеграф, телефон ва ёритиш симлари қишда совуқдан қисқарганида узилиб кетмаслиги учун



112- расм. Буғ қувурларидаги эластик компенсаторлар.

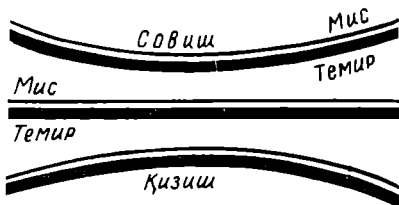
жуда таранг қилиб тортилмайди; пўлатдан тайёрланган қурилиш тўсинларини деворга ўрнатишда бир оз ораліқ қолдирилади, шундай қилганда тўсинлар иссиқликдан кенгайганда ҳам деворда ёриқлар пайдо бўлмайди, буғ қувурлари, газ қувурларида маълум масофаларда компенсаторлар ўрнатилади (112- расм); темир йўл вагонлари ва локомотивларининг корпусларига кийдириладиган

бандажлар (шиналар)нинг диаметри гилдирак диаметридан бир оз кичик бўлади. Уларни қиздириб туриб корпусга кийдирилади.

Аммо кейинги вақтларда „совуқ“ кийдириш усули ҳам кенг қўлланилмоқда. Масалан, илгарилари кичик пўлат втулкани авиация моторига пресслаш учун мотор корпуси қиздирилар эди, маълумки бунга жуда кўп миқдорда иссиқлик сарф қилинарди. Энди эса мотор корпусини қиздириб ўтирмай, кичкинагина втулкани совитилади ва ўзи учун тайёрланган тешикка осонгина кира қолади. Втулка атроф муҳит температурасини олгач, у кенгайиб корпусга катта куч билан сиқилиб қолади. Бундай усул меҳнат унумдорлигини анча оширади ва технология процессини яхшилайти.

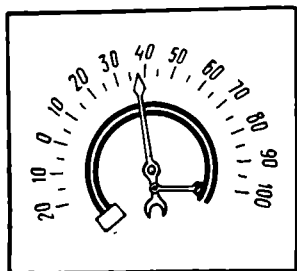
Бироқ ҳамма ҳолларда ҳам юқоридаги баён қилинган усул қўл келвермайди, шунинг учун қиздириш усули ҳам ҳали кенг қўлланилади. Масалан, металл варақларини парчинлаш учун аввал парчин михлар қип-қизил чўғ бўлгунча қиздирилади ва шундан сўнг улар ёрдамида варақлар уланади. Совигандан сўнг металл варақларни зич қилиб сиқади.

Агар икки турли металл варақларини, масалан, мис ва темир варақларини бутун бўйича зич қилиб қўйилса, улар температуранинг бир оз ўзгаришида ўз ўлчамларини турлича ўзгартиради (113- расм). Бундай қушалоқ металл пластинка *биметалл* дейилади.

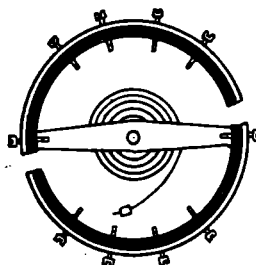


113- расм. Темир ва мисдан парчинланган пластинканинг қизишдаги ва совишдаги эгилиши.

Агар шундай ҳолда биметалл спираль тайёрланса, у қизи-  
ганда буралади ва градусларга даражаланган иккала кўрсат-  
кичини ҳаракатлантиради. Бундай асбоб металл термометр  
деб аталади (114-расм). Уни температурани белгиланган чега-  
раларда ўзгаришида электр сигнализаторни автоматик улайди-  
ган ва узадиган мослама сифатида ишлатиш мумкин.



114-расм. Металл термо-  
метрнинг тузилиш схемаси.



115-расм. Соатлардаги тенг-  
ловчи баланс филдирак.

Инкубаторларда, сопол буюмлар пишириладиган печларда  
ва шунга ўхшаш шароитларда биметалл температурани авто-  
матик равишда бирдай тутиб туриш имконини беради.

Автомобилларда мис ва инвардан иборат биметалл (инвар  
никель билан пўлатнинг қотишмасидан иборат) бурилиш чи-  
роқларининг милтиллаб туришини (ўчиб ёнишини) таъминлаш-  
да ишлатилади, бундай милтиллаш натижасида у бошқа ёруғ-  
лик манбалари орасида яққол ажралиб туради.

Соатларда тенгловчи баланс филдирагида ҳам биметалл иш-  
латилади (115-расм). Температура ортганида маятник толаси-  
нинг эластиклиги камаяди, бунда соат орқада қолади. Бу кам-  
чиликни бартараф қилиш учун икки қатламли кесма маятник  
гардиши қўлланилади. Бу гардиш шундай тузилганки, тем-  
пература кўтарилганда унинг учлари ичкарига эгилади, бу-  
нинг натижасида толанинг секинлашган ҳаракатини компен-  
сация қилиш учун маятник тезроқ тебрана бошлайди.

Кейинги вақтларда қатма-қат қилинган биметалл пластинка-  
лар чиқа бошлади. Бундай пластинканинг эластиклик кучи  
катта, шунинг учун у катта электр тоқларини улаш ва узиш-  
га имкон беради.

Электр лампочкалари тайёрлаш учун ток ўтказгичлари си-  
фатида кенгайиш коэффициентлари бир хил бўлган материал-  
лар ишлатилади. Шунинг учун шишага чўғланган ҳолда кав-  
шарланган металл тола совиганда шишани синдириб юбормай-  
ди. Бу мақсадда платина ёки платина ўрнига бирор арзон  
қотишма, масалан никель ва темир қотишмаси ишлатилади.

Темир ва бетоннинг кенгайиш коэффициентлари бир хил, шунинг учун темир-бетон деталлар қурилишда кенг қўлланилади, чунки температура ўзгаришларида иншоотларга зарар келтирувчи кучланишлар юзага келмайди.

### 89-§. Температура ўзгарганида жисмлар зичлигининг ўзгариши

Жисмнинг  $0^{\circ}\text{C}$  даги зичлигини қўйидаги формула билан аниқлаш мумкин:

$$D_0 = \frac{m}{V_0},$$

бундан  $m = D_0 V_0$ , бу ерда  $m$  — жисмнинг массаси,  $V_0$  — унинг  $0^{\circ}\text{C}$  даги ҳажми.

Температура ўзгарганида жисмнинг массаси ўзгармайди, бироқ жисмнинг ҳажми умуман айтганда ўзгаради, шунинг учун унинг зичлиги ҳам ўзгаради. Шунга асосан жисмнинг  $t^{\circ}$  температурадаги зичлигини шундан ёзиш мумкин:

$$D_t = \frac{m}{V_t} \text{ ёки } D_t = \frac{D_0 V_0}{V_t}.$$

Бироқ жисмнинг ҳажми ихтиёрий температурада

$$V_t = V_0 (1 + \beta t)$$

формула билан ифодалангани учун, унинг бу ифодасини жисмнинг ихтиёрий температурадаги зичлиги формуласига қўйиб шундай муносабат ҳосил қиламиз.

$$D_t = \frac{D_0}{1 + \beta t}.$$

*Қизиган модданинг зичлиги унинг  $0^{\circ}\text{C}$  да олинган зичлигининг ҳажмий кенгайиш биномига бўлинганига тенг.*

**75- масала.** Агар симобнинг  $0^{\circ}\text{C}$  даги зичлиги  $13,6 \text{ г/см}^3$  га тенг бўлса,  $200 \text{ г}$  симобнинг  $100^{\circ}\text{C}$  даги ҳажми қанча бўлади? Ҳажмий кенгайиш коэффициентини  $0,00018 \text{ град}^{-1}$  га тенг.

Б е р и л г а н (СГС системасида):

$$m = 200 \text{ г};$$

$$D_0 = 13,6 \text{ г/см}^3;$$

$$t = 100^{\circ}\text{C};$$

$$\beta = 0,00018 \text{ град}^{-1}.$$

---


$$v_t = ?$$

Е ч и л и ш и

1. Симобнинг  $100^{\circ}\text{C}$  даги зичлигини аниқлаймиз:

$$D_t = \frac{D_0}{1 + \beta t}.$$

2. Симобнинг  $100^{\circ}\text{C}$  даги ҳажмининг топамиз:

$$V_t = \frac{m}{D_t} \text{ ёки } V_t = \frac{m}{\frac{D_0}{1 + \beta t}} = \frac{m(1 + \beta t)}{D_0}.$$

3. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$V_t = \frac{200 \text{ з} (1 + 0,00018 \text{ град}^{-1} \cdot 100 \text{ град})}{13,6 \text{ з/см}^3} = \frac{203,6 \text{ з}}{13,6 \text{ з/см}^3} = 15 \text{ см}^3.$$

76- масала. Керосиннинг 0°C даги зичлиги 0,8 з/см<sup>3</sup>. Температураси 30°C бўлган 500 см<sup>3</sup> керосиннинг массасини аниқланг.

Берилган (СГС системасида):

$$\begin{aligned} t &= 30^\circ\text{C}; \\ D_0 &= 0,8 \text{ з/см}^3; \\ V_t &= 500 \text{ см}^3; \\ \beta &= 0,001 \text{ град}^{-1}. \end{aligned}$$

$m = ?$

Ечиши

1. Қизиган керосиннинг зичлиги:

$$D_t = \frac{D_0}{1 + \beta t}.$$

2. Қизиган керосиннинг массаси:

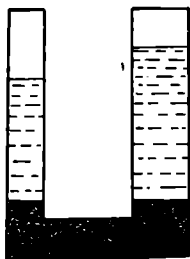
$$m = D_t V_t = \frac{D_0 V_t}{1 + \beta t}$$

3. Ҳисоблашларни бажарамиз:

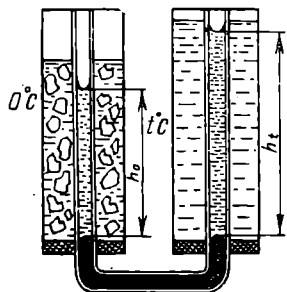
$$m = \frac{0,8 \text{ з/см}^3 \cdot 500 \text{ см}^3}{1 + 0,001 \text{ град}^{-1} \cdot 30 \text{ град}} = \frac{400 \text{ з}}{1,03} \approx 388 \text{ з}.$$

## 90- §. Суюқликларнинг кенгайиши

Қаттиқ жисмни қиздирганда кенгайгани сингари суюқликни қиздирганда ҳам кенгайди, яъни унинг ҳажми ортади. Бироқ фақат суюқликнинг ўзи эмас, у турган идиш ҳам кенгайди. Шунинг учун суюқликнинг биз кузатаётган кенгайиши суюқликнинг ўзининг кенгайиши ва идишнинг кенгайиши йи-



116- расм. Турли жинсли суюқликларнинг туташ идишлардаги мувозанати.



117- расм. Суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини аниқлашга доир тажриба.

ғиндисига тенг бўлади. Шу нарса суюқликнинг кенгайишини ўрганишда ҳажмий кенгайиш коэффициентини аниқлашни қийинлаштиради.

Кўрсатилган камчиликларни бартараф қилиш учун шундай асбоб ишлатилади. Унинг ишлаш принципи туташ идишлар-

даги бир жинсли бўлмаган суюқликларнинг мувозанатига асосланган (116- расм). *Туташ идишларда турли жинсли суюқликларнинг устунлари баландликлари суюқликларнинг зичликларига тескари пропорционал бўлиб, идишнинг шаклига ва сифимига боғлиқ бўлмаслиги маълум.*

Суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентни қуйидагича аниқланади: туташ идишларни ўрганилаётган суюқликка тўлдириб, улардан бирини эриётган муз билан, иккинчисини бирор  $t$  температурагача иситилган иссиқ сув билан 117-расмда кўрсатилгандек ўралади.

Эриётган муз билан ўралган идишдаги суюқликнинг зичлигини  $D_0$  билан,  $t$  температурадаги зичлигини  $D_t$  билан, суюқликларнинг устунларини мос равишда  $h_0$  ва  $h_t$  билан белгилаймиз. Туташ идишларда суюқликларнинг мувозанат қонунига кўра шундай пропорцияни ёзиш мумкин:

$$\frac{h_t}{h_0} = \frac{D_0}{D_t}$$

ёки

$$\frac{h_t}{h_0} = \frac{D_0}{D_0 + \beta t}$$

бундан

$$\frac{h_t}{h_0} = 1 + \beta t; h_t = h_0 \beta t; h_0 \beta t = h_t - h_0.$$

Охири ифодани ҳажмий кенгайиш коэффициентига нисбатан ечиб, шундай муносабат ҳосил қиламиз:

$$\beta = \frac{h_t - h_0}{h_0 t}.$$

*Суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициенти суюқликнинг туташ идишлардаги устунлари баландликлари айирмасини бошланғич баландлигига ( $0^\circ\text{C}$  даги) ва қиздириш температурасига бўлинганига тенг.*

Агар суюқлик турган идишнинг кенгайишини назарга олинмаса, суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини ихтиёрий температурадаги ҳажм формуласидан аниқлаш мумкин, яъни

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}.$$

Сув 0 дан  $4^\circ\text{C}$  гача қизитилганда у кенгаймайди, балки сиқилади,  $4^\circ\text{C}$  дан кейинги қиздиришларда сув кенгайди. Бундан сув  $4^\circ\text{C}$  да энг кам ҳажми эгаллайди, бинобарин, унинг зичлиги энг катта бўлади деган хулосага келамиз.

Химиявий жиҳатдан тоза сувнинг бу зичлигини бирлик учун қабул қилинади. Сувнинг бу хусусиятини назарга олган ҳолда дарё, кўл, денгиз ва океанларнинг суви нима учун музламаслигини тушунтириш мумкин.  $+40^\circ\text{C}$  гача совиغان сувнинг юқори қатламлари зичроқ бўлади ва пастга тушиб ҳали бу даражада совишга улгурмаган пастки қатламларни юқорига

сиқиб чиқаради. Барча сувнинг температураси  $+4^{\circ}\text{C}$  га тенглашгунча сувнинг бундай ҳодисаси давом этади (сувнинг конвекцияси). Юқори қатламларнинг янада совишида сувнинг конвекцияси (аралashiши) тўхтайди ва сув иссиқликни ёмон ўтказганлиги учун совиш процесси секинлашади. Сўнгра муз пўстлоғи ҳосил бўла бошлайди. Ҳосил бўлган музнинг ҳажми сувнинг аввалги ҳажмидан катта (зичлиги кам) бўлгани учун муз сузиб юради ва бу муз сувнинг чуқур қатламлари музламаслиги учун яхши ҳимоя бўлиб хизмат қилади.

Бу турли-туман сув ўсимликлари, балиқлар ва ҳавзалардаги бошқа жониворларнинг ҳаёти учун катта аҳамиятга эга.

**77-масала.** Туташ идишларнинг биридаги керосин устунининг  $0^{\circ}\text{C}$  даги баландлиги  $40\text{ см}$  га тенг. Идишлардаги керосин сатҳлари орасидаги фарқ  $1\text{ см}$  бўлиши учун бошқа идишдаги керосиннинг температураси қанча бўлиши керак?

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} h &= 40\text{ см} = 0,4\text{ м}; \\ h_t - h_0 &= 1\text{ см} = 0,01\text{ м}; \\ \beta &= 0,001\text{ град}^{-1}. \end{aligned}$$

Ечилиши

$$1. \beta = \frac{h_t - h_0}{h_0 t}$$

формуладан

$$\beta h_0 t = h_t - h_0; \quad t = \frac{h_t - h_0}{\beta h_0}$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t = \frac{0,01\text{ м}}{0,001\text{ град}^{-1} \cdot 0,4\text{ м}} = \frac{0,01\text{ м}}{0,0004\text{ м} \cdot \text{град}^{-1}} = 25^{\circ}\text{C}.$$

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Ҳажмий кенгайиш коэффициентини деб нимага айтилади?
2. Ҳажмий кенгайиш коэффициентининг формуласи қандай чиқарилади?
3. Жисмнинг ихтиёрий температурадаги ҳажм формуласи қандай чиқарилади?
4. Қаттиқ жисмларнинг чизиқли кенгайиш ва ҳажмий кенгайиш коэффициентлари орасида қандай муносабат мавжуд ва уни қандай исботлаш мумкин?
5. Заводларда машина деталларини „иссиқ ўтказиш“ ва „совуқ ўтказиш“ усулларида фойдаланилади. Деталларни бундай „ўтказишлар“ қандай ҳолларда қўлланилади?
6. „Биметалл“ нима ва у қаерларда ишлатилади?
7. „Биметаллнинг“ ишлаши қандай хоссага асосланган?
8. Нима учун темир-бетонда температура ўзгариши билан бетон темирдан ажралиб кетмайди?
9. Нима учун шишага пайвандланган платина температура ўзгарганида ажралиб кетмайди?
10. Температура ўзгарганида модданинг зичлиги қандай ўзгаради?
11. Нима учун суюқликнинг кўринма кенгайиши унинг ҳақиқий кенгайиши билан мос келмайди?
12. Нима учун суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини аниқлашда туташ идишлардан фойдаланилади?
13. Агар туташ идишлардан фойдаланилса, суюқликнинг ҳажмий кенгайиш коэффициентини қандай формуладан фойдаланиб аниқлаш мумкин?
14. Сувнинг иссиқликдан кенгайиш хусусиятларини айтиб бериш.

15. Юпқа деворли жез шарнинг эгаллаган ҳажми ва яхлит жез шарнинг ҳажми  $0^{\circ}\text{C}$  да бирдай бўлиб  $2000 \text{ см}^3$  га тенг. Ҳар бир шарнинг  $50^{\circ}\text{C}$  гача қизигандаги ҳажм ўзгаришини аниқланг.  $\alpha = 0,000019 \text{ град}^{-1}$ .

Ж а в о б и:  $5,7 \text{ см}^3$ ; жисм тўла ҳажмининг ўзгариши унинг ичида қавак бўлишига боғлиқ бўлмайди, шунинг учун яхлит шарнинг ва юпқа деворли шарнинг ҳажмлари баравар ўзгаради.

16. Нефть солинган темир цилиндр цистернанинг баландлиги  $6 \text{ м}$ , асосининг диаметри  $5 \text{ м}$ . Температура  $0^{\circ}\text{C}$  бўлганда нефть цистернанинг чеккаларига  $20 \text{ см}$  етмайди. Қандай температурада нефть бутун цистернани тўлдиради?

Ж а в о б и:  $\approx 36^{\circ}\text{C}$ .

17. Жез найчанинг ҳажми бошланғич ҳажмининг  $1/40$  улушича ортиши учун уш қандай температурагача қиздириш керак?

Ж а в о б и:  $438^{\circ}\text{C}$ .

18. Шиша колбанинг  $0^{\circ}\text{C}$  даги ҳажми  $400 \text{ см}^3$ . Бу температурада уни сув билан тўлдирилди ва  $50^{\circ}\text{C}$  гача қиздирилди. Бунда колбадан  $3 \text{ см}^3$  сув оқиб чиқди. Сувнинг ўртача ҳажмий кенгайиш коэффициентини аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx 0,000177 \text{ град}^{-1}$ .

19. Темир цистернанинг  $0^{\circ}\text{C}$  даги ҳажми  $60 \text{ м}^3$ . Унинг —  $40^{\circ}\text{C}$  совиганда ҳажми қандай ўзгаришини аниқланг.

Ж а в о б и: —  $0,09 \text{ м}^3$  (минус ишораси ҳажмининг камайишини билдиради).

20. Диаметрининг асоси  $20 \text{ м}$ , баландлиги  $8 \text{ м}$  бўлган цилиндрсимон темир бакка  $0^{\circ}\text{C}$  да керосин қуйилди. Бу температурада керосин бакнинг юқори чеккасидан  $0,3 \text{ м}$  пастда турибди. Агар температура  $40^{\circ}\text{C}$  га кўтарилса, керосин бакдан оқиб чиқадими?

Ж а в о б и: Оқиб чиқмайди.





## ГАЗЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ

### 91-§. Босим ва унинг ўлчов бирликлари

Сирпаниш ишқаланишини ўрганганда биз ҳаракатланаётган жисмни шу жисм ҳаракатланаётган сиртга босувчи нормал босим кучи билан танишган эдик. Бу куч бир нуқтага қўйилган эмас, балки қаттиқ жисмларнинг бир-бирига тегиб турган бугун сирти бўйлаб текис тақсимлангандир.

Агар  $F_n$  куч  $S$  юзга перпендикуляр равишда текис таъсир қилаётган бўлса, у ҳолда нормал босимнинг у таъсир қилаётган юзга нисбати босим деб аталади:

$$p = \frac{F_n}{S}.$$

Бу формуладан босим сон жиҳатдан жисмларнинг тегиб турган сирт бирлигига тўғри келувчи нормал босим кучига тенг эканлиги кўришиб турибди.

Айни бир нормал босим кучининг ўзи юзнинг катта-кичиклигига боғлиқ ҳолда турлича босим бериши мумкин. Юз қанча катта бўлса, босим шунча кам бўлади ва аксинча. Оғирлиги 1300  $T$  бўлган одимловчи экскаватор ҳатто юмшоқ тупроқдан ҳам бемалол юриши мумкин, чунки бутун оғирлик кучи асосининг юзи 155  $m^2$  бўлган таянчларга барабар тақсимланади, шунинг учун босим кам бўлади. Бунда босим 8400  $кГ/м^2$  ёки  $0,84 кГ/см^2 = 0,84 ат$  га тенг.

Чангилар ёрдамида юмшоқ қор устида унга ботиб кетмасдан юра оламиз. Гусеничали трактор ҳатто ҳайдалган ерда ҳам бемалол ҳаракатлана олади, чунки унинг оғирлиги гусеница ленталарининг анча катта юзига тақсимланади, натижада босим камаяди.

Таянч юзининг камайиши аксинча босимни кўпайтиради. Шунинг учун кесувчи инструментлар, игналар ва бошқа шунга ўхшаш асбобларнинг таянч юзи кичик қилиб тайёрланади, яъни чархлаб ўткирланади. Бундай ҳолларда ҳатто кичик кучлар ҳам жуда катта босим ҳосил қилади, бу босим таъсирида материалга ишлов бериш мумкин бўлади. Масалан, қўлда тикиладиган игнага таъсир қилувчи куч 50–60  $Г$  га тенг (бу куч 300  $Г$  гача етказилиши мумкин), бироқ игнанинг материалга босими жуда катта, чунки игнанинг учи жуда кичкина ва

квадрат сантиметрнинг юзмингдан бир неча улушларига тенг, баъзида ундан ҳам кам бўлади. Игнанинг материалга босими  $100\,000\,000 \text{ кг/м}^2$  ёки  $10\,000 \text{ кг/см}^2 = 10\,000 \text{ ат}$  га тенг. Бу одимловчи экскаваторнинг тупроққа босимидан деярли 12 000 марта каттадир. Босимни кўпайтириш учун таъсир кучни кўпайтириш билан бирга айни вақтда куч таъсир қилаётган юзни камайтириш керак. Бу усул билан жуда катта босим ҳосил қилиш мумкин.

Босимнинг формуласидан фойдаланиб, босимнинг ўлчов бирликларини чиқариш осон.

СГС системасида босимнинг бирлиги

$$p = \frac{F_{\kappa}}{S}; \quad p = \frac{1 \text{ дина}}{1 \text{ см}^2} = 1 \frac{\text{дина}}{\text{см}^2}.$$

Бу бирлик жуда кичик ва амалда деярли қўлланилмайди. Босимнинг *бар* деб аталадиган каттароқ бирлиги қўлланилади.

$$1 \text{ бар} = 10^6 \text{ дина/см}^2.$$

Барнинг мингдан бир улуши миллибар (*мбар*) дейилади:

$$1 \text{ мбар} = 10^3 \text{ дина/см}^2.$$

СИ системасида босимнинг бирлиги:

$$p = \frac{F_{\kappa}}{S}; \quad p = \frac{1_{\kappa}}{1_{\text{м}^2}} = 1 \text{ н/м}^2.$$

МКГСС системасида босимнинг бирлиги:

$$p = 1 \text{ кг/м}^2.$$

Бу бирликлар ҳам кичик бирликлар бўлиб кам ишлатилади. Амалда босимнинг ҳеч бир системага кирмаган бирликлари кўп ишлатилади:

техникавий атмосфера =  $1 \text{ кг/см}^2$ ;

физикавий атмосфера =  $1,033 \text{ кг/см}^2 = 1,033 \text{ техн. ат} = 1,033 \text{ ат}$ ;

миллиметр симоб устуни =  $0,00136 \text{ кг/см}^2 = 0,00136 \text{ ат}$ ;

$1 \text{ ат} = 101325 \text{ н/м}^2$ ;  $1 \text{ мм с.м. уст} = 133,322 \text{ н/м}^2$ .

## 92- §. Газнинг босими

Газларнинг ўз шакллари ва ҳажмлари йўқ, улар ўзлари турган ҳажмни бутунлай эгаллайди; диффузия жуда тез бўлади. Газларда молекуляр тутиниш деярли бўлмайди ва ҳар қандай газ молекулаларининг тезлиги жуда каттадир.

Агар идишга газ солинган бўлса, у ҳолда исталган йўналишлар бўйлаб узлуксиз ҳаракатда бўлган саноқсиз кўп молекулалар идиш деворларига урилиб, унга босим беради. Алоҳида (якка) молекулаларнинг зарбларини бизнинг сезиш органларимиз ҳам, асбоблар ҳам қайд қила олмайди. Барча молекулалар зарбларининг ўртача катталиги қайд қилинади, ана шу катталик газнинг босими бўлади. Молекулаларнинг хаотик ҳаракати учун ҳамма йўналишларнинг эҳтимоллиги баравар-

дир. Бу деган сўз, вақтнинг ихтиёрий пайтида ихтиёрий тўғри чизиқ бўйлаб барабар сондаги молекулалар ҳаракатланади, ихтиёрий йўналиш бўйлаб зарбалар сони барабар, шунинг учун газнинг идиш деворларига босими ҳам барабар бўлади.

Газлар кинетик назарияси асосида олиб борилган ҳисоблашлар молекуланинг бир урилишдан иккинчи урилишгача ўтган йўлининг узунлиги сантиметрнинг миллиондан бир улшига тенг бўлишини кўрсатади. Молекулалар ҳаракатининг тезлиги эса секундига юзлаб ва минглаб метрдир, бинобарин, бир молекуланинг бошқа молекулага урилишлари (тўқнашишлари) сони секундига миллиард-миллиард мартага тенгдир.

Берилган газ массасининг ҳолатини ўрганиб, биз мутлақо ҳар бир молекулани алоҳида-алоҳида кузатиш имконига эга бўла олмаймиз, биз молекулаларнинг жуда катта группаларини кузатишимиз мумкин ва излаётган катталикнинг, масалан, температуранинг, босимнинг ўртача қийматини олишимиз мумкин.

Шундай қилиб, молекуляр-кинетик назарияга кўра газнинг босими тартибсиз ҳаракатланаётган молекулаларнинг зарбасидан ҳосил бўлар экан.

### 93. §. Изотермик процесс. Бойль—Мариотт қонуни

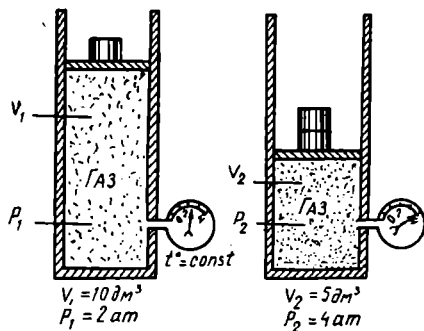
Газнинг ҳолати унинг ҳажми, босими ва температураси билан аниқланади. Бу катталикларнинг ўзгариши билан газнинг ҳолати ҳам ўзгаради.

Баъзи ҳолларда газда шундай процесслар ҳам бўлиши мумкинки, унда катталиклардан бири ўзгармай қолади, қолган иккитаси эса ўзгаради, масалан, газнинг температураси ўзгармайди, берилган газ массасининг босими ва ҳажми ўзгаради.

Газнинг температураси ўзгармаган ҳолда бўладиган процесс изотермик процесс деб аталади (грекча сўзлар „изос“—тенг, „термос“—иссиқлик сўзларидан олинган).

Агар газ эгаллаган ҳажм кичрайтирилса, у ҳолда газнинг босими ортади, агар шу температуранинг ўзида ҳажм орттирилса, у ҳолда газнинг босими камаяди. Бунини поршень зич қилиб киритилган цилиндрга уланган манометр ёрдамида кузатиш мумкин (118-расм).

Газнинг айти бир массаси учун ўзгармас температурада ҳажмининг босимга боғлиқлиги инглиз олими Бойль (1662 й.) ва ундан мустақил ҳолда француз олими Мариотт (1676 й.)



118-расм. Ўзгармас температурада газ босимининг унинг ҳажмига боғлиқлиги.

томонидан топилган эди. Бу муносабат шундай ифодаланди: берилган газ массаси учун ўзгармас температурада газнинг ҳажми унинг босимига тескари пропорционалдор.

Агар газнинг  $p_1$  босимдаги ҳажми  $V_1$  ва  $p_2$  босимдаги ҳажми  $V_2$  бўлса, у ҳолда шундай пропорцияни ёзиш мумкин:

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

Тажрибаларни бир неча марта такрорлаб  $p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3 = p_4 V_4 = \text{const}$  (ўзгармас катталиқ) эканини аниқлаш мумкин ёки

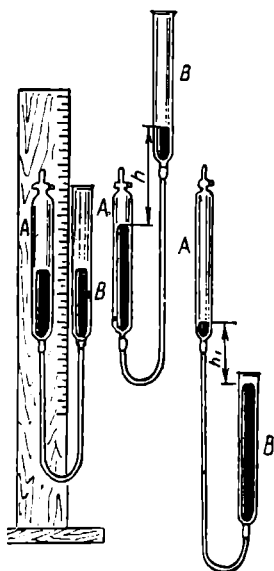
$$pV = C.$$

Биз Бойль—Мариотт қонунини бошқа кўринишда олдик.

Газнинг берилган массаси учун ўзгармас температурада босимнинг ҳажмга кўпайтмаси ўзгармас катталиқдир.

Бу қонунни мана бундай тажрибада текшириш мумкин.

Бир томони пайвандланган ёки жўмрак билан беркитилган ва куб сантиметрларга даражаланган шиша най олинади (А най кўзғалмас) ва резинка най ёрдамида уни очиқ шиша най билан бирлаштирилади (119-расм). Асбобни симоб билан тўлдирилади ва сўнгра шундай қилинади: туташ идишларнинг ўнг В тирсагини иккала идишдаги симоб сатҳлари бараварлашгунча ҳаракатлантирилади. Бунда берк найдаги газ атмосфера босими остида, яъни  $p_1 = H$  мм сим уст бўлади, бунинг барометрдан аниқлаш мумкин.



119-расм. Бойль — Мариотт қонунини текширишга доир тажриба.

Сўнгра туташ идишларнинг ўнг В тирсаги юқорига кўтарилади. У ҳолда берк найдаги газнинг ҳажми  $V_2$ , унинг босими эса  $p_2 = H + h$ , яъни атмосфера босимига ўнг тирсакдаги устуннинг чап томондаги А устун сатҳига нисбатан баландлигини қўшилганига тенг бўлади.

Туташ идишларнинг ўнг В тирсагини пастга туширилади, у ҳолда найдаги газнинг ҳажми  $V_3$ , унинг босими эса  $p_3 = H - h_1$ , яъни атмосфера босими билан чап А тирсакдаги симоб устунининг ўнг тирсакдаги сатҳга нисбатан баландлиги айирмасига тенг.

Сўнгра газ босимларининг ҳажмга кўпайтмалари ҳисоблаб чиқилади ва қуйидаги тенгликнинг тўғрилигига ишонч ҳосил қилинади:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3 = \dots = p_n V_n = \text{const}.$$

Бойль—Мариотт қонунини молекуляр-кинетик назария нуқтаи назаридан тушунтириш мумкин. Газнинг айни бир массасининг ҳажмини 5 марта камайтирамыз, у ҳолда газнинг зичлиги шунча марта катта бўлади. Тёмпература ўзгармаганда молекулаларнинг ўртача квадратик тезлиги аввалгидек қолади. Бунда ҳар бир вақт бирлигида сирт бирлигига газнинг молекулалари 5 марта кўп таъсир қилади. Натижада газнинг босими 5 марта ортади. Бундан муайян газ массаси учун ўзгармас температурада босим ҳажмга тескари пропорционал ўзгаради.

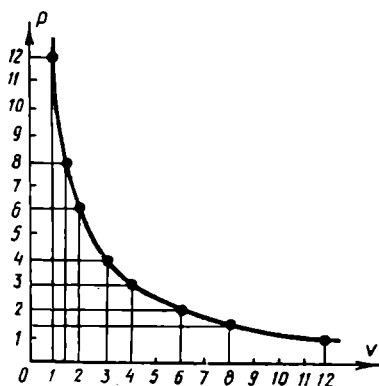
Босим катта бўлганда Бойль—Мариотт қонунидан четга чиқишлар кузатилади. Буни қуйидагича тушунтириш мумкин.

Босим катта бўлганда газнинг ҳажми анча кичрайиши керак, бунда эса молекулаларнинг жойлашиш зичлиги ортади. Бунинг натижасида молекулалар орасидаги ўзаро таъсир кучлари ортади, ҳолбуки бошқа шароитларда (молекулалар орасидаги ўртача катта масофаларда), бундай ўзаро таъсир кучи деярли бўлмайди. Бундан ташқари, идиш ҳажми ва молекулалар эгаллаган ҳажм орасидаги фарқ кескин камаяди, бошқача айтганда, молекулалараро фазо кескин камаяди, бинобарин, сиқилиш Бойль—Мариотт қонунида қабул қилингандек бутун ҳажмда эмас, балки ҳажмларнинг ана шу фарқида рўй беради.

Бу қонундан четга чиқишлар тўғрисида М. В. Ломоносов 1745 йилдаёқ ўзининг „Ҳавонинг эластик кучи ҳақида фикрлар“ деган асарида Бойль—Мариотт қонуни натижасини баён қилишда олдиндан кўрсатган эди. У шунингдек қанча четга чиқиш мумкинлиги ҳақида ҳам айтган эди.

Бойль—Мариотт қонунини график равишда ифодалаймиз. Бунинг учун абсциссалар ўқида  $V$  ҳажми, ординаталар ўқида  $p$  босимни қўямиз.  $pV = 12$  н·м кўпайтмани оламиз. Газнинг ҳажмини 1, 1,5, 2, 3, 4, 6, 8 ва 12 м<sup>3</sup> деб оламиз ва олинган ҳажмларга мос келадиган босимларни н·м<sup>2</sup> да топамиз.

Олинган натижаларни жадвалга ёзамиз, муайян координаталар бўйича нуқталар ясаймиз ва уларни бирлаштирамиз, у ҳолда биз ўзгармас температурада ҳажм ва босим орасидаги боғланишни ифодаловчи эгри чизиқни ҳосил қиламиз (120-расм).



120-расм. Бойль—Мариотт қонунининг графиги.

Бойль—Мариотт қонуни график равишда гипербола билан ифодаланади, бу гипербола газнинг ўзгармас температурадаги ҳолатини ифодалайди ва физикада *изотерма* деб аталади.

#### 94-§. Газ зичлигининг босимга боғлиқлиги

Температура ўзгармаганда газ босимининг 2 марта ортиши билан унинг ҳажми 2 марта камайиши, газнинг массаси эса ўзгаришсиз қолиши маълум. Зичлик формуласидан фойдаланиб, газнинг зичлиги ҳам 2 марта ортади деб хулоса қилишимиз мумкин, бинобарин, газнинг зичлиги босимга пропорционал бўлади.

Буни умумий кўринишда исбот қиламиз. Муайян газ массасининг бошланғич ҳолатдаги ҳажми, босими ва зичлигини  $V_1$ ,  $p_1$ ,  $D_1$  билан, ўша температурадаги охири ҳолатдаги ҳажми, босими ва зичлигини  $V_2$ ,  $p_2$ ,  $D_2$  билан белгилаймиз. Бунда газнинг зичлигини бизга маълум бўлган формула орқали ифодалаймиз

$$D_1 = \frac{m}{V_1}; \quad D_2 = \frac{m}{V_2}; \quad \frac{D_1}{D_2} = \frac{V_2}{V_1}.$$

Бойль—Мариотт қонунига кўра

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

Олинган пропорцияларни таққосласак, шундай муносабат оламиз:

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{p_1}{p_2}.$$

Бу формула *изотермик процессда газнинг зичлиги унинг босимига тўғри пропорционал бўлишини кўрсатади.*

#### 95-§. Идеал газ ҳақида тушунча. Манометрлар

Газнинг ҳар бир молекуласи муайян бир ҳажмни эгаллайди. Агар газ сиқилса, унинг ҳажми камаяди. Бироқ газни ҳажми нолга тенг бўладиган даражада сиқиш мумкин эмас. Ҳатто бир молекула иккинчиси билан тегишиб турадиган даражада сиқилганда ҳам улар барча молекулалар ҳажмларининг йиғиндисига тенг ҳажмни эгаллаган бўлади.

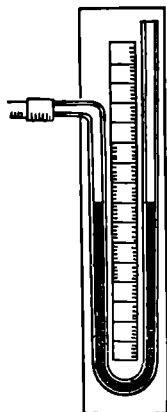
Агар ҳар бир молекуланинг ҳажми бўлмаганда ва газларда ҳар қандай шароитда ҳам мутлақо молекуляр тутиниш бўлмаганда эди, газлар буйсунадиган қонунлар янада аниқ бўларди.

Бундай хоссаларга эга бўлган газ *идеал газ* деб аталади.

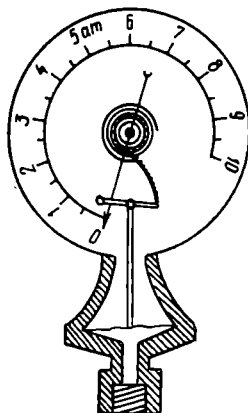
Амалда мавжуд бўлган газлар идеал газ хоссаларига эга бўлмайди, шунинг учун уларни *реал газлар* дейилади.

Келтириб чиқарилган Бойль—Мариотт қонуни унчалик сиқилмаган газлар учунгина, яъни идеал газлар учун ўринлидир. Идеал газга энг яқин газлар водород ва гелийдир.

Ёлиқ идишлардаги газлар ва суюқликларнинг босимини ўлчаш учун манометр деб аталувчи асбоблари шлатилади. Суюқликли ва металлдан қилинган манометрлар бўлади. Атмосферага яқин босимларни ўлчаш учун очиқ суюқликли манометр



121-расм. Суюқликли очиқ манометр.



122-расм. Металл манометр.

ишлатилади. У бирор сатҳгача симоб ёки бошқа суюқлик билан тўлдирилган  $U$  — симон найдан иборатдир (121-расм).

Катта босимларни, масалан, сиқилган ҳаво солинган баллонлардаги босимни, буғ қозонларидаги буғнинг босимини, гидравлик пресснинг бераётган босимини ва шунга ўхшаш жойлардаги босимларни ўлчашда металл манометрлар қўлланилади (122-расм).

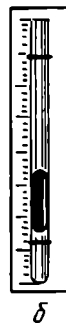
#### 4- лаборатория иши. Бойль—Мариотт қонунини текшириш.

Асбоб ва ускуналар: Мельде найи, барометр; ватерпас.

Ишнинг ба жарилиши

1. Найни горизонтал жойлаштиринг (123-а расм) ва найга қамалган газ ҳажмини ўлчанг, бу ҳажм газ устуни узунлигига пропорционал бўлади. Найнинг узунлигини  $0,1$  см гача аниқликда ўлчаб, уни шартли равишда см да ифода-лаш мумкин.

2. Найга қамалган газ босимини ўлчанг, бу босим най горизонтал жой-



123-расм. Бойль Мариотт қонунини текшириш.

лашганда атмосфера босимига тенг. Уни барометр ёрдамида аниқлаш мумкин.

3. Газ босимининг ҳажмга кўпайтмасини ҳисобланг.

4. Найни очиқ учи билан юқорига қаратиб вертикал жойлаштиринг (123-б, расм) ва найга қамалган газнинг ҳажмини ўлчанг.

5. Найга қамалган газ босимини ўлчанг, у атмосфера босими билан найдаги симоб устуни баландлигининг қўшилганига тенг,  $H + h$ .

6. Газ босимини ҳажмига кўпайтмасини ҳисобланг.

7. Найнинг очиқ учини пастга қаратиб вертикал жойлаштиринг (123-в, расм) ва найга қамалган газнинг ҳажмини ўлчанг.

8. Найга қамалган газ босимини ўлчанг, бу босим атмосфера босимидан симоб устуни баландлигини айрилганига тенг,  $(H - h)$ .

9. Газнинг босимини ҳажмига кўпайтмасини ҳисобланг.

10. Ўлчашлар ва ҳисоблашлар натижаларини жадвалга ёзинг.

Тажриба тартиби	Ҳажм, $V$	Босим, $p$	Босимнинг ҳажмга кўпайтмаси, $p \cdot V$

Жадвал маълумотларидан  $p_1 V_1 \approx p_2 \cdot V_2 \approx p_3 \cdot V_3$  эканига ишонч ҳосил қилинг.

**78-масала.** Ҳажми 60 л бўлган баллонни температураси  $0^\circ\text{C}$  ва босими 50 ат бўлган кислород билан тўлдирилди. Шу кислород массасини аниқланг. Нормал шароитларда ( $0^\circ\text{C}$  ва 1 ат босимда) кислороднинг зичлиги  $0,00142 \text{ кг/см}^3$  га тенг.

Берилган (СИ системасида):

$$D_0 = 0,00142 \text{ кг/см}^3 = 1,42 \text{ кг/м}^3;$$

$$p_0 = 1 \text{ ат} = 10^5 \text{ н/м}^2;$$

$$t = 0^\circ\text{C};$$

$$p_1 = 50 \text{ ат} = 50 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2;$$

$$V_1 = 0,06 \text{ м}^3.$$

$$m = ?$$

Ечилиши

1. Газнинг нормал шароитдаги ҳажмини Бойль—Марриотт қонунига мувофиқ аниқлаймиз:

$$p_0 \cdot V_0 = p_1 \cdot V_1; V_0 = \frac{p_1 \cdot V_1}{p_0}$$

2. Кислород массасини топамиз:

$$m = D_0 V_0 = \frac{D_0 \cdot p_1 \cdot V_1}{p_0}$$

3. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$m = \frac{1,42 \text{ кг/м}^3 \cdot 50 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 \cdot 0,06 \text{ м}^3}{10^5 \text{ н/м}^2} = 4,26 \text{ кг}.$$

**79-масала.** Баллонни  $0^\circ\text{C}$  температура ва 40 ат босим остида карбонат ангидрид билан тўлдириш учун 7,88 кг карбонат ангидрид керак бўлди.



Валлоннинг ҳажмини аниқланг. Карбонат ангидриднинг нормал шароитдаги ( $0^{\circ}\text{C}$  ва  $1\text{ ат}$  босимда) зичлиги  $0,00197\text{ кг, д.м}^3$  деб олинг.

Берилган (СИ системасида):

$$m = 7,88\text{ кг};$$

$$D_0 = 0,00197\text{ кг, д.м}^3 = 1,97\text{ кг/м}^3;$$

$$p_0 = 1\text{ ат} = 10^5\text{ Н/м}^2;$$

$$p_1 = 40\text{ ат} = 40 \cdot 10^5\text{ Н/м}^2,$$

$$V_1 = ?$$

Ечилиши

1. Нормал шароитларда газнинг ҳажмини куйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$V_0 = \frac{m}{D_0}.$$

2. Баллоннинг ҳажмини Бойль—Мариотт қонуни билан ифодалаймиз:

$$\frac{V_0}{V_1} = \frac{p_1}{p_0}; \quad V_1 = \frac{p_0 V_0}{p_1}.$$

8. Охириги формулага  $V_0$  нинг қийматини қўямиз:

$$V_1 = \frac{p_0 m}{p_1 D_0}.$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$V_1 = \frac{10^5\text{ Н/м}^2 \cdot 7,88\text{ кг}}{40 \cdot 10^5\text{ Н/м}^2 \cdot 1,97\text{ кг, м}^3} = 0,1\text{ м}^3.$$

80-масала. Бир учи пайвандланган шиша найда узунлиги  $8\text{ см}$  бўлган симоб устунчаси билан қамалган ҳаво устуни бор. Агар найни очиқ учини юқорига қаратиб тик тутиб турилса, ҳаво устунининг узунлиги  $4\text{ см}$  га тенг бўлади. Агар найни очиқ учи билан пастга қаратиб турилса, ҳаво устунининг баландлиги  $5\text{ см}$  бўлади (124-расм). Атмосфера босимини аниқланг.

Берилган  
(СГС системасида):

$$h = 8\text{ см сим уст};$$

$$l_1 = 4\text{ см};$$

$$l_2 = 5\text{ см}.$$

$$H = ?$$

Ечилиши

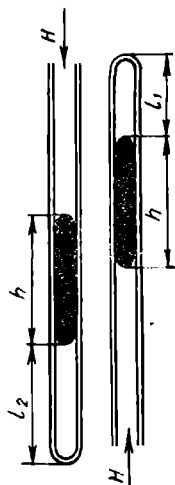
Масалани ечиш учун формула чиқарамиз.

1. Биринчи вазиятда найдаги ҳавонинг ҳажми:

$$V_1 = l_2 S.$$

2. Биринчи вазиятда найдаги ҳавонинг босими:

$$p_1 = H + h.$$



124-расм. 80-масалага доир.

8. Иккинчи вазиятда найдаги ҳавонинг ҳажми:

$$V_2 = l_1 \cdot S.$$

4. Иккинчи вазиятда найдаги ҳавонинг босими:

$$p_2 = H - h.$$

5. Бойль—Мариотт қонунига кўра шундай ёзамиз:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2; \quad l_2 \cdot S \cdot (H + h) = l_1 \cdot S \cdot (H - h); \quad l_2 \cdot (H + h) = l_1(H - h);$$

$$l_2 H + l_2 h = l_1 H - l_1 h; \quad l_2 h + l_1 h = l_1 H - l_2 H; \quad h(l_2 + l_1) = H(l_1 - l_2);$$

$$H = \frac{h(l_2 + l_1)}{l_1 - l_2}.$$

6. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$H = \frac{8\text{ см сим уст} \cdot (4\text{ см} + 5\text{ см})}{5\text{ см} - 4\text{ см}} = 72\text{ см сим уст} = 9889\text{ Н/м}^2.$$

## Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Босим деб нимага айгилади ва у қандай бирликларда ўлчанади?
2. Газнинг босимини молекуляр-кинетик назария асосида қандай тушунтириш мумкин?
3. Қандай ҳолларда суюқликли ва металл манометрлар ишлатилади?
4. Идеал газ нима?
5. Газ ҳолати қандай катталиклар билан характерланади?
6. Газдаги қандай процесс изотермик процесс дейилади?
7. Бойль—Мариотт қонунини қандай ифодаланади ва у қандай процессини ифодалайди?
8. Бойль—Мариотт қонунини графигидаги эгри чизиқнинг номи нима?
9. Изотерма ҳажмлар ўқини ёки босимлар ўқини кесиб ўтиши мумкинми? Тушунтириб беринг.
10. Ўзгармас температурада газнинг зичлиги босимга қандай боғланган бўлади?
11. Ҳажми 30 л бўлган баллонда 0°C температура ва 200 ат босимда турган водород горелкада бир соатга 5 г дан ёнаётган бўлса, қанча вақтга етади? Нормал шароитда водороднинг зичлиги 0,00009 кг/дм<sup>3</sup>.

Ж а в о б и: 108 соат.

12. Бир томони пайвандланган шиша найда 10 см ли симоб устунини билан қамалган ҳаво устунини бор. Агар найни очик учи билан юқорига қаратиб ушласак, у ҳолда ҳаво устунининг узунлиги 13 см га тенг бўлади. Агар найни очик учи билан пастга қаратиб ушлаб турилса, у ҳолда ҳаво устунининг узунлиги 17 см бўлади. Атмосфера босимини аниқланг.

Ж а в о б и: 75 мм см уст = 97,88 кг/м<sup>3</sup>.

13. Ҳажми 80 л бўлган баллонни 0°C температурада ва 75 ат босим остида тўлдириб турган кислороднинг массасини аниқланг. Нормал шароитда кислороднинг зичлиги 0,00142 кг/дм<sup>3</sup>.

Ж а в о б и: 8,52 кг.

## 96-§. Газда изобар процесс. Гей-Люссак қонунини

Агар кўзгалувчи поршенли металл цилиндр олиб, уни бирор газ билан тўлдирсак, у ҳолда газ атмосфера босими остида бўлади. Газни қиздириб унинг кенгайишига имкон берилса, биз газнинг босими атмосфера босимига тенглигича қолгани ҳолда унинг ҳажми кенгаётганини кўраимиз. Шундай тажрибаларга асосланиб, ўзгармас босимда турган ҳар қандай газ қиздирилганда кенгайди деган хулосага келинган. Буни қуйидагича тушунтириш мумкин. Газ қиздирилганда унинг молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги ортади, бу уларнинг кинетик энергияларининг ортишига сабаб бўлади. Молекулалар тезлигининг ортиши натижасида улар идиш деворларига кўпроқ ва кучлироқ урилади ва бунинг натижасида газнинг босими ортади. Агар идишнинг ҳажми бемалол ўзгариши мумкин бўлса (масалан, поршень билан бекитилган цилиндрининг ҳажми сингарини), у ҳолда газ кенгайди ва у шундай ҳажмни эгаллайдики, бунда унинг босими ташқи босимга тенг бўлади.

Ўзгармас босимда қиздирилаётган газ ҳажмининг ўзгариши изобар процесс деб аталади („изос“—тенг, „барюс“—оғир).

Бундай процессни дилатометр деб аталадиган („дилатаре“ — кенгайтирмоқ) асбоб билан ўрганиш мумкин (125-а расм). Бу асбоб шиша шар бўлиб, ундан тўғри бурчакли қилиб букилган шиша найча чиқарилган.

Дилатометри қуруқ газ билан тўлдирилади, сўнгра горизонтал найчани симоб томчиси билан беркитилади, бунда шар ичидаги ҳаво қамалиб қолади. Сўнгра шарни музли сувга солиб, газнинг  $0^{\circ}\text{C}$  да эгаллаган бошланғич ҳажмини  $A$  симоб томчисига ўлчанади ва уни  $V_0$  орқали белгиланади. Бунда газнинг босими атмосфера босимига тенг бўлади. Кейин сувни бирор температурагача қиздирилади, у ҳолда дилатометрдаги газ кенгайди ва симоб томчиси  $B$  вазиятга сурилади (125-б расм), бироқ бу ҳолда ҳам газнинг босими атмосфера босимига тенг бўлади.

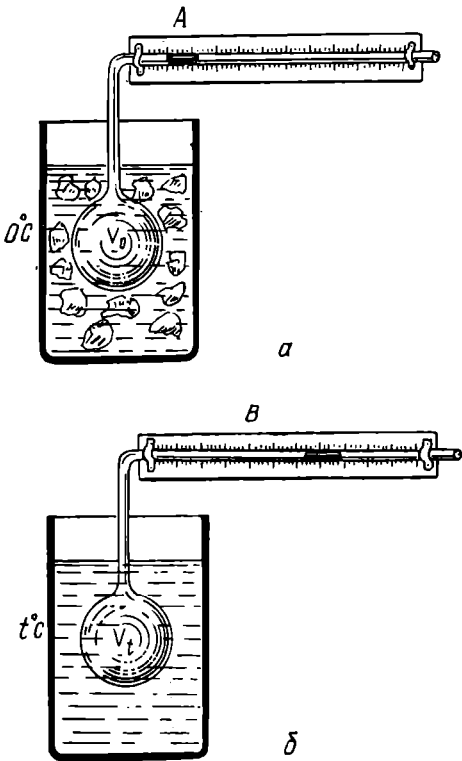
Кенгайган газнинг температураси ва ҳажмини ўлчаб, газнинг ўзгармас босимдаги ҳажмий кенгайиш коэффициентини қуйидаги формуладан ҳисоблаш мумкин:

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

1802 йилда Гей-Люссак турли газлар билан шунга ўхшаш тажрибалар ўтказиб, унинг номи билан аталган қонунни кашф қилди. Барча газлар учун ўзгармас босимда ҳажмий кенгайиш коэффициенти бир хил ва  $\frac{1}{273}$  ёки  $0,00366 \text{ град}^{-1}$ га тенг.

Шу қонуннинг ўзини бошқача ифодалаш ҳам мумкин: *ўзгармас босимда олинган газ массаси температура  $1^{\circ}\text{C}$  га ортганда ўзининг  $0^{\circ}\text{C}$  да олинган дастлабки ҳажмининг  $\frac{1}{273}$  қисмига кенгайди.*

Молекуляр-кинетик назарияга мувофиқ, Гей-Люссак қонунини шундай тушунтириш мумкин. Газларда молекуляр тутиниш кучлари жуда кичик, шунинг учун молекулалар бир-бири билан деярли боғланмаган. Газ қиздирилганда унинг молекулаларининг ўртача квадратик тезлиги, бинобарин, молекулаларнинг ўртача кинетик энергияси ортади. Ана шу кинетик



125-расм. Дилатометр.

энергия ҳисобига газ фақат ташқи иш, яъни ташқи босим кучларига қарши иш бажаради. Агар масса ва ташқи босим ўзгармаса, у ҳолда газни ҳар бир градусга қиздиришда, газнинг химиявий таркибига боғлиқ бўлмаган ҳолда ташқи иш бирдай бўлади, шунинг учун газ айни бир катталиқка кенгайди.

Қуйидаги

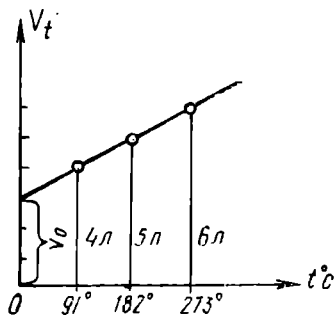
$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$$

формуладан шундай ёзиш мумкин:  $V_t = V_0(1 + \beta t)$  ва  $\beta$  ни унинг сон қиймати  $1/273 \text{ град}^{-1}$  билан алмаштирилса, қуйидаги муносабат келиб чиқади:

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right).$$

Бу формула бўйича изобар процессда газ ҳажмини ҳисоблаш мумкин.

Ўзгармас босимда газ ҳажми ва температураси орасидаги боғланишни график равишда ифода қилаймиз.



126-расм. Гей-Люссак қонуни-нинг графиги.

Айталик, ўзгармас босимда ( $p = \text{const}$ ) газнинг ҳажми  $0^\circ\text{C}$  да  $3 \text{ л}$  га тенг, яъни  $V_0 = 3 \text{ л}$  бўлсин.  $V_t = V_0(1 + \beta t)$  формуладан газнинг  $91,182$  ва  $273^\circ\text{C}$  даги ҳажмини ҳисоблаймиз ва натижаларни жадвалга ёзамиз.

Абсциссалар ўқини температура ўқи, ординаталар ўқини эса ҳажмлар ўқи деб қабул қиламиз. Нуқталарни ясаб ва уларни ўзаро бирлаштириб, газлардаги изобарик процесснинг графигини ҳосил қиламиз (126-расм).

Гей-Люссак қонуни ҳажмлар ўқидан бошланғич ҳажмга тенг кесма кесувчи қия тўғри чизиқдан иборат бўлади.

Бу тўғри чизиқ газлардаги изобар процессни тасвирлайди, шунинг учун *изобара* деб аталади.

**81-масала.**  $0^\circ\text{C}$  да газ  $10 \text{ л}$  ҳажми эгаллайди. Агар босим ўзгармаса, газни  $273^\circ\text{C}$  га қиздирилганда у қандай ҳажми эгаллайди?

Берилган (СИ системасида):

$$V_0 = 10 \text{ дм}^3 = 0,01 \text{ м}^3;$$

$$t = 273^\circ\text{C};$$

$$\beta = \frac{1}{273} \text{ град}^{-1}.$$

$$V_t = ?$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$V_t = 0,01 \text{ м}^3 \cdot \left(1 + \frac{1}{273} \text{ град}^{-1} \cdot 273 \text{ град}\right) = 0,02 \text{ м}^3 = 20 \text{ дм}^3.$$

• Ечилиши

1. Газнинг ҳажмини шундай формуладан аниқлаймиз:

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t\right).$$

**82-масала.** Газнинг ҳажми унинг  $0^{\circ}\text{C}$  да олинган ҳажмидан 4 марта кенгайиши учун ўзгармас босимда уни неча градус қиздириш керак?

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$\begin{aligned} V_0 &= V; \\ V_t &= 4V; \\ \beta &= \frac{1}{273} \text{град}^{-1}. \end{aligned}$$

1. Температурани қуйидаги формуладан топамиз:

$$\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}; \quad \beta V_0 t = V_t - V_0,$$

бундан

$$t = \frac{V_t - V_0}{\beta V_0}.$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t = \frac{4V - V}{\frac{1}{273} \text{град}^{-1} \cdot V} = \frac{3V}{V/273 \text{град}} = 819^{\circ}\text{C} = 1092,15^{\circ}\text{K}.$$

**83-масала.** Газнинг  $182^{\circ}\text{C}$  даги ҳажми  $V$  га тенг. Шу газнинг ҳажми  $2,5V$  га тенг бўлиши учун уни ўзгармас босимда қандай температурагача совитиш керак?

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$\begin{aligned} t_1 &= 182^{\circ}\text{C}; \\ V_1 &= V; \\ V_2 &= \frac{2}{5}V; \end{aligned}$$

1. Газнинг  $0^{\circ}\text{C}$  даги ҳажмини аниқлаймиз:

$$V = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t_1\right),$$

$$\beta = \frac{1}{273} \text{град}^{-1}.$$

бундан

$$V_0 = \frac{V}{1 + 1/273 t_1}.$$

$$t_2 = ?$$

2. Охириги температурани аниқлаш учун тенглама тузамиз ва ҳисоблашларни бажарамиз:

$$V_2 = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} t_2\right) \text{ ёки } V_2 = \frac{V}{1 + \frac{1}{273} t_1} \cdot \left(1 + \frac{1}{273} t_2\right);$$

$$\frac{2}{5} V = \frac{V}{1 + \frac{182 \text{ град}}{273 \text{ град}}} \cdot \left(1 + \frac{1}{273 \text{ град}} t_2\right);$$

$$\frac{2}{5} = \frac{3}{5} \left(1 + \frac{1}{273 \text{ град}} t_2\right); \quad 2 = 3 + \frac{3t_2}{273^{\circ}}; \quad t_2 = -\frac{273^{\circ}}{3} = -91^{\circ}\text{C} = 182,15^{\circ}\text{K}.$$

## 97-§. Газда изохорик процесс. Шарль қонуни

Агар газни берк идишга қамаб, уни  $0$  дан  $t^{\circ}\text{C}$  гача қиздирилса, газнинг ҳажми ўзгармасдан қолади (идишнинг кенгайишини назарга олмаслик мумкин), босими эса ортади (127-расм).

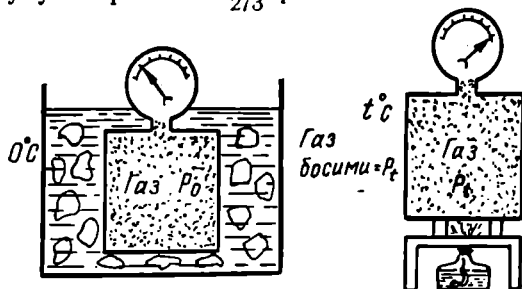
Ўзгармас ҳажмда қиздирилаётган газ босимининг ўзгариши изохорик процесс деб аталади (грекча „изос“ — тенг, „хорема“ — сизим сўзларидан олинган).

Қизиган газнинг  $t$  температураси, бошланғич  $p_0$  босими ва қизиган газнинг ўзгармас ҳажмдаги  $p_t$  босимини билган ҳолда босимнинг термик коэффициентини ҳисоблаш мумкин. *Газнинг ўзгармас ҳажмда  $1^{\circ}\text{C}$  га қиздирилганда унинг босими  $0^{\circ}\text{C}$  даги босимига нисбатан қанча қисмга ортишини кўрсатадиган катталиқ газнинг термик коэффициенти деб аталади.*

Газ босимининг термик коэффициентини  $\gamma$  билан белгила- сак, таърифга кўра қуйидаги формулани ёзиш мумкин:

$$\gamma = \frac{p_t - p_0}{p_0 t}.$$

Шунга ўхшаш тажрибаларни турли газлар билан ўтказиб, Шарль 1787 йилда унинг номи билан аталган қонунни кашф қилди: босимнинг термик коэффициентини ўзгармас ҳажмда бар- ча газлар учун бир хил ва  $\frac{1}{273}$  град<sup>-1</sup> га тенг.



127- расм. Газни изохор қизитиш.

Бу қонунни яна шундай ифодалаш мумкин.

Ўзгармас ҳажмдаги муайян газ массаси учун темпера- тура  $1^\circ\text{C}$  га ортганда унинг босими  $0^\circ\text{C}$  даги босимининг  $\frac{1}{273}$  қисмича ортади. Бундан маълум бўлдики,

$$\gamma = \beta = \frac{1}{273} \text{ град}^{-1},$$

яъни газларнинг ўзгармас босимдаги ҳажмий кенгайиш коэф- фициенти ва ўзгармас ҳажмдаги босимининг термик коэффи- циенти ўзаро тенг экан.

Юқоридаги

$$\gamma = \frac{p_t - p_0}{p_0 t}.$$

формуладан қуйидаги муносабатни келтириб чиқарамиз:

$$p_t = p_0 (1 + \gamma t),$$

яъни ўзгармас ҳажмда қиздирилган газнинг босими даст- лабки босим билан термик босим биноми кўпайтмасига тенг экан.

Қавс ичидаги икки ҳад термик босим биноми дейилади. Бином газ 0 дан  $t^\circ\text{C}$  гача изохорик қиздирилганда унинг бо- сими неча марта ортишини кўрсатади.

Шарль қонунини молекуляр-кинетик назарияга мувофиқ тушунтириш осон. Газ температурасининг кўтарилиши унинг молекулалари ҳаракат тезлигини ортиши билан боғлиқ, бу эса ўз навбатида молекулаларнинг идиш деворларига янада куч- лироқ урилишига олиб келади. Ҳажм доимий бўлгани учун

молекулалар тезлигининг ортиши уларнинг идиш деворларига кўпроқ урилишларига сабаб бўлади. Бунинг натижасида газнинг деворга босими ортади. Шунинг учун газ қизиганида босимнинг ортиши ҳар бир градусга тенг ортиши керак, амалда ҳам шундай экани кузатилади.

Кейинги тадқиқотларнинг кўрсатишича, Гей-Люссак ва Шарль қонуни тақрибий қонунилар экан. Улар идеал газлар учун аниқ бажарилиши мумкин.

Бу қонуниларда газ молекулаларининг яқинлашишида анчагина катта бўладиган ўзаро таъсирлар назарга олинмаган, шунингдек, ҳар бир молекуланинг моддий зарра сифатидаги эгаллаган ҳажми ҳам назарга олинмаган.

Ўзгармас ҳажмда газнинг босими билан температура орасидаги боғланишни график тарзда тасвирлаймиз. Бунинг учун абсциссалар ўқига температуранинг, ординаталар ўқига газнинг босимини кўямиз.

Айтайлик, дастлабки босим  $p_0 = 3 \text{ ат}$  бўлсин, у ҳолда

$p_t = p_0 (1 + \gamma t)$  формулага мувофиқ 91, 182 ва 273°C темпе-

ратуралардаги босимларни ҳисоблаймиз (температураларнинг бундай қийматларида босим бутун сонларда келиб чиққан эди ва график ясашга қулай бўлган эди) ва натижаларни жадвалга ёзамиз.

Нуқталарни топамиз ва уларни ўзаро кетма-кет бирлаштирамиз, у ҳолда биз қия тўғри чизиқни ҳосил қиламиз (128-расм).

Шарль қонуни босимлар ўқидан дастлабки босимга тенг бўлган кесма ажратувчи қия тўғри чизиқ билан ифодаланади. Бу тўғри чизиқ газлардаги изохорик процессни тасвирлайди, шунинг учун *изохора* дейилади.

**84-масала.** 10°C температурада газ 5 ат босимда турибди. Агар газнинг ҳажми аввалгидек қолса, 65°C да газнинг босими қандай бўлади?

Берилган (СИ системасида):

$$t_1 = 10^\circ\text{C};$$

$$p_1 = 5 \text{ ат} = 5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2;$$

$$\gamma = \frac{1}{273} \text{ град}^{-1};$$

$$t_2 = 65^\circ\text{C}.$$

$$p_2 = ?$$

Ечилиши

1. Газнинг 0°C даги босимини аниқлаймиз:

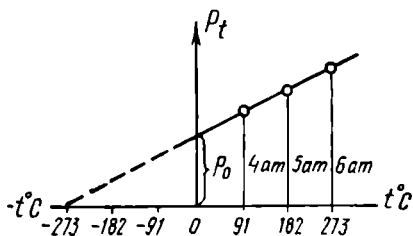
$$p_t = p_0 (1 + \gamma t),$$

бундан

$$p_0 = \frac{p_1}{1 + \gamma t_1}.$$

2. Газнинг  $t_2$  температурагача қизигандаги босими ифодасини ёзамиз:

$$p_2 = p_0 (1 + \gamma t_2) = \frac{p_1 \cdot (1 + \gamma t_2)}{1 + \gamma t_1} \approx \approx p_1 \cdot [1 + \gamma (t_2 - t_1)].$$



128-расм. Шарль қонуни графиги.

### 3. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$p_2 = 5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 \cdot \left[ 1 + \frac{1}{273} \text{град}^{-1} (65 \text{град} - 10 \text{град}) \right] =$$

$$= 5 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 \left( 1 + \frac{55}{273} \right) \approx 6 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2.$$

85- масала. Бирор температурада газ 2 ат босим остида турибди. Агар газнинг ҳажми ўзгармаган ҳолда босими 2,5 ат га тенг бўлса, газнинг температураси қанча кўтарилган?

Берилган:

$$p_1 = 2 \text{ ат};$$

$$p_2 = 2,5 \text{ ат};$$

$$\gamma = \frac{1}{273} \text{град}^{-1}.$$

$$t = t_2 - t_1$$

Ечилиши

1. Охириги босим учун ёзилган тақрибий формуладан температуранинг ўзгаришини аниқлаймиз:

$$p_2 = p_1 [1 + \gamma (t_2 - t_1)],$$

бундан

$$p_2 = p_1 + p_1 \gamma (t_2 - t_1); \quad p_2 - p_1 = p_1 \gamma (t_2 - t_1);$$

$$t_2 - t_1 = \frac{p_2 - p_1}{p_1 \gamma}.$$

### 2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t_2 - t_1 = \frac{2,5 \text{ ат} - 2 \text{ ат}}{2 \text{ ат} \cdot \frac{1}{273} \text{град}^{-1}} = \frac{0,5 \cdot 273 \text{град}}{2} = 68,25^\circ \text{C}.$$

## 98- §. Температураларнинг абсолют ноли. Абсолют температура

Ўзгармас ҳажмдаги газни совиtgанимизда унинг босими камайишини кўраимиз. Қандай температурада газнинг босими нолга тенг бўлишини аниқлайлик.

Молекуляр-кинетик назарияга кўра молекулаларнинг идиш деворларига урилиш зарби нолга тенг бўлганда, яъни газ молекулаларининг илгариланма ҳаракати бўлмаган ҳолдагина шундай бўлиши мумкин.

Буни график равишда ҳал қилиш мумкин.

Бундан аввалги параграфда чизилган изохорани (128- расм) температуралар ўқининг манфий йўналиши билан кесишгунча давом эттираимиз. — 273°C температурага мос келувчи нуқтада кесишади. Худди шу температурада газнинг босими нолга тенг.

Масалани аналитик йўл билан, яъни ҳисоблаш йўли билан ҳам ечиш мумкин.  $p_t = 0$  деб олайлик; бу деган сўз ўзгармас ҳажмдаги газнинг босими бирор температурада нолга тенг демакдир. Энди  $p_t = p_0 (1 + \gamma t)$  формулага  $p_t$  нинг қийматини қўйсак,  $0 = p_0 (1 + \gamma t)$  натижани ҳосил қиламиз. Бироқ газнинг 0°C температурадаги босими нолга тенг эмас, бинобарин,  $1 + \gamma t = 0$  ёки

$$1 + \frac{1}{273} t = 0,$$

бундан

$$t = -273^\circ \text{C}.$$



Шундай қилиб, молекулаларнинг иссиқлик ҳаракати тўхтайдиган —  $273^{\circ}\text{C}$  га тенг температура температураларнинг абсолют ноли учун қабул қилинади, абсолют нолдан бошлаб ўлчанган температура абсолют температура деб аталади. Абсолют нолдан ҳисобланадиган температуралар температураларнинг абсолют шкаласини ташкил қилади.

Газлар эластиклигининг термик коэффициентини, сўнгра температуралар абсолют нолини янада аниқроқ ҳисоблаш абсолют нолнинг —  $273^{\circ}\text{C}$  дан пастроқ эканини (аниқроғи —  $273,16^{\circ}\text{C}$  эканини) кўрсатди.

Агар Цельсий бўйича аниқланган температурани  $t$  билан, унга мос абсолют температурани  $T$  билан белгиласак, у ҳолда шундай муносабатни ёзиш мумкин:

$$T = 273^{\circ} + t$$

Масалан, Цельсий бўйича температура  $+20^{\circ}$  га тенг бўлса, у ҳолда абсолют температура  $T = 273^{\circ} + 20^{\circ} = 293^{\circ}\text{K}$  бўлади (абсолют температура тушунчасини асослаган физик Кельвин шарафига температураларнинг абсолют шкаласида градус  $^{\circ}\text{K}$  билан белгиланади).

Лейден паст температуралар лабораториясида олинган энг минимал температура —  $272,92^{\circ}\text{C}$  га тенг, СССР Фанлар Академияси физика проблемалари институтида эса —  $273,155^{\circ}\text{C}$ , яъни абсолют нолдан  $0,005^{\circ}$  фарқ қиладиган температура олишга муваффақ бўлинди. Бу паст температуралар олиш соҳасида эришилган жаҳон рекорди.

Молекуляр-кинетик назарияга кўра абсолют нолда молекулаларнинг илгариланма ҳаракати тўхташи керак, чунки газнинг босими нолга айланади. Аммо бу абсолют нолда материянинг ҳар қандай ҳаракати тўхтайти деган маънони билдирмайди. Абсолют нолда молекулаларни ташкил қилган атомларнинг ва атомларни ташкил қилган зарраларнинг ҳаракати ва бундан ташқари, жисмнинг молекулалардан ташкил топган бир бутун ҳолатидаги ҳаракати сақланади. Бу жисм Ернинг ўқи атрофида ва Ер билан бирга Қуёш атрофида ҳаракатда қатнашади. Абсолют нолда молекулаларнинг фақат иссиқлик ҳаракати тўхтайти.

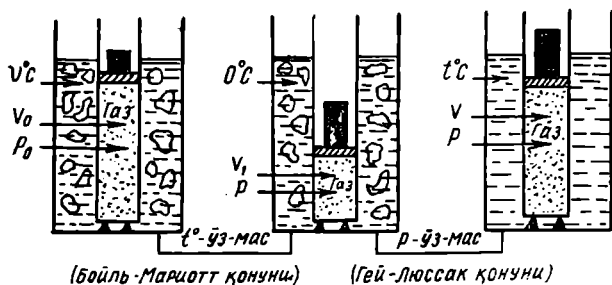
1747 йилдаёқ улуг рус олими М. В. Ломоносов „энг юқори даражадаги совуқ“ тўғрисида ўзининг „Иссиқ ва совуқнинг сабаблари ҳақида фикрлар“ асарида кўрсатиб ўтган эди.

## 99-§. Газ ҳолати тенгламаси

Газлар учун ўрганилган қонунлар (Бойль—Мариотт қонуни, Гей-Люссак қонуни, Шарль қонуни) берилган массадаги газ ҳолатининг бирор икки характеристикаси орасидаги боғланишни аниқлайди. Изотермик процессда ўзгармас температурада ( $t = \text{const}$ ) ҳажм билан босим орасидаги боғланиш; изобар про-

пессда ўзгармас босимда ( $p = \text{const}$ ) ҳажм ва температура орасидаги боғланиш; изохорик процессда эса ўзгармас ҳажмда ( $V = \text{const}$ ) босим билан температура орасидаги боғланиш аниқланади.

Техникада берилган массали газнинг босими ҳажм ва температура бир вақтда ўзгарганида қандай ўзгаришини билиш зарур бўлади. Масалан, ички ёнув двигателида цилиндрда ёнувчи аралашма алангаланганда газ ҳолатини характерловчи учала катталиқ баравар ўзгаради. Буг машина цилиндрида, атмосферада ва бошқа кўп ҳолларда ҳам шундай ҳодиса бўлади. Шунинг учун газнинг ҳажми, босими ва температураси орасидаги ўзаро боғланишни аниқлаш зарур бўлади.



129-расм. Берилган газ массасининг ҳажми, босими ва температураси орасидаги боғланишни тушунтирувчи схема.

Газнинг  $0^\circ\text{C}$  даги ҳажмини  $V_0$ , унинг босимини эса  $p_0$  билан белгилаймиз (129-расм). Газ температурасини ўзгаришсиз ( $0^\circ\text{C}$ ) қолдирамиз ва босимини  $p$  га ўзгартирамиз, у ҳолда газнинг ҳажми (129-расм) ҳам ўзгаради ва  $V_1$  га тенг бўлиб қолади. Агар  $t = \text{const}$  бўлса, у ҳолда газдаги процесс изотермик процесс бўлади ва Бойль—Мариотт қонунига кўра биз шундай ёзишимиз мумкин:

$$p_0 V_0 = p V_1.$$

Газнинг бу ҳолатида босимни ўзгармас деб ҳисоблаймиз ( $p = \text{const}$ ) ва уни  $t$  температурагача қиздирамиз, у ҳолда газнинг ҳажми ортади (129-расм) ва  $V$  га тенг бўлиб қолади. Агар  $p = \text{const}$  бўлса, у ҳолда процесс изобарик процесс бўлади ва Гей-Люссак қонунига мувофиқ шундай ёзиш мумкин:

$$V = V_1 (1 + \beta t)$$

бундан

$$V_1 = \frac{V}{1 + \beta t}.$$

$V_1$  учун топилган ифодани Бойль—Мариотт қонуни формуласига қўямиз

$$p_0 V_0 = p \frac{V}{1 + \beta t}$$

ёки

$$p_0 V_0 = \frac{pV}{1 + \beta t}.$$

Газнинг бошқа охириги  $p_1$ ,  $V_1$ ,  $t_1$  ҳолатида ҳосил қилинган тенгликни шундай ёзиш керак бўлар эди:

$$p_0 V_0 = \frac{p_1 V_1}{1 + \beta t_1}.$$

Бундай муносабатларни истаганча ёзиш мумкин. Бинобарин,

$$\frac{pV}{1 + \beta t} = \frac{p_1 V_1}{1 + \beta t_1} = \dots = \frac{p_n V_n}{1 + \beta t_n}$$

ёки

$$\frac{pV}{1 + \beta t} = C \text{ (const).}$$

*Берилган газ массаси учун газ босими билан ҳажми кўпайтмасининг ҳажмий кенгайиш биномига нисбати ўзгармас катталикдир.*

Газларнинг ҳажмий кенгайиш биномини ўзгартириб, шундай тенгликни ёзиш мумкин:

$$1 + \beta t = 1 + \frac{1}{273} t = \frac{273 + t}{273} = \frac{T}{273}.$$

Биномнинг қийматини газ ҳолати тенгламасига қўйиб, шундай тенглама ҳосил қиламиз:

$$\frac{pV}{\frac{T}{273}} = C$$

ёки

$$\frac{273 pV}{T} = C.$$

Олинган тенгликнинг икки томонини 273 га бўлиб, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{pV}{T} = \frac{C}{273}.$$

Бироқ  $C$  ўзгармас катталик, шунинг учун  $\frac{C}{273}$  ҳам ўзгармас катталик бўлади, бу катталикни  $R$  билан белгилаймиз, у ҳолда тенглик бошқача кўриниш олади.

$$\frac{pV}{T} = R.$$

*Берилган газ массаси учун босим билан ҳажм кўпайтмасининг абсолют температурага нисбати ўзгармас катталикдир.* Агар газнинг бошланғич ҳолати  $p_1$ ,  $V_1$  ва  $T_1$  билан

охирги ҳолати  $p_2$ ,  $V_2$  ва  $T_2$  билан характерланса, у ҳолда газ ҳолати тенгламасини шундай ёзиш мумкин:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}.$$

Бу формуладан фойдаланиб, Гей-Люссак ва Шарль қонунлари учун бошқа ифодалар ҳосил қилиш мумкин.

Изобарик процессда  $p = \text{const}$ , бинобарин,  $p_1 = p_2 = p$ . Тенгламани  $p$  га қисқартириб, Гей-Люссак қонунини шундай ёзиш мумкин:

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

ёки

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

яъни *газнинг ўзгармас босимдаги ҳажми абсолют температурага тўғри пропорционал*.

Изохор процессда  $V = \text{const}$ , бинобарин,  $V_1 = V_2 = V$ . Қуйидаги

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

тенгламани  $V$  га қисқартирамиз ва Шарль қонунини қуйидаги кўринишда ҳосил қиламиз:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

ёки

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

яъни *изохорик процессда газнинг босими абсолют температурага тўғри пропорционал*.

Газ ҳажмини қандай қилиб нормал шароитларга келтириш мумкин? Берилган газ массасининг нормал шартлари деганда  $0^\circ\text{C}$  ёки  $273^\circ\text{K}$  га тенг температура ва  $1 \text{ ат}$  га тенг босим тушунилади.

Масалалар ечишда кўпинча берилган газнинг нормал шароитлардаги ҳажмини топишга тўғри келади. Бунга газ ҳолати тенгламаси ёрдамида осон топиш мумкин:

$$\frac{pV}{T} = R,$$

бу ерда  $R = \frac{p_0 V_0}{273}$ , бинобарин,  $\frac{pV}{T} = \frac{p_0 V_0}{273}$

ёки уни шундай кўринишда ёзамиз:

$$p_0 V_0 = \frac{273 pV}{T},$$

бундан

$$V_0 = \frac{273 pV}{p_0 T}.$$

**86-масала.** Сигими 25 л бўлган баллонда 37°C температура ва 62 ат босимда гелий бор. Гелийнинг нормал шароитлардаги ҳажмини ва унинг массасини аниқланг. Гелийнинг нормал шароитлардаги зичлиги 0,00018 кг/дм³ га тенг.

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} t &= 37^\circ\text{C}; \\ V &= 25 \text{ дм}^3 = 0,025 \text{ м}^3; \\ p &= 62 \text{ ат} = 62 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2; \\ p_0 &= 1 \text{ ат} = 10^5 \text{ н/м}^2; \\ D_0 &= 0,00018 \text{ кг/дм}^3 = 0,18 \text{ кг/м}^3. \end{aligned}$$

$$V_0 - ? \quad m - ?$$

Ечилиши

1. Абсолют температурани аниқлаймиз:

$$T = 273^\circ + t.$$

2. Гелийнинг нормал шароитлардаги ҳажмини ифодалаймиз:

$$V_0 = \frac{273 p V}{p_0 T} = \frac{273 p V}{p_0 (273^\circ + t)}.$$

3. Гелий массасини топамиз:

$$m = D_0 V_0.$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{273 \text{ град} \cdot 62 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 \cdot 0,025 \text{ м}^3}{10^5 \text{ н/м}^2 \cdot 310 \text{ град}} \approx 1,37 \text{ м}^3, \\ m &= 0,18 \text{ кг/м}^3 \cdot 1,37 \text{ м}^3 \approx 0,25 \text{ кг}. \end{aligned}$$

**87-масала.** Сигими 40 л бўлган баллонда 3,96 кг карбонат ангидрид бор. Агар баллон 60 ат дан ортиқ босимга бардош бера олмаса, қандай температурада портлаш хавфи бўлишини аниқланг. Карбонат ангидриднинг нормал шароитлардаги зичлиги 0,00198 кг/дм³.

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} V &= 40 \text{ дм}^3 = 0,04 \text{ м}^3; \\ p &= 60 \text{ ат} = 60 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2; \\ m &= 3,96 \text{ кг}; \\ D_0 &= 0,00198 \text{ кг/дм}^3 = 1,98 \text{ кг/м}^3; \\ p_0 &= 1 \text{ ат} = 10^5 \text{ н/м}^2. \end{aligned}$$

$$t - ?$$

Ечилиши

1. Газнинг нормал шароитлардаги ҳажмини қуйидаги формуладан аниқлаймиз:

$$V_0 = \frac{m}{D_0}.$$

2. Портлаш мумкин бўлган абсолют температурани топамиз:

$$\frac{p V}{T} = \frac{p_0 V_0}{273},$$

бундан

$$T = \frac{273 p V}{p_0 V_0}.$$

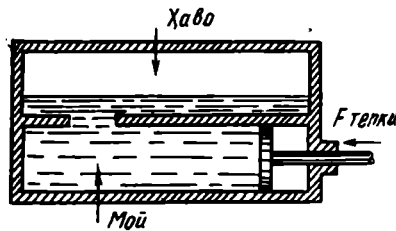
$V_0$  ни ўрнига қўйсақ, қуйидаги формулани ҳосил қиламиз:

$$T = \frac{273 p V D_0}{p_0 m}.$$

3. Ҳисоблаймиз:

$$T = \frac{273 \text{ град} \cdot 60 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 \cdot 0,04 \text{ м}^3 \cdot 1,98 \text{ кг/м}^3}{10^5 \text{ н/м}^2 \cdot 3,96 \text{ кг}} \approx 327,6 \text{ }^\circ\text{K}.$$

**88-масала.** Тўпларнинг орқага сурилувчи мосламаси—накатникдаги ҳавонини ҳажми 17°C температура, 50 ат босимда 8 л га тенг (130-расм). Агар тепки натижасида ундаги ҳаво ҳажми 2 л га тенг бўлиб, температураси 127°C га кўтарилган бўлса, ҳавонинг босимини аниқланг.



130- расм. 88- масалага доир.

Берилган:

$$\begin{aligned} V_1 &= 8 \text{ л}; \\ p_1 &= 50 \text{ ат}; \\ t_1 &= 17^\circ\text{С}; \\ V_2 &= 2 \text{ л}; \\ t_2 &= 127^\circ\text{С}. \end{aligned}$$

---


$$p_2 = ?$$

Ечилиши

1. Ҳавонинг бошланғич ва охириги ҳолатларидаги абсолют температурасини аниқлаймиз:

$$T_1 = 273^\circ + 17^\circ = 290^\circ\text{К};$$

$$T_2 = 273^\circ + 127^\circ = 400^\circ\text{К}.$$

2. Тенгламадан ҳавонинг охириги босимини топамиз:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \text{ бундан } p_2 V_2 T_1 = p_1 V_1 T_2$$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{V_2 T_1}.$$

3. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$p_2 = \frac{50 \text{ ат} \cdot 8 \text{ д.м}^3 \cdot 400 \text{ град}}{2 \text{ д.м}^3 \cdot 290 \text{ град}} = 276 \text{ ат}.$$

**89- масала.** Ўлчамлари  $5 \text{ м} \times 3 \text{ м} \times 4 \text{ м}$  бўлган хонадаги ҳавонинг  $20^\circ\text{С}$  температура ва  $0,99 \text{ ат}$  босимдаги массасини аниқланг. Ҳавонинг нормал шароитлардаги зичлиги  $0,00129 \text{ кг/д.м}^3$ .

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} a &= 5 \text{ м}; \\ b &= 3 \text{ м}; \\ h &= 4 \text{ м}; \\ t &= 20^\circ\text{С}; \\ p &= 0,99 \text{ ат} = 10^5 \text{ н./м}^2; \\ p_0 &= 1 \text{ ат} = 10^5 \text{ н./м}^2; \\ D_0 &= 0,00129 \text{ кг/д.м}^3 = 1,29 \text{ кг/м}^3. \end{aligned}$$

---


$$m = ?$$

Ечилиши

1. Ҳавонинг абсолют температурасини топамиз:

$$T = 273^\circ + 20^\circ = 293^\circ\text{К}.$$

2. Исиган ҳавонинг ҳажминини ҳисоблаймиз:

$$V = abh = 5 \cdot 3 \cdot 4 \text{ м}^3 = 60 \text{ м}^3.$$

3. Ҳавонинг нормал шароитдаги ҳажми ифодасини ёзамиз:

$$V_0 = \frac{273 p V}{T p_0}.$$

4. Ҳавонинг массасини аниқлаймиз:

$$m = D_0 V_0 = \frac{D_0 \cdot 273 p V}{T p_0}.$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$m = \frac{1,29 \text{ кг/м}^3 \cdot 273 \text{ град} \cdot 10^5 \text{ н./м}^2 \cdot 60 \text{ м}^3}{293 \text{ град} \cdot 10^5 \text{ н./м}^2} \approx 71,5 \text{ кг}.$$

## 100-§. Газларнинг техникада қўлланилиши

Газлар техникада жуда кенг қўлланилади. Масалан, бензин, керосин ёки нефтнинг ёнишидан ҳосил бўлган жуда қизиган газлар ички ёнув двигателларининг ишлашида қўлланилади; портловчи моддаларнинг ёнишидан ҳосил бўлган кучли қизиган газларнинг эластиклиги оғир меҳнат талаб қиладиган ишларни енгиллаштириш, масалан, шахта стволларини қозиш, унча чуқур жойлашмаган руда ва кўмир конларининг устидаги ер қатламини портлатиш, тоғ жойларда туннеллар очиш ва бошқа ҳолларда ишлатилади.

Бироқ техникада фақат кучли қиздирилган газларгина ишлатилмайди. Масалан, хона температурасидаги одатдаги газларнинг ишлатилиш соҳалари ҳам турли-тумандир. Бунга ҳаво ҳайдайдиган машиналар ва ҳаво ишлатиладиган бошқа соҳаларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Вентилятор қурилмалари хонани шамоллатиб беради, ишлаб чиқариш чиқиндиларини олиб чиқиб ташлайди (қипиқлар, чанг, тўзон ва ҳоказо), енгил материалларни ташийди (масалан, юнг, зиғир, дон, пайраха—қириндилар ва шунга ўхшаш), буғ қозонларининг мўрисида сунъий тортишни юзага келтиради ва ҳоказо.

Кўп ҳолларда газлар сиқилган ҳолда ишлатилади, масалан, карбонат ангидридни газ-сув заводларида, сиқилган ёнувчи газларни автоген усул билан пайванд қилишда, металлларни қирқиш ва ҳоказоларда ишлатилади. Сиқилган ҳаво, масалан, трамвай, троллейбус, шунингдек темир йўл вагонларининг тормоз қурилмаларида ишлатилади. Шунингдек, сиқилган ҳаводан пневматик асбоблар деб аталадиган дреллер, зубила ва болгалар сингари кўчма ишчи асбобларда ҳам фойдаланилади.

Пневматик асбоблардан моҳирлик билан фойдаланганда меҳнат унумдорлиги анча ошиши мумкин.

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Газда изобарик процесс нимадан иборат бўлади?
2. Гей-Люссак қонунини қандай ифодалаш мумкин?
3. Газда изобарик процесс график равишда қандай тасвирланади?
4. Газда изохорик процесс нимадан иборат бўлади?
5. Газ босимининг термик коэффициентини деб нимага айтилади?
6. Шарль қонунини қандай таърифланади?
7. Газдаги изохорик процесс график равишда қандай ифодаланади?
8. Температураларнинг абсолют ноли нима?
9. Абсолют нолнинг —  $273^{\circ}\text{C}$  га тўғри келишини қандай аниқлаш мумкин?
10. Температураларнинг абсолют нолини молекуляр-кинетик назария нуқтаи назаридан қандай тушуштириш мумкин?
11. Бирлашган газ қонунининг моҳияти нимадан иборат?
12. Нима учун газ ҳолати тенгламаси  $\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{273}$  да  $\frac{pV}{T}$  нисбат ўзгармас катталик бўлади?

13. Газнинг  $0^{\circ}\text{C}$  даги ҳажми уч марта ортсин учун газни изобар ҳолда неча градус қиздириш керак? (Бу ва кейинги масалаларни ечишда газ ҳолати тенгламасидан фойдаланинг.)

Ж а в о б и:  $546^{\circ}\text{C}$ .

14. Газ  $47^{\circ}\text{C}$  да  $10\text{ л}$  ҳажмини эгаллайди. Босим аввалгича қолганда газнинг температураси  $367^{\circ}\text{C}$  га кўтарилса, унинг ҳажми қандай ўзгаради?

Ж а в о б и:  $0,02\text{ м}^3$ .

15.  $0^{\circ}\text{C}$  да газнинг босими  $20\text{ ат}$ . Агар унинг ҳажми аввалгича қолса, газнинг босими қанча бўлади?

Ж а в о б и:  $80 \cdot 10^5\text{ н/м}^2$ .

16. Газнинг  $27^{\circ}\text{C}$  температурадаги ҳажми  $25\text{ л}$ . Агар босим аввалгича қолса, қандай температурада газнинг ҳажми  $50\text{ л}$  га етади?

Ж а в о б и:  $600^{\circ}\text{K}$ .

17. Баллондаги карбонат ангидрид газининг ҳажми  $49\text{ л}$ , босими  $60\text{ ат}$ , температураси  $21^{\circ}\text{C}$ . Газнинг массасини аниқланг ( $\gamma_0 = 0,00198\text{ кг/дм}^3$ ).

Ж а в о б и:  $\approx 5,4\text{ кг}$ .

18.  $9\text{ кг}$  водород  $37^{\circ}\text{C}$  температурада  $566\text{ м}^3$  ҳажмини эгаллайди. Водород қандай босим остида турибди?

Ж а в о б и:  $20 \cdot 10^5\text{ н/м}^2$ .

19. Ҳажми  $40\text{ л}$  бўлган баллонда  $25^{\circ}\text{C}$  температурада  $2,84\text{ кг}$  кислород бор. Кислороднинг босимини аниқланг.

Ж а в о б и:  $54,6 \cdot 10^5\text{ н/м}^2$ .





## ЖИСМ ИЧКИ ЭНЕРГИЯСИНИНГ ЎЗГАРИШИ. ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ. ИССИҚЛИК ВА ИШ

### 101 §. Иссиқлик алмашинувида жисм ички энергиясининг ўзгариши. Иссиқлик миқдори

Ҳар бир жисмнинг ички энергияси бўлиши бизга илгаридан (78-§) маълум. Масалан, иссиқлик алмашинганда ички энергия катталиги ўзгариши мумкин.

*Жисмларнинг температуралари баравар бўлмаслиги сабабли ички энергиянинг бир жисмдан иккинчисига ўтиши иссиқлик алмашинуви дейилади.*

Молекуляр-кинетик назария нуқтаи назаридан шундай бўлади: қизиганроқ жисмнинг молекулалари пастроқ қизиган жисмнинг молекулалари билан тўқнашиб, унга ўзларининг кинетик энергияларидан бир қисмини беради. Бинобарин, ички энергия (айни ҳолда молекуляр-кинетик энергия) юқори температурали жисмдан паст температурали жисмга ўтади. Бундай ҳол жисмларнинг температуралари тенглашгунча давом этади.

Механикада жисмнинг бутунча ҳаракатини ўрганишда биз унинг фақат кинетик ва потенциал энергияларини қараб чиқиш билан чекланган эдик. Молекуляр физика ўрганадиган ҳодисаларда жисм ички зарраларининг (молекулалар, атомлар, электронлар ва бошқа зарраларнинг) ўзаро таъсири ва ички ҳаракати асосий роль ўйнайди. Масалан, жисмнинг қизиши жисм зарраларининг хаотик ҳаракатлари энергиясининг ортшидан, суюқликларнинг жуда кам сиқилиши ва уларнинг сиртқи қатламларининг алоҳида хусусиятлари молекулалар орасидаги ўзаро тортишиш кучларининг мавжудлиги туфайли бўлади. Бинобарин, иссиқлик ҳодисаларини ўрганишда жисмнинг фақат бутун ҳолидаги механик энергиясигина эмас, бу жисмнинг зарралари ҳаракати ва ўзаро таъсири энергияси—*жисмнинг ички энергиясини* ҳам назарга олиш керак.

Жисмнинг ички энергиясининг ўзгариши энергиянинг бир жисмдан иккинчи жисмга узатилиши билан боғлиқ. Энергия бир жисмдан иккинчи жисмга иш бажариш процессида узатилиши мумкин, бу ҳолда энергиянинг бир тури бошқа турга айланади. Масалан, компрессор ишлаганда газ сиқилади ва бунда унинг ички энергияси ортади.

Ҳозирги замон нуқтаи назарига кўра иссиқлик материянинг модда атом-молекуляр тузилиши билан боғлиқ бўлган ҳаракат шаклидир. Иссиқлик тушунчасини жисм ички энер-

гиясининг шундай тури билан боғлайдиларки, унда жисмни ташкил қилган зарраларнинг молекуляр ҳаракати кинетик энергияси билан ўзаро таъсир потенциал энергияси бирлашган бўлади. Жисмнинг ички энергияси шунингдек иш бажарилмасдан ҳам, яъни иссиқлик алмашинуви процессида ўзгариши мумкин. Бу процессда энергия молекулалар, атомлар орқали узатилади, ёки олиб ўтилади, бунинг натижасида жисмнинг ички энергияси ўзгаради. Масалан, газ плитасидаги поршенли цилиндрда газ қизиганда молекуляр ҳаракат энергияси плитада қатламдан-қатламга узатилади, бунинг натижасида цилиндрдаги газнинг ички энергияси ортади.

Буғ қозонидаги сувни иситиш, хонадаги ҳавони, тобланаётган темирни қиздириш учун маълум миқдорда иссиқлик сарфлаш зарур.

*Бир жисмдан иккинчи жисмга иссиқлик ўтиш натижасида ички энергиянинг ўзгариш ўлчови (меъёри) иссиқлик миқдори деб аталади.*

Иссиқлик миқдори бирлиги учун халқаро системада (СИ) 1 жоуль (*ж*) қабул қилинган.

*Массаси 0,00024 кг бўлган дистилланган сув 1°K қизиганда, яъни 292,5° дан 293,5°K гача қизиганда унинг ички энергиясининг ўзгариши иссиқлик миқдорининг жоуль бирлиги дейилади.*

Иссиқлик миқдорининг системага кирмаган бирликлари калория (*кал*) ва килокалория (*ккал*) ҳам ишлатилади: 1 *ккал* = 1000 *кал*.

*Массаси 1 г бўлган дистилланган сув 1°K қизиганда, яъни 292,5° дан 293,5°K гача қизиганда унинг ички энергиясининг ўзгариш ўлчови калория деб аталади.*

Жоуль ва калория шундай муносабатлар билан боғланган:

$$1 \text{ ж} = 0,24 \text{ кал}, \quad 1 \text{ кал} = 4,19 \text{ ж} \approx 4,2 \text{ ж}.$$

## **102-§. Жисмнинг иссиқлик сифими ва модданинг солиштирма иссиқлик сифими**

Тажрибалардан шу нарса маълумки, массалари барабар бўлган турли моддаларни (айни бир иссиқлик манбаидан) қиздириш учун турлича иссиқлик миқдори сарф қилинади. Масалан, темир цилиндрини қиздириш шундай массали сувни қиздиришдан кўра тезроқ бўлади. Бунга сабаб турли жисмларнинг иссиқлик сифимларининг турлича бўлишидир. Бирор жисмни 1°С қиздириш учун керак бўлган иссиқлик миқдори жисмнинг *иссиқлик сифими* дейилади.

Таърифга мувофиқ жисмнинг иссиқлик сифими *кал/град* ёки *ккал/град* ҳисобида ифодаланади. СИ системасида иссиқлик сифими *ж/град* да ўлчанади.

Ғиштнинг бир парчасини 1°С қиздириш учун бутун ғиштни қиздиришга қараганда ёки алюминийдан қилинган кичкинагина

парчин миҳни  $1^{\circ}\text{C}$  қиздириш учун алюминий кастрюлни қиздиришга қараганда камроқ иссиқлик керак бўлишини тушуниш осон. Бу мисоллардан айни бир моддадан тузилган, бироқ массалари бир хил бўлмаган жисмларни  $1^{\circ}\text{C}$  қиздириш учун (бинобарин, барабар сондаги градусга қиздириш учун ҳам) турли иссиқлик миқдори керак эканлиги кўриниб турибди.

Шунинг учун моддаларнинг иссиқлик хоссаларини характерлаш учун бирлик массанинг, яъни жисмни ташкил қилган модданинг бир граммининг иссиқлик сиғимини билиш керак.

*1 г моддани  $1^{\circ}\text{C}$  қиздириш учун керак бўлган иссиқлик миқдорига сон жиҳатидан тенг бўлган катталиқ модданинг солиштирма иссиқлик сиғими дейилади.*

Солиштирма иссиқлик сиғимини  $c$ , массани  $m$ , бошланғич температурани  $t_1$ , охириги температурани  $t_2$ , иссиқлик миқдорини  $Q$  билан белгилаб, шундай фикр юритамиз.

*1 г моддани  $1^{\circ}\text{C}$  қиздириш учун  $c$  калория иссиқлик миқдори керак бўлади;  $m$  грамм моддани  $1^{\circ}\text{C}$  қиздириш учун эса  $m$  марта катта, яъни  $cm$  калория иссиқлик миқдори, шу  $m$  массани  $t$  градус қиздириш учун  $cm t$  калория иссиқлик миқдори керак бўлади. Бунга асосан шундай ёзамиз:*

$$Q = cm t.$$

$m$  массали жисмни  $t_1$  дан  $t_2$  гача қиздириш учун керак бўлган иссиқлик миқдори

$$Q = cm (t_2 - t_1).$$

Агар жисм совиётган бўлса  $t_1 > t_2$  бўлади, шунинг учун жисм совиётганда ажралган иссиқлик миқдори

$$Q = cm (t_1 - t_2).$$

*Жисмнинг қиздиришда ютган ёки совитишда чиқарган иссиқлик миқдори модданинг солиштирма иссиқлик сиғимини жисмнинг массасига ва қизитиш ёки совитиш температурасининг кўпайтмасига тенг.  $Q = cm t$  формуладан*

$$c = \frac{Q}{m t}$$

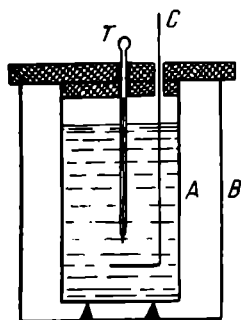
эканини топамиз. Бу формулада  $Q = 1$  кал,  $m = 1$  г,  $t = 1^{\circ}\text{C}$  эканини назарга олиб,  $c = 1$  кал/(г·град) эканини;  $Q = 1$  ккал,  $m = 1$  кг,  $t = 1^{\circ}\text{C}$  деб олиб,  $c = 1$  ккал/(кг·град) бўлишини топамиз.

Химиявий жиҳатдан тоза бўлган сувгина шундай иссиқлик сиғимига эга бўлади. Қолган барча моддаларнинг иссиқлик сиғими бирдан кичик. Масалан, темирнинг солиштирма иссиқлик сиғими  $0,11$  кал/(г·град), миснинг солиштирма иссиқлик сиғими  $0,09$  кал/(г·град), қўргошинники эса  $0,03$  кал/(г·град) га тенг бўлади.

СИ системасида солиштирма иссиқлик сиғими  $ж/(кг \cdot град)$  да ўлчанади.

## 103-§. Калориметр

Солиштирма иссиқлик сиғими ва бошқа иссиқлик катталикларини ўлчаш *калориметрия* деб аталади. Бундай ўлчашларни бажариш учун аралаштириш усули жуда қўл келади. Бу усул шундан иборатки, қизиган жисмлар камроқ қизиган жисмлар билан тегизилади, бунинг натижасида иссиқлик узатиш рўй беради. Шундан кейин натижавий температура ўлчанadi.



131-расм. Энг содда калориметр.

Калориметрия ишларида ишлатиладиган асбоб калориметр дейилади (131-расм). Калориметр юққа деворчи металл *A* стакан бўлиб, у тубида ёғоч ёки пўкак таглик бўлган ташқи *B* металл стаканга солинган бўлади, таглик калориметр иссиқлигини исроф бўлишдан сақлайди.

Шунингдек, калориметрда *C* аралаштиргич ва *T* термометр бўлади.

**90-масала.** Массаси 0,3 кг бўлган алюминий кастрюлда олинган 10°C температурадаги 2 кг сувни қайнатиш учун қанча иссиқлик сарф қилиш керак?

Берилган:

Ечилиши

$$\begin{aligned} m_1 &= 2 \text{ кг}; \\ c_1 &= 1 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}); \\ t_1 &= t_2 = 10^\circ\text{C}; \\ m_2 &= 0,3 \text{ кг}; \\ c_2 &= 0,22 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}); \\ \theta &= 100^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

$$Q = ?$$

1. Сув ва кастрюлни қиздириш учун керак бўлган иссиқлик миқдорини топамиз:

$$Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1);$$

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_2);$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_2) = (c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1).$$

2. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\begin{aligned} Q &= \left( 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 2 \text{ кг} + 0,22 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 0,3 \text{ кг} \right) \cdot 90 \text{ град} = \\ &= 2,066 \frac{\text{ккал}}{\text{град}} \cdot 90 \text{ град} = 185,94 \text{ ккал}. \end{aligned}$$

СИ системасида  $Q = 186 \text{ ккал} \approx 4,2 \text{ кж} \cdot 186 \approx 781 \text{ кж}$ .

**91-масала.** 0,8 кг музни қиздириш учун 2 ккал иссиқлик керак бўлди, шундан сўнг музнинг температураси  $-4^\circ\text{C}$  га тенг бўлди. Агар музнинг солиштирма иссиқлик сиғими 0,5 ккал/(кг · град) га тенг бўлса, музнинг дастлабки температурасини аниқланг.

Берилган (СИ системасида):

Ечилиши

$$\begin{aligned} Q &= 2 \text{ ккал} = 8400 \text{ ж}; \\ m &= 0,8 \text{ кг}; \\ c &= 0,5 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град}) = 2100 \text{ (кг} \cdot \text{град)}; \\ \theta &= -4^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

$$t_1 = ?$$

1.  $Q = cm(\theta - t)$  формуладан

$$\theta - t_1 = \frac{Q}{cm}; \quad t_1 = \theta - \frac{Q}{cm}$$

ни келтириб чиқарамиз.

2. Музнинг дастлабки температурасини ҳисоблаймиз:

$$t_1 = -4 \text{ град} - \frac{8400 \text{ ж}}{2100 \text{ ж}/\text{кг} \cdot \text{град} \cdot 0,8 \text{ кг}} = -4 \text{ град} - 5 \text{ град} = -9^\circ\text{C} = 264^\circ\text{K}.$$

## Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Калория ва килокалория деб нимага айтилади?
2. Модданинг солиштирма иссиқлик сифими деб нимага айтилади?
3. Жисмнинг иссиқлик сифими билан модданинг солиштирма иссиқлик сифими орасида қандай фарқ бор?
4. Миснинг солиштирма иссиқлик сифими 0,09 га тенг. Бу нимани билдиради?
5. Марказий иситиш системасида сувнинг иссиқликни олиб юрувчи жисм сифатида ишлатилишидаги афзалликлари нимадан иборат?
6. Жисмни қиздириш учун керак бўлган иссиқлик миқдорини қандай ҳисобланади?
7. 20°C температурадаги 5 кг сувни 0,6 кг массали алюминий кастрюлда қайнатиш керак. Шу сувни қайнатиш учун қанча иссиқлик керак бўлади?

Жавоб и:  $\approx 1,7$  Мж.

8. Темир детални 15°C дан 815°C гача қиздириш учун 17,6 ккал иссиқлик керак бўлган. Шу деталнинг массасини аниқланг.

Жавоб и: 0,2 кг.

9. 0,2 кг сувга 8 ккал иссиқлик берилса, сув қанча градус исийди?

Жавоб и: 40°C га.

10. Массаси 5 кг бўлган ғишти 10 дан 35°C гача иситиш учун 80 ккал иссиқлик сарфланди. Ғиштининг солиштирма иссиқлик сифимини аниқланг.

Жавоб и: 3360 ж/(кг · град).

## 104- §. Иссиқлик баланси тенгламаси

Агар хонага совуқ сувли челақ олиб кирилса, бирмунча вақт ўтгандан кейин челақ ва сув бир оз исийди, хонадаги ҳаво ва бошқа нарсалар эса бир оз совийди. Шунга ўхшаш барча ҳолларда иссиқроқ жисмлар ўзининг қисман иссиқлигини совуқроқ жисмларга беради бундай иссиқлик узатиш (бе-риш) шу жисмларнинг температуралари тенглашгунча давом этади.

Улуг рус олими М. В. Ломоносов 1744 йилда ўзи ва шунингдек замондоши петербурглик академик Г. В. Рихман ўтказган калориметрик тажрибалари асосида бир жисмдан иккинчи жисмга иссиқликнинг ўтишини тушунтириб берди.

*Совиётган барча жисмларнинг берган иссиқлик миқдори исийётган барча жисмларнинг олган иссиқлик миқдорига тенг бўлади.* Бу қоида *иссиқлик баланси тенгламаси* деб аталади.

Шундай мисол кўрайлик: температураси  $t_1$ , массаси  $m_1$ , солиштирма иссиқлик сифими  $c_1$  бўлган иссиқ сувни температураси  $t_2$ , массаси  $m_2$  ва иссиқлик сифими  $c_2$  бўлган совуқ сув билан аралаштирилади. Аралашгандан сўнг температура  $\theta$ ° С бўлди (грекча „тета“ ҳарфи).

Бунда:

1. Иссиқ сув  $t_1$  температурадан  $\theta$  температурагача совиб

$$Q = c_1 m_1 (t_1 - \theta)$$

иссиқлик беради.

2. Совуқ сув  $t_2$  температурадан  $\theta$  температурагача исиб

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_2)$$

иссиқлик олади.

3. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_1 = Q_2; \quad c_1 m_1 (t_1 - \theta) = c_2 m_2 (\theta - t_2)$$

(иссиқлик баланси тенгламасини тузишда калориметрнинг қизишини назарга олмадик).

Бу тенгламадан аралашманинг охириги температураси  $\theta$  ни топамиз:

$$c_1 m_1 t_1 - c_1 m_1 \theta = c_2 m_2 \theta - c_2 m_2 t_2;$$

$$c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 = c_2 m_2 \theta + c_1 m_1 \theta;$$

$$c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 = \theta (c_2 m_2 + c_1 m_1); \quad \theta = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}.$$

Турли температураларда олинган сув аралашмаси учун бу тенглама биринчи марта петербурглик академик Г. В. Рихман томонидан чиқарилган эди.

Қаттиқ жисм моддасининг солиштирма иссиқлик сифимини аниқлаш учун иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз. Шундай белгилашлар киритамиз:  $m_1$  — калориметрнинг массаси;  $c_1$  — калориметрнинг солиштирма иссиқлик сифими;  $t_1$  — калориметрнинг дастлабки температураси;  $m_2$  — калориметрга қуйилган сувнинг массаси;  $c_2$  — сувнинг солиштирма иссиқлик сифими;  $t_2 = t_1$  — сувнинг дастлабки температураси;  $m_3$  — текширилаётган модданинг массаси;  $c_3$  — модданинг солиштирма иссиқлик сифими;  $t_3$  — модданинг дастлабки температураси;  $\theta$  — аралашманинг охириги температураси.

Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз.

1. Текширилаётган жисмнинг  $t_3$  температурадан  $\theta$  гача совишда берган иссиқлик миқдори:

$$Q_3 = c_3 m_3 (t_3 - \theta).$$

2. Сувнинг  $t_1$  температурадан  $\theta$  температурагача иссишида олган иссиқлик миқдори:

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_1).$$

3. Калориметрнинг  $t_1$  дан  $\theta$  гача исиганда олган иссиқлик миқдори:

$$Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1).$$

4. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_3 = Q_2 + Q_1; \quad c_3 m_3 (t_3 - \theta) = Q_1 + Q_2;$$

$$c_3 = \frac{Q_1 + Q_2}{m_3 (t_3 - \theta)}.$$

*Модданинг солиштирма иссиқлик сифими калориметр билан сувнинг ютган иссиқлик миқдорини текширилаётган модда массаси ва унинг совиш температурасига бўлинганига тенг.*

$Q_1$  ва  $Q_2$  нинг қийматларини чиқарилган формулага қўйиб, қўйидаги муносабатни оламиз:

$$c_3 = \frac{c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1)}{m_3 (t_3 - \theta)} = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1)}{m_3 (t_3 - \theta)},$$

ёки

$$c_3 = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1)}{m_3 (t_3 - \theta)}.$$

Температурасини симоб термометри билан ўлчаб бўлмайдиган печнинг, спирт лампаси ва пайвандлаш лампаси алангаси ва шу кабиларнинг температураси калориметр билан аниқланиши мумкин.

Сонли мисол кўрайлик. Лаққа чўғ кўмир печдан олиниб, теъда  $15^\circ\text{C}$  температурадаги 250 г суви бўлган 100 г массали калориметрга ташланди. Калориметрнинг солиштирма иссиқлик сизими 0,09 кал (г · град). Бунда сувнинг температураси  $40^\circ\text{C}$  га кўтарилди.

Кўмирнинг массаси (аралашманинг охири температурасини аниқлаб бўлингандан кейин) 50 г га тенг эканлиги маълум бўлди. Кўмирнинг солиштирма иссиқлик сизимини 0,25 кал (г × град) га тенг деб олиш мумкин. Печнинг температурасини аниқланг.

Изланаётган температурани  $t_3$  билан белгилаймиз ва юқорда киритилган белгилашларни қўллаймиз.

1. Кўмир совнишида берган иссиқлиги:

$$Q_3 = c_3 m_3 (t_3 - \theta).$$

2. Сув исишида олган иссиқлиги:

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_1).$$

3. Калориметр исишида олган иссиқлиги:

$$Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1).$$

4. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2;$$

$$c_3 m_3 (t_3 - \theta) = c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1);$$

$$c_3 m_3 t_3 - c_3 m_3 \theta = (c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1);$$

$$c_3 m_3 t_3 = (c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1) + c_3 m_3 \theta.$$

5. Печнинг температурасини топамиз, у кўмирнинг дастлабки температурасига тенг бўлади:

$$t_3 = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1) + c_3 m_3 \theta}{c_3 m_3}.$$

6. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t_3 = \frac{\left(0,09 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}} \cdot 100 \text{ г} + 1 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}} \cdot 250 \text{ г}\right) (40 \text{ град} - 15 \text{ град})}{50 \text{ г} \cdot 0,25 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}} + \frac{50 \text{ г} \cdot 0,25 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}} \cdot 40 \text{ град}}{50 \text{ г} \cdot 0,25 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}} = 558^\circ\text{C}.$$

## 5-лаборатория иши. Қаттиқ жисм моддасининг солиштирма иссиқлик сифимини аниқлаш

**Асбоб ва ускуналар:** лаборатория тарозиси; 100 г гача бўлган тошлар; калориметр; термометр; иситгич; сувли идиш; текширилаётган модда.

И ш н и н г б а ж а р и л и ш и

1. 1 г гача аниқлик билан тортиб калориметрнинг  $m_1$  массасини аниқланг.

2. Калориметрга сув солинг ва 1 г гача аниқликда яна қайта тортиш йўли билан калориметрга солинган сувнинг  $m_2$  массасини аниқланг.

3. Сувли калориметрнинг дастлабки  $t_1$  температурасини аниқланг.

4. Тортиш йўли билан текширилаётган модданинг  $m$  массасини аниқланг.

5. Текширилаётган моддани ипга осинг ва уни иссиқ сув солинган қўшимча идишга тушинг. Жисмни сувда 5 мин давомида иситинг.

6. Иссиқ сувнинг  $t$  температурасини ўлчанг ва жисм ҳам худди шундай температурагача қизиди деб олинг.

7. Жисмни калориметрга тушинг ва аралашманинг  $\theta$  температурасини аниқланг.

8. Ўлчашлар натижаларини жадвалга ёзинг.

Кагталиқлар	Текширилаётган модда	Калориметр	Сув
Масса . . . . .	$m = ?$	$m_1 =$	$m_2 =$
Солиштирма иссиқлик сифими . . . . .	$c = ?$	$c_1 =$	$c_2 =$
Дастлабки температура . . . . .	$t =$	$t_1 =$	$t_1 =$
Охириги температура . . . . .	$\theta =$	$\theta =$	$\theta =$

9. Калориметр ясалган металлниг солиштирма иссиқлик сифимини иловадаги 5-жадвалдан олинг.

10. Иссиқлик баланси тенгламасини тузинг ва модданинг солиштирма иссиқлик сифимини аниқланг.

11. 5-жадвалдан фойдаланиб, модданинг солиштирма иссиқлик сифимини аниқлашдаги нисбий хатони топинг.

**92-масала.** Массаси 500 г бўлган пўлат шестерня юқори температурагача қиздирилди, сўнгра  $10^\circ\text{C}$  да олинган мойга ботирилди. Агар мойнинг массаси 2 кг, аралашманинг охириги температураси  $50^\circ\text{C}$  бўлса, шестернянинг дастлабки температурасини аниқланг (пўлат учун  $c = 0,11 \text{ кал}/(\text{г} \cdot \text{град})$ , мой учун  $0,4 \text{ кал}/(\text{г} \cdot \text{град})$  деб олинг). Идишнинг қизиши назарга олинмасин.

Б е р и л г а н :

$$m_1 = 500 \text{ г.}$$

$$c_1 = 0,11 \text{ кал}/(\text{г} \cdot \text{град});$$

$$m_2 = 2000 \text{ г.};$$

$$c_2 = 0,45 \text{ кал}/(\text{г} \cdot \text{град});$$

$$t_2 = 10^\circ\text{C};$$

$$\theta = 50^\circ\text{C}.$$

$$t_1 = ?$$

Е ч и л и ш и

1. Пўлат шестернядан ажралган иссиқлик:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - \theta).$$

2. Мой олган иссиқлик:

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_2).$$

3. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_1 = Q_2; \quad c_1 m_1 (t_1 - \theta) = c_2 m_2 (\theta - t_2);$$

$$c_1 m_1 t_1 - c_1 m_1 \theta = c_2 m_2 (\theta - t_2);$$

$$c_1 m_1 t_1 = c_2 m_2 (\theta - t_2) + c_1 m_1 \theta.$$



4. Шестернянинг даслабки температурасини топамиз:

$$t_1 = \frac{c_2 m_2 (\theta - t_2) + c_1 m_1 \theta}{c_1 m_1}$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$t_1 = \frac{0,45 \cdot 2000(50 - 10) + 0,11 \cdot 500 \cdot 50}{0,11 \cdot 500} = \frac{38750}{55} \text{ (град)} = 704,5^\circ\text{C}.$$

93- масала.  $9^\circ\text{C}$  температурали 10 кг,  $40^\circ\text{C}$  температурали 20 кг ва  $100^\circ\text{C}$  температурали 6 кг сувни аралаштирилди. Аралашманинг температурасини аниқланг. (Идишнинг қизишини назарга олманг.)

Б е р и л г а н:

Е ч и л и ш

$$m_1 = 10 \text{ кг};$$

$$t_1 = 9^\circ\text{C};$$

$$m_2 = 20 \text{ кг};$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C};$$

$$m_3 = 6 \text{ кг};$$

$$t_3 = 100^\circ\text{C};$$

$$c_1 = c_2 = c_3 = c = 1 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{град)}$$

$$\theta = ?$$

1. 10 кг сув исиганда ютган иссиқлик миқдорини аниқлаймиз:

$$Q_1 = c m_1 (\theta - t_1).$$

2. 20 кг сув исиганда ютган иссиқлик миқдорини аниқлаймиз:

$$Q_2 = c m_2 (\theta - t_2).$$

3. 6 кг сув совиганда берган иссиқлик миқдорини аниқлаймиз:

$$Q_3 = c m_3 (t_3 - \theta).$$

4. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз ва аралашманинг температурасини топамиз:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2; \quad c m_3 (t_3 - \theta) = c m_1 (\theta - t_1) + c m_2 (\theta - t_2);$$

$$m_3 t_3 - m_3 \theta = m_1 \theta - m_1 t_1 + m_2 \theta - m_2 t_2;$$

$$m_3 t_3 - m_2 \theta + m_1 t_1 = m_1 \theta + m_2 \theta + m_3 \theta;$$

$$\theta = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3}{m_1 + m_2 + m_3}.$$

5. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\theta = \frac{10 \cdot 9 + 20 \cdot 40 + 6 \cdot 100}{10 + 20 + 6} \text{ град} = 41,4^\circ\text{C}.$$

94- масала. Ичида  $20^\circ\text{C}$  температурали 200 г суви бўлган 100 г массали жез калориметрга  $100^\circ\text{C}$  гача қиздирилган массаси 100 г бўлган металл жисм туширилди. Калориметрдаги охириги температура  $24^\circ\text{C}$  бўлди. Жезнинг солиштирма иссиқлик сифими  $0,09 \text{ ккал/(г} \cdot \text{град)}$  эканини билган ҳолда жисм моддасининг солиштирма иссиқлик сифимини аниқланг.

Б е р и л г а н:

Е ч и л и ш

$$\theta = 24^\circ\text{C};$$

$$m_1 = 100 \text{ г};$$

$$c_1 = 0,09 \text{ ккал/(г} \cdot \text{град)};$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C};$$

$$m_2 = 200 \text{ г};$$

$$c_2 = 1 \text{ ккал/(г} \cdot \text{град)};$$

$$t_2 = 20^\circ\text{C};$$

$$m_3 = 100 \text{ г};$$

$$t_3 = 100^\circ\text{C}.$$

$$c_3 = ?$$

1. Калориметр олган иссиқлик:

$$Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1).$$

2. Сув олган иссиқлик:

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_1).$$

3. Жисм берган иссиқлик:

$$Q_3 = c_3 m_3 (t_3 - \theta).$$

4. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3;$$

$$c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1) = c_3 m_3 (t_3 - \theta);$$

$$(c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1) = c_3 m_3 (t_3 - \theta).$$

5. Жисм моддасининг солиштирма иссиқлик сифимини топамиз:

$$c_3 = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(\theta - t_1)}{m_3(t_3 - \theta)}$$

6. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$c_3 = \frac{(0,09 \cdot 100 + 1 \cdot 200)(24 - 20)}{100 \cdot (100 - 24)} \text{ кал } (g \cdot \text{град}) = \frac{209 \cdot 4}{100 \cdot 76} \text{ кал } (g \cdot \text{град}) = \\ = 0,11 \text{ кал } (g \cdot \text{град});$$

СИ системасида

$$c_3 = 0,11 \text{ кал } (g \cdot \text{град}) = \frac{0,11 \cdot 4,2 \text{ ж}}{0,001 \text{ кг}} \text{ град} = 462 \text{ ж } (кг \cdot \text{град}).$$

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Иссиқлик баланси тенгламасининг маъносини айтиб беринг ва унинг энергиянинг сақланиш қонунига қандай муносабати бор?

2. Оддий термометр ва калориметр ёрдамида қизиган печнинг температурасини қандай аниқлаш мумкин?

3. Температураси 20°C бўлган 15 кг сувни 90°C ли 5 кг сув билан аралаштирилди. Аралашманинг температурасини аниқланг.

Ж а в о б и: 37,5°C.

4. Ваннага 10°C ли 200 кг сув қуйилди. Сувнинг температураси 36°C бўлсин учун ваннага қанча қайноқ сув қўшиш керак?

Ж а в о б и: 81,25 кг.

5. Температураси 7°C бўлган 5 кг сувга 540°C температурагача қиздирилган бир бўлак темир туширилди. Агар аралашманинг температураси 40°C бўлса, темирнинг массасини аниқланг.

Ж а в о б и: 3 кг.

6. Печнинг температурасини аниқлаш учун упда 0,3 кг массали темир бўлагини қиздириб бошланғич температураси 8°C бўлган 4 кг сувга туширилди. Идишдаги охириги температура 21,6°C бўлди. Печнинг температурасини аниқланг. Идишнинг қизиши назарга олинмасин.

Ж а в о б и:  $\approx 986^\circ\text{C}$ .

7. Ичида 18°C температурали 200 г суви бўлган 100 г массали жез калориметрга массаси 50 г, температураси 90°C бўлган алюминий парчаси туширилди. Калориметрдаги охириги температура 21,6°C бўлди. Алюминийнинг солиштирма иссиқлик сифимини аниқланг.

Ж а в о б и:  $\approx 0,22 \text{ кал } (g \cdot \text{град}) = 0,92 \text{ кж } (кг \cdot \text{град})$

8. Ичида 14°C температурали 300 г суви бўлган 100 г массали алюминий калориметрга 100°C температурага қиздирилган 200 г жез туширилди. Аралашманинг температураси 18,5°C га кўтарилган бўлса, жезнинг солиштирма иссиқлик сифимини топинг.

Ж а в о б и:  $\approx 0,09 \text{ кал } (g \cdot \text{град}) = 0,38 \text{ кж } (кг \cdot \text{град})$

9. Кастрюлнинг ичида 2 кг сув бор. Бу сувнинг температураси 20°C. Кастрюлга 86°C температурали 3 кг сув қуйилди. Аралашманинг температураси 50°C га тенг бўлиб қолди. Кастрюлнинг иссиқлик сифимини аниқланг.

Ж а в о б и: 1,6 ккал град = 6,7 кж/град.

### 105-§. Ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлиги

Иссиқлик миқдорининг манбаи сифатида фойдаланиладиган ҳар қандай ёнувчи модда ёқилғи дейилади. Физикавий ҳолатига кўра ёқилғи қаттиқ, суюқ ва газсимон ҳолатда бўлади.

Қаттиқ ёқилғига тошқўмирлар, қўнғир кўмир, сланецлар, торф, ўтин, ҳашак ва бошқалар; суюқ ёқилғига нефть ва уни қайта ишлаш маҳсулотлари; газсимон ёқилғига метан, домна ёки колошник газы, кокс печларининг газы, генератор газы, ёритгич газ ва бошқалар киради.

1 кг ёқилғи бутунлай ёнганда ажраладиган иссиқлик миқдорига қараб ёқилғининг сифаты тўғрисида гапириш мумкин. Бу катталиқ ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлиги дейилади. У ёқилғининг химиявий таркибига боғлиқ бўлади. Ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлиги СИ системасида килограммга жоуль ҳисобида ўлчанади (*ж кг*). Ёқилғи таркибида углерод қанча кўп бўлса, ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлиги шунча юқори бўлади: ёқилғи таркибида намлиқ ва минерал моддалар қанча кўп бўлса, унинг ёнишида кул ҳосил бўлади ва ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлиги шунча кам бўлади.

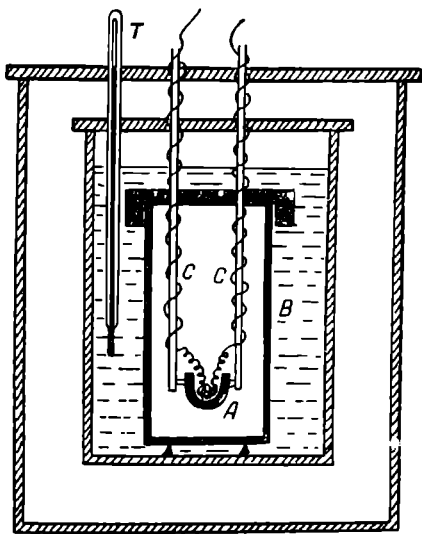
Турли ёқилғиларни таққослашда техникавий ҳисобларнинг қулай бўлиши учун 7000 ккал/кг га тенг ёки 29400 кж/кг = 29,4 Мж/кг га тенг бўлган шартли бирлик қабул қилинган. Масалан, торфнинг ёниш солиштирма иссиқлиги 3500 ккал/кг ёки 14700 кж/кг = 14,7 Мж/кг га тенг, шартли бирликларда эса у 0,5 га тенг.

Ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлигини  $q$ , массасини  $m$ , ёқилғи ёнганда ажраладиган иссиқлик миқдорини  $Q$  билан белгилаб, қуйидагича фикр юритамиз. 1 кг ёқилғи ёнганида  $q$  кж/кг иссиқлик миқдори ажралади,  $m$  килограмм ёқилғи ёнганида эса  $m$  марта кўп иссиқлик миқдори ажралади, яъни:

$$Q = qm.$$

*Ёқилғи ёнганида ажраладиган иссиқлик миқдори ёниш солиштирма иссиқлигининг ёқилғи массасига кўпайтирилганига тенг.*

Ёнувчи моддалардаги химиявий энергия қуёш энергиясининг ўзгариши натижасидан ҳосил бўлган эканлиги фанда исботланган. Қуёш нурлари таъсирида ўсимликларнинг кўк қисмларининг хлорофилл доналарида химиявий процесслар содир бўлади. Бунда карбонат ангидрид газы карбон ва кислородга ажралади. Карбон ўсимликларда тўпланади, оқсиллар,



132-расм. Ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлигини аниқлайдиган асбоб.

ёғлар, углеводлар ҳосил бўлади, кислород эса атмосферага ажралиб чиқади. Уларни ҳосил қилиш учун Қуёшнинг қанча нурий энергияси сарфланган бўлса, улар шунча химиявий энергия миқдорини олиб юради.

Ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлигини аниқлаш учун алоҳида қурилган калориметрдан фойдаланилади (132-расм). Бундай калориметрнинг  $V$  ички идиши пўлатдан қилинган бўлиб, герметик (зич) ёпилиши мумкин. Уни бомба деб аталади. Бомбанинг ички сирти ёқилғи ёнганида оксидланмаслиги учун платина қатлами билан қопланган. Бомба ичида бир неча грамм ёқилғи солинган  $A$  идиш осилган. Ёқилғи тўла ёниши учун бомбага юқори босим остида кислород юборилади. Бомба ичига  $C$  электродлар киритилган бўлиб, улар идиш ичида жойлаштирилган ва электр токи ўтганида қизиб чўғланадиган спираль уланган бўлади, ёқилғи шу спираль ёрдамида ёқилади.

Бомба калориметрнинг совуқ сув солинган ташқи идишига жойлаштирилади. Калориметрдаги сув массаси ва унинг дастлабки температураси, калориметрнинг массаси ва унинг дастлабки температураси ёқилғини ёқмасдан аввал аниқланади, охириги температура эса ёқилғи ёнгандан сўнг аниқланади (температурани  $T$  термометр билан ўлчанади).

Агар бомбани қиздириш учун кетган иссиқлик миқдорини  $Q_1$ , сувнинг қизиши учун кетган иссиқлик миқдорини  $Q_2$ , калориметрнинг қизиши учун кетган иссиқлик миқдорини  $Q_3$ , ёқилғининг ёниши натижасида ажралган иссиқлик миқдорини  $Q_4$  билан белгиласак, у ҳолда иссиқлик баланси формуласини шундай ёзиш мумкин:  $Q_4 = Q_1 + Q_2 + Q_3$  ёки  $qm = Q_1 + Q_2 + Q_3$ , бундан

$$q = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{m}.$$

## 106-§. Иситгичнинг фойдали иш коэффициентини

Сувни металл чойнакда иситилганда иситгичдан ажралаётган ҳамма иссиқлик фақат сувни иситишга сарфланмайди, балки унинг бир қисми чойнакнинг исиши ва атроф ҳавонинг исишига ҳам сарф бўлади.

Ҳамма вақт ҳам ёқилғи ёнганда фойдали ишга сарфланаётгандагидан кўпроқ иссиқлик ажралиб чиқади. Автомобиль двигателида иссиқликнинг фақат 21 проценти фойдали ишга сарф бўлади, қолган 79 проценти фойдасиз сарфланади. Иссиқлик қурилмасининг ишлаш сифати ҳақида фикр юритиш учун фойдали иш коэффициенти ҳисобланади, фойдали иш коэффициенти процентда ифодаланади.

Иссиқлик қурилмасининг *фойдали иш коэффициенти* деб мақсадга мувофиқ сарфланган фойдали иссиқлик миқдорининг ёқилғи ёнишида ажралган бутун иссиқлик миқдорига процентларда ифодаланган нисбатига айтилади.

Фойдали иссиқликни  $Q_{\phi}$  билан, ёқилғининг ёнганида ажралган иссиқликни (сарфланган иссиқлик)  $Q_c$  билан, фойдали иш коэффициентини  $\eta$  билан белгиласак, у ҳолда таърифга мувофиқ шундай формула ёзишимиз мумкин:

$$\eta = \frac{Q_{\phi}}{Q_c}.$$

Кўп ҳолларда иссиқлик жуда паст даражада фойдаланилади; кичик буғ машиналарининг фойдали иш коэффициенти 5—10% га тенг, катта буғ машиналарининг ф. и. к. 15%, локомотивларники 9—25%, буғ турбиналариники 18—20%, ички ёнув двигателларининг ф. и. к 20—45% бўлади. Йирик электр станцияларидан турар-жой биноларини иссиқлик билан иситишда ҳам фойдаланилиши уларнинг фойдали иш коэффициентини 70—75% га кўтариши мумкин.

**95-масала.** Примусда 200 г керосин ёқиб 20° С да олинган 1 л сувни қайнатиш мумкин эканлигини билган ҳолда примуснинг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

Б е р и л г а н :

$$m_1 = 11 \text{ кг};$$

$$c_1 = 1 \text{ ккал/ (кг} \cdot \text{град)};$$

$$t_1 = 20^{\circ}\text{C};$$

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

$$m = 0,2 \text{ кг};$$

$$q = 11000 \text{ ккал/кг}.$$

---


$$\eta = ?$$

Е ч и л и ш и

1. Сувни иситишга кетган фойдали иссиқлик:

$$Q_{\phi} = C_1 m_1 (t_2 - t_1).$$

2. Керосиннинг ёнишида ажралиб чиққан сарф қилинган иссиқлик:

$$Q_c = qm.$$

3. Примуснинг фойдали иш коэффициенти:

$$\eta = \frac{Q_{\phi}}{Q_c} = \frac{c_1 m_1 (t_2 - t_1)}{qm}.$$

4. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\eta = \frac{1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 11 \text{ кг} \cdot (100 \text{ град} - 20 \text{ град})}{1100 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \cdot 0,2 \text{ кг}} = \frac{880 \text{ ккал}}{2200 \text{ ккал}} = 0,4 = 40\%.$$

Шу масалани СИ системасида ҳам ечинг.

**96-масала.** Фойдали иш коэффициенти 40% бўлган примусда 2 кг масали мнс кастрюлга қуйилган 5 кг сув қайнагунча иситилди. Сувнинг дастлабки температураси 10°С. Кастрюлни қиздиришга кетган иссиқликни ҳам фойдали деб олиб, қанча керосин сарф бўлишини аниқланг.

## Берилган:

$m_1 = 5 \text{ кг};$   
 $c_1 = 1 \text{ ккал}'; (\text{кг} \cdot \text{град});$   
 $t_1 = 10^\circ\text{C};$   
 $t_2 = 100^\circ\text{C};$   
 $m_2 = 2 \text{ кг};$   
 $c_2 = 0,09 \text{ ккал}'; (\text{кг} \cdot \text{град});$   
 $t_1 = 10^\circ\text{C};$   
 $t_2 = 100^\circ\text{C};$   
 $q = 11000 \text{ ккал}'; \text{кг};$   
 $\gamma = 40\% = 0,4.$

$m = ?$

## Ечилиши

1. Керосиннинг ёнишида ҳосил бўлган иссиқлик:

$$Q_c = qm.$$

2. Фойдали сарфланган иссиқлик:

$$\gamma = \frac{Q_\phi}{Q_c}; \quad Q_\phi = Q_c \gamma = qm\gamma.$$

3. Сувни иситиш учун кетган иссиқлик:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_2 - t_1).$$

4. Кастрюлни иситиш учун кетган иссиқлик миқдори:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - t_1).$$

5. Иссиқлик баланси теңгласини тузамиз:

$$Q_\phi = Q_1 + Q_2;$$

$$qm\gamma = c_1 m_1 (t_2 - t_1) + c_2 m_2 (t_2 - t_1); \quad qm\gamma = (c_1 m_1 + c_2 m_2) (t_2 - t_1);$$

$$m = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (t_2 - t_1)}{q\gamma}.$$

6. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$m = \frac{(1 \cdot 5 + 0,09 \cdot 2) \cdot 90}{11000 \cdot 0,4} \text{ кг} = 0,106 \text{ кг}.$$

Шу масалани СИ системада ҳам ечинг.

## Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Ёқилғи деб нимага айтилади ва ёқилғининг қандай турлари бўлади?
2. Ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлиги деб нимага айтилади?
3. Ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлиги қандай бирикларда ўлчанади?
4. Шартли ёқилғи деб нимага айтилади?
5. Ёқилғининг ёнишида ҳосил бўладиган иссиқлик миқдори қандай формула билан ҳисобланади?
6. Иситгичнинг фойдали иш коэффициенти деб нимага айтилади?
7. Керосиннинг ёниш солиштирма иссиқлик сифими 11 000 ккал/кг га тенг. 2750 ккал иссиқлик ажралиши учун қанча керосин ёқиш керак?

Жавоб: 0,25 кг.

8. Фойдали иш коэффициенти 40% бўлган примусда 0,2 кг керосин ёқиб, 20°C да олинган қанча сувни қайнатиш мумкин?

Жавоб: 11 кг ёки 1л.

9. 10°C да олинган 4,4 л сувни примусда қайнатилди ва бунда 90 г керосин сарфланди. Примуснинг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

Жавоб: 0,4 ёки 40%.

10. Спирт лампасида 180 г сувни 14 дан 91°C гача қиздирилди ва бунда 6 г спирт ёқилди. Спирт лампасининг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

Жавоб: 0,33 ёки 33%.

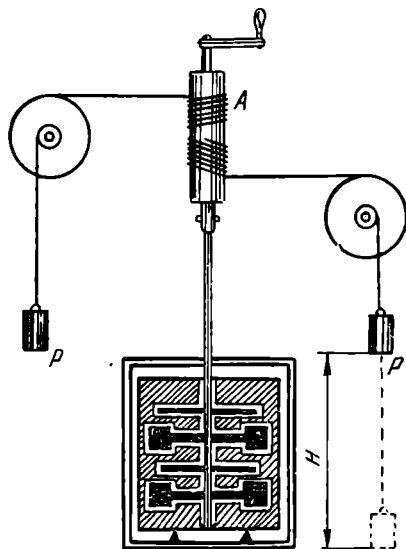
Кундалик кузатишлар ва тажрибалар механик процессларда ҳамма вақт жисмлар қизишини кўрсатади, яъни иссиқлик билан механик иш орасида ҳамма вақт мустаҳкам боғланиш бўлади. Масалан кееувчи асбобларни чархда чархлашда улар ишқаланиш туфайли кучли қизиб кетади. Худди шунингдек, сайёраларро фазода жуда катта тезлик билан ҳаракатланувчи метеор-жисмлар ҳам атмосферанинг зич қатламларига кирганда ҳавонинг қаршилигида тормозланади ва чўгланиб сўнг ёниб кетади.

Конькида югурувчи муз устида сирпанганда коньки билан муз орасида ишқаланиш туфайли муз эрийди ва шунинг учун коньки яхши сирпанади. Бунда ҳам бошқа мисоллардаги сингари иш иссиқликка айланади, чунки бунда ҳам ишқаланишни энгиш, ҳавонинг қаршилигини ва шунга ўхшашларни энгиш керак бўлади.

Иккинчи томондан, ҳар қандай иссиқлик машинаси ёқилгининг ёнишидан ҳосил бўлган иссиқлик ҳисобига иш бажаради, яъни бу ерда тескари ҳодиса — иссиқликнинг ишга айланиши рўй беради.

1847 йилда инглиз физиги Жоуль тажриба йўли билан энергиянинг сақланиш қонунини исбот қилди. Бунинг учун у алоҳида қурилган калориметрдан фойдаланди, бу калориметрда ишқаланиш кучларига қарши бажарилган иш иссиқликка айланади (133-расм). Калориметрнинг ички стаканида ўйиқлари бўлган вертикал тўсиқлар бўлиб, тўсиқдаги бу ўйиқлар бўйлаб вертикал ўқ атрофида айланаётган винтнинг парраклари сирпанади. Калориметрга симоб тўлдирилиб, винт ҳаракатга келтирилади. Симоб билан винт парраклари орасидаги ишқаланиш туфайли механик иш иссиқликка айланади. Винт  $A$  барабанга ўралган ипга осилган иккита тенг  $P$  юкчаларни тушириш ҳисобига айлантирилади.

Калориметрнинг, винт ва симобнинг массасини билган ҳолда, уларнинг солиштирма иссиқлик сифмлари ва температура-нинг ўзгаришини билган ҳолда бу тажрибада механик иш ва иссиқликни ҳисоблаш мумкин. Пастга тушаётган иккала тошнинг  $H$  баландликдан тушишида бажарган иши  $A = 2PH$



133-расм. Жоуль тажрибасининг схемаси.

га тенг бўлади. Калориметр, винт ва симобнинг қизиганда олган иссиқлик миқдори  $Q$  га тенг. Маълум бўлишича, 4186,8 ж механик иш 4186,8 ж иссиқликка айланган.

Жоуль тажрибасида тушаётган тошларнинг потенциал энергияси айланаётган куракчаларнинг кинетик энергиясига айланади деб хулоса қилиш мумкин. Ишқаланиш кучларига қарши бажарилган иш ҳисобига куракчаларнинг кинетик энергияси симобнинг ички энергиясига айланади, яъни бир тур энергиянинг иккинчи тур энергияга айланиши рўй беради. Тушаётган юкларнинг потенциал энергияси симобнинг ички энергиясига айланади, бинобарин, иссиқлик миқдори энергия айланишининг ўлчови бўлади. Бундан шундай хулоса чиқариш мумкин: миқдорий жиҳатдан олганда потенциал энергия бошқа тур энергияларга айланишда сақланади.

Ўлчашларнинг кўрсатишича, бу ҳолларда энергия йўқолмас ҳам, вужудга келмас ҳам экан. Шундай қилиб, бу ҳодисалар биринчи бўлиб улуғ рус олими М. В Ломоносов 1744 йилда айтган ва ундан 100 йил кейин рус олимлари Г. И. Гесс, Э. Х. Ленц ва инглиз олими Ж. Жоуль тажриба йўли билан исботлаган энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонунига бўйсунар экан.

Бу қонунни шундай таърифлаш мумкин: *табиатда бўладиган ҳамма процесларда энергия вужудга келмайди ва йўқолмайди, фақат эквивалент миқдорда бир турдан иккинчи турга айланиб туради.*

Табиатда ҳамма вақт турли хил энергия: кинетик, потенциал, электромагнит, химиявий, атом ички энергиялари ва бошқа тур энергиялар ўзаро айланиб туради.

97- масала. Автомобиль двигателининг ўртача қуввати 40 о. к., фойдали иш коэффициентини 25%. Автомобиль 200 км йўл юриши учун 50 кг бензин сарф қилади. Агар бензиннинг ёниш солиштира иссиқлиги 11200 ккал/кг бўлса, ўртача ҳаракат тезлигини топинг

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} m &= 50 \text{ кг}; \\ q &= 11200 \text{ ккал/кг} = \\ &= 11200 \cdot 42 \text{ кж/кг}; \\ \eta &= 25\% = 0,25; \\ N_{\phi} &= 40 \text{ о. к.} = 40 \cdot 0,736 \text{ кВт} = \\ &= 29,44 \text{ кВт}; \\ s &= 200 \text{ км} = 200\,000 \text{ м}. \end{aligned}$$

$v_{\text{ур}} = ?$

Ечилиши

1. Барча бензин ёнганда ажралган сарф қилинган иссиқлик:

$$Q_c = q \cdot m,$$

2. Фойдали иссиқлик:

$$Q_{\phi} = Q_c \cdot \eta = q \cdot m \cdot \eta.$$

3. Фойдали механик иш:

$$A_{\phi} = Q_{\phi}.$$

4. Фойдали қувват:

$$N_{\phi} = \frac{A_{\phi}}{t}; \quad t = \frac{s}{v_{\text{ур}}}$$

$$N_{\phi} = \frac{A_{\phi}}{s} = \frac{A_{\phi} \cdot v_{\text{ур}}}{s} = \frac{qm\eta v_{\text{ур}}}{s}; \quad sN_{\phi} = qm\eta v_{\text{ур}}$$



6. Ўртача ҳаракат тезлиги:

$$v_{\text{ур}} = \frac{sN_{\phi}}{q\tau\eta}.$$

6. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$v_{\text{ур}} = \frac{200\,000 \text{ м} \cdot 29,44 \text{ кВт}}{11200 \cdot 4,2 \text{ кж/кг} \cdot 50 \text{ кг} \cdot 0,25} \approx 10 \text{ м/сек} \approx 36 \text{ км/соат}.$$

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Энергиянинг бир турдан иккинчи турга айланишига мисоллар келтиринг.

2. Энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонуни қандай ўқилади?

3. Энергиянинг сақланиш ва айланиш қонунининг тўғрилигини қандай тажрибалар тасдиқлайди?

4. 6405 *кГм* механик иш бажаришда қанча иссиқлик миқдори ажралади?

Ж а в о б и: 15 *ккал* = 63 *кж*.

5. 7000 *ккал* иссиқлик ҳисобига қандай механик иш бажариш мумкин?

Ж а в о б и: 2989000 *кГм* = 29,4 *Мж*.

6. Қуввати 60 *о к*, фойдали иш коэффициенти 30% бўлган трактор 8 *соат* ишлади. Бу вақт ичида трактор қанча керосин сарфлаган?

Ж а в о б и:  $\approx 92,5$  *кг*.

7. Самолёт моторининг фойдали иш коэффициенти 40%. У 20 *соат* ишлаганда 7,5 *т* бензин сарфлади. Самолёт моторининг қуввати аниқлансин ( $q = 12000$  *ккал/кг*).

Ж а в о б и:  $\approx 2850$  *о.к.* = 2100 *квт*.

8. Автомобиль 54 *км/соат* тезлик билан ҳаракатланмоқда. Бензин запаси 20 *кг*. Агар двигателнинг қуввати 50 *о.к.*, ф. и. к. 30% бўлса, бензин қанча масофага етади ( $q = 11000$  *ккал/кг*)?

Ж а в о б и:  $\approx 112$  *км*.

9. Қуввати 1 *о.к.* га, фойдали иш коэффициенти 30% га тенг бўлган дизель 1 *соат*да қанча нефть сарфлайди? Нефтининг ёниш солиштира иссиқлиги 10 000 *ккал/кг*.

Ж а в о б и: 0,212 *кг*.

10. Самолёт 720 *км/соат* тезлик билан учиб, 1800 *км* масофани ўтди. Моторларнинг қуввати 1600 *о.к.*, фойдали иш коэффициенти 30%. Агар бензиннинг ёниш солиштира иссиқлиги 12000 *ккал/кг* бўлса, самолёт қанча бензин сарфлаган?

Ж а в о б и:  $\approx 707$  *кг*.

11. Автомобиль 108 *км/соат* тезлик билан юрганда 140 *о.к.* қувватга эришади. Агар 1 *км* йўлда 0,3 *кг* бензин сарф бўлса, моторнинг фойдали иш коэффициенти аниқланг ( $q = 11000$  *ккал/кг*).

Ж а в о б и:  $\approx 25\%$ .

## МОДДА АГРЕГАТ ҲОЛАТИНИНГ ЎЗГАРИШИ

### 108-§. Эриш ва қотиш

Агар муз, нафталин, қўргошин, қалай ва бошқа қаттиқ жисмларни қиздирилса, уларни суюқ ҳолатга келтириш, яъни эритиш мумкин. Қизиш процессида жисмнинг ички энергияси ўзгаради, яъни ортади. Жисмларнинг ички энергиясини орттириб ва шу билан уларнинг температурасини орттириб, барча моддаларни эритиш мумкин.

Бироқ шундай моддалар ҳам борки, уларнинг температуралари ортганда химиявий парчаланаяди ёки газга айланади. Масалан, қоғоз, ёғоч, газмол ва шунга ўхшаш моддаларни мисол қилиб кўрсатиш мумкин. Қиздиришдан химиявий ўзгаришларга дуч келмайдиган барча моддаларни эритиш мумкин.

*Моддага иссиқлик берилганда унинг қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтиш процесси эриш дейилади.*

*Модданинг иссиқликни қайтиб бериши натижасида суюқ ҳолатдан қаттиқ ҳолатга ўтиш процесси қотиш дейилади.*

0°C температурали бир неча муз парчасини стаканга сола-миз ва қиздира бошлаймиз. Стаканга солинган термометр ста-кандаги ҳамма муз эриб бўлмаганга қадар 0°C ни кўрсатиб тураверади. Бошқа ҳамма кристалл моддалар ҳам музга ўх-шаб, аммо бошқа температураларда эрийди.

Тажирибалар асосида ҳар бир кристалл модда учун муайян эриш температураси (муайян босимда) мавжуд эканини ва бу эриш температураси қотиш температурасига тенг экани аниқ-ланган. Нормал босимдаги эриш температураси *эриш нуқтаси* дейилади.

Аморф жисмлар, масалан, канифолнинг муайян эриш ва қотиш температураси бўлмайди. Аморф жисмлар қизиган сари тобора юмшоқлашиб, эриганда мутлақо бир жинслилигича қолади.

Кристалл моддаларда молекулалар маълум мувозанат вази-яти яқинида тебранади. Температура ортганида молекулалар-нинг тебранма ҳаракати зўраяди ва молекулалар ўз жойларини ташлаб тартибсиз ҳаракатлана бошлайдилар. Бунда жисм ўз шаклини йўқотади, яъни модда эрийди. Шундай қилиб, бирор миқдорнинг молекулалар тезлигининг аста-секин ўзгариши сакрашсимон сифат ўзгаришига—модданинг қаттиқ ҳолатдан суюқ ҳолатга ўтишига олиб келади.

## 109- §. Эриш иссиқлиги. Солиштирма эриш иссиқлиги

Идишдаги музни иситганимизда бизга маълум бўлган ҳодисани кузатишимиз мумкин: музнинг миқдори камаяди, сувнинг миқдори эса ортади, бироқ аралашманинг температураси музнинг ҳаммаси эриб тамом бўлмагунча ўзгармай ( $0^{\circ}\text{C}$ ) қолади. Иссиқлик қаёққа кетди деган савол пайдо бўлиши мумкин.

Жисмнинг ички энергияси узлуксиз ортишига қарамай, унинг температураси ўзгармайди.

Жисмга берилган иссиқлик миқдори қаттиқ жисм зарралари орасидаги тутуниш кучларини енгишга, яъни мавжуд бўлган жуда катта молекуляр тутуниш кучларини енгишга қарши иш бажаришга кетади. Бу кучларни енгишга анчагина иссиқлик миқдори керак бўлади. Жисм ҳолатининг ўзгаришига кетадиган бу иссиқлик миқдори *эриш иссиқлиги* дейилади.

Ҳар бир грамм модда эриш температурасигача қизиган бўлишига қарамай эриш процесси учун маълум иссиқлик миқдори талаб қилади.

Эриш температурасигача қизиган ҳар бир грамм модда учун эриш процессига маълум миқдорда иссиқлик керак бўлади. Модданинг бу хоссасини миқдорий характерлаш учун солиштирма эриш иссиқлиги деб аталган алоҳида катталик киритилган.

*Эриш температурасида олинган қаттиқ модда масса бирлигини эритиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдорига сон жиҳатидан тенг бўлган катталик солиштирма эриш иссиқлиги дейилади.*

Солиштирма эриш иссиқлиги  $\text{кал/г}$  ёки  $\text{ккал/кг}$  да, СИ системасида эса  $\text{ж/кг}$  да ўлчанади, масалан, музнинг солиштирма эриш иссиқлиги  $80 \text{ кал/кг}$  ёки  $80 \text{ ккал/кг}$ , қўрғошиннинг солиштирма эриш иссиқлиги  $5 \text{ кал/г}$  ёки  $5 \text{ ккал/кг}$  га тенг.

$1 \text{ кал} = 4,2 \text{ ж}$  эканлигини билган ҳолда  $\text{кал/г}$  ёки  $\text{ккал/кг}$  эриш иссиқлигини СИ системасида  $\text{ж/кг}$  билан ифодалаш мумкин.

Эриш температурасигача қиздирилган қаттиқ жисмнинг массасини  $m$  билан, солиштирма эриш иссиқлигини  $\lambda$  (грекча „лямбда“ ҳарфи) билан, эриш учун керак бўлган иссиқлик миқдорини  $Q$  билан белгиласак, у ҳолда таърифга мувофиқ

$$\lambda = \frac{Q}{m}.$$

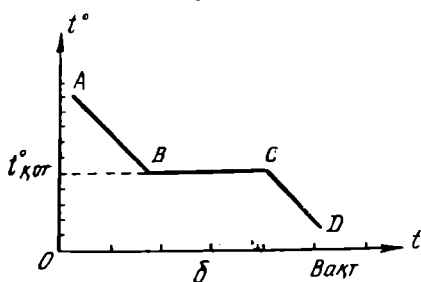
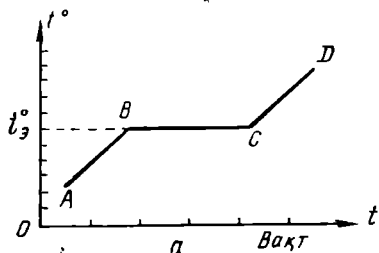
Бундан  $m$  массали жисмни эритиш учун керак бўлган иссиқлик миқдори

$$Q = \lambda m$$

га тенг бўлади.

Эриш процессини график равишда ифодалаймиз. Абсциссалар ўқини қизиш вақти ўқи учун, ординаталар ўқини эса температуралар ўқи учун қабул қиламиз. Қаттиқ жисмнинг

бошланғич температураси вақтнинг бошланғич пайтига тўғри келади (134-а расмдаги графикнинг *A* нуқтаси). Қаттиқ жисмнинг эришида унинг температураси эриш нуқтаси *B* гача ортиб боради, чунки бунгача иссиқлик бир текис келиб туради. Жисмни яна қиздирганда жисм батамом эриб бўлмагунча унинг температураси ўзгаришсиз қолади (*BC* участкада). Ҳосил бўлган суyoқлик исийди, бу графикнинг *CD* участкасига тўғри келади.



134-расм. Эриш (а) ва қотиш (б) температураларининг графиги.

Кристалл жисмнинг қо-тишида температуранинг ўзгариши тегишли графикда кўрсатилган (134-б расм).

Қотишмалар жуда ажойиб хоссага эгадир. Уларнинг шу хоссаси муҳимки, қотишманинг эриш нуқтаси қотишма таркибидаги энг осон эрувчи металлнинг эриш нуқтасидан ҳамма вақт паст бўлади.

Масалан, икки қисм қалай ва бир қисм кўрғошиндан иборат қотишмани кўрайлик. Бу қотишма  $169^{\circ}\text{C}$  да эрийди, ҳолбуки, кўрғошиннинг эриш температураси  $327^{\circ}\text{C}$ , қалайнинг эриш температураси  $232^{\circ}\text{C}$ .

Висмут, кўрғошин, қалай ва кадмийдан иборат қотишманинг эриш температураси анча паст бўлади. Бу қотишмадан қилинган чой қошиқ иссиқ чойда эриб кетади.

Осон эрувчан қотишмалар техникада кенг қўлланилади, масалан, босмаҳона ишларида стереотиплар тайёрлашда, иссиқлик куч қурилмаларида қозонларда сақлагич пробкалари тайёрлашда ва шу сингари жойларда ишлатилади.

Қотишмаларнинг соф металллар эга бўлмаган бошқа муҳим хоссалари ҳам бор. Масалан, уларнинг эластиклиги, қаттиқлиги, ёпишқоқлиги, мустаҳкамлиги катта бўлади. Самолётсозликда дюралюминий қотишмаси кўп ишлатилади, у 94% алюминий, 5% мис, 0,5% магний, 0,5% марганцдан иборат. Унинг мустаҳкамлиги юқори ва енгил. Унинг парчаланишга қаршилиги энг юқори нав пўлатларникидан қолишмайди, солиштирма оғирлиги эса пўлатнинг солиштирма оғирлигидан деярли уч марта енгил.

Металл қирқиш асбобларини тайёрлашда победит қотишмаси ишлатилади, у ўзининг қаттиқлиги жиҳатидан энг қаттиқ минерал—олмосгагина бўш келади холос. Рулеткалар тайёр-

лаш учун инвар қотишмаси (темир билан никель қотишмаси) ишлатилади, у исиганда деярли кенгаймайди (чизиқли кенгайиш коэффициентини пўлатнинг чизиқли кенгайиш коэффициентидан 11 марта кам). Куп ҳолларда зангламайдиган пўлат (хромли пўлат) ва бошқа қотишмалар ишлатилади.

Ҳар бир кристалл модданинг қотиш температурасига тенг бўлган эриш температураси бўлишини биз юқорида айтиб ўтган эдик. Бироқ модданинг қотиш нуқтасида қотмасдан ундан анча паст температураларда ҳам суёқ ҳолида қоладиган қизиқ ҳоллари ҳам бўлади. Бундай ҳоллар суёқликнинг ўта совиш ҳодисаси дейилади.

Табиатда кўпинча сувнинг ўта совишини кузатиш мумкин. Жуда кучли совуқларда ҳам туман томчиларининг музламаслиги маълум. Туман томчилари йўллар ва йўлкаларга тушиб, яхмалак ҳосил қилади. Самолётларнинг муз қатлами қолашидан иборат хавфли ҳодиса ҳам шундай ҳосил бўлади.

## 110-§. Эриш ва қотишда иссиқлик баланси тенгламаси

Эритилган модда массасини (текшираётган модданинг массасини)  $m$ , модданинг қаттиқ ҳолатдаги солиштирма иссиқлик сиғимини  $c$ , шу модданинг бошланғич температурасини  $t$ , қотиш температурасига тенг бўлган эриш температурасини  $t_{эп} = t_k$ , солиштирма эриш иссиқлигини  $\lambda$ , калориметрнинг массасини  $m_1$ , калориметрнинг солиштирма иссиқлик сиғимини  $c_1$ , калориметр ва сувнинг бошланғич температурасини  $t_1$ , калориметрдаги сув массасини  $m_2$ , сувнинг солиштирма иссиқлик сиғимини  $c_2$ , аралашманинг охириги температурасини  $\theta$  билан белгилаб қуйидагича тажриба ўтказайлик. Аввал калориметрнинг ва ундаги сувнинг массаси аниқланади ва унинг бошланғич температурасини ўлчанади. Сўнгра бирор массали моддани масалан, қалайни эритилади ва сувли калориметрга қуйилади. Текширилаётган модда қотиш ва совпшда маълум миқдорда иссиқлик чиқариб, калориметр ва ундаги сувни иситади.

Шундан сўнг аралашманинг температураси  $\theta$  ни ўлчанади.

Калориметри яна қайтадан тарозида тортиб, калориметрга қуйилган модда массасини топилади (текширилаётган модда массасини қаттиқ ҳолда уни тарозида тортиш йўли билан ҳам аниқлаш мумкин). Қолган катталикларни справочникдан топилади. Сўнгра иссиқлик баланси тенгламаси тузилади ва эриш иссиқлиги аниқланади. Бунда:

1. Қотишда ажралган иссиқлик миқдори аниқланади:

$$Q = \lambda m.$$

2. Қотаётган жисмнинг қотиш температурасидан охириги температурагача совиганда ажратиб чиқарган иссиқлиги аниқланади:

$$Q' = cm (t_k - \theta).$$

3. Калориметрни бошланғич температурадан охирги температурагача қизитиш учун кетган иссиқлик миқдори аниқланади:

$$Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1).$$

4. Сувни бошланғич температура  $t_1$  дан охирги температура  $\theta$  гача қизитиш учун кетган иссиқлик миқдори аниқланади:

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_1).$$

5. Иссиқлик баланси тенгламаси тузилади:

$$Q + Q' = Q_1 + Q_2; \quad Q = Q_1 + Q_2 - Q'; \quad \lambda m = Q_1 + Q_2 - Q';$$

$$\lambda = \frac{Q_1 + Q_2 - Q'}{m}.$$

Батафсилроқ мана бундай ёзиш мумкин:

$$\lambda = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1) - cm(t_k - \theta)}{m}.$$

Солиштирма эриш ёки қотиш иссиқлиги сувли калориметрни иситишга кетган иссиқлик миқдоридан модданинг температура ўзгаришида берган иссиқлиги айирмасининг модда массага бўлинганига тенг.

*6- лаборатория иши. Музнинг солиштирма эриш иссиқлигини аниқлаш.*

**Асбоб ва ускуналар:** лаборатория тарозиси; 100 г гача бўлган майда тошлар; калориметр; термометр; иситгич; сувли идиш; муз.

### Ишнинг бажарилиши

1. 1 г гача аниқликда тортиш йўли билан калориметрнинг  $m_1$  массасини аниқланг.

2. Сувни иситинг, уни калориметрга қуйинг ва 1 г гача аниқликда қайта тортиш йўли билан  $m_2$  массасини аниқланг.

3. Сувли калориметрнинг бошланғич  $t_1$  температурасини аниқланг.

4. Калориметрдаги сувнинг температураси  $0^\circ\text{C}$  га пасайгунча унга кичкина-кичкина муз парчалари ташлаб туринг.

5. Эриган муз массасини аниқлаш учун сувли калориметрни тарозидан тортинг.

6. Ўлчаш натижаларини жадвалга ёзинг.

Асбоб ва ускуналар	Масса $m$	Солиштирма иссиқлик сизими $c$	Бошланғич температура $t_1$	Охирги температура $\theta$	Эриш солиштирма иссиқлиги $\lambda$
Калориметр . . . . .					
Сув . . . . .					
Муз . . . . .					

7. Иссиқлик баланси тенгласини тузинг ва музнинг эриш иссиқлигини 1 кал/г гача аниқликда топинг.

8. Иловадаги 7-жадвалдан фойдаланиб, λ ни аниқлашдаги нисбий хатони ҳисобланг.

**98-масала.** Қўрғошиннинг солиштирма эриш иссиқлигини аниқлаш учун шундай тажриба қилинди. 400°C температурадаги 70 г эриган қўрғошинни ичида 15°C температурали 200 г суви бўлган 100г массали мис калориметрга қуйилди. Охириги температура 21°C бўлди. Қўрғошиннинг солиштирма эриш иссиқлигини аниқланг. Суюқ қўрғошиннинг солиштирма иссиқлик сигими қаттиқ қўрғошиннинг солиштирма иссиқлик сигимига тенг деб олинг.

Берилган (СИ системасида);

Ечилиши

$$\begin{aligned} m &= 76 \text{ г;} \\ c &= 0,03 \text{ кал/} (g \cdot \text{град}); \\ t &= 400^\circ\text{C;} \\ m_1 &= 100 \text{ г;} \\ c_1 &= 0,09 \text{ кал/} (g \cdot \text{град}); \\ t_1 &= 15^\circ\text{C;} \\ m_2 &= 200 \text{ г;} \\ c_2 &= 1 \text{ кал/} (g \cdot \text{град}); \\ t_2 - t_1 &= 15^\circ\text{C;} \\ \theta &= 21^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

1. Температуранинг  $t$  дан  $\theta$  гача ўзгаришида қўрғошиннинг берган иссиқлиги:

$$Q = cm(t - \theta).$$

2. Қўрғошиннинг ўзгармас температурада (қотишда) берган иссиқлиги:

$$Q' = \lambda m.$$

3. Калориметрни қиздириш учун кетган иссиқлик миқдори:

$$Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1).$$

4. Сувни иситиш учун кетган иссиқлик миқдори:

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_1).$$

λ — ?

5. Иссиқлик баланси тенгласини тузамиз:

$$\begin{aligned} Q + Q' &= Q_1 + Q_2; \quad cm(t - \theta) + \lambda m = c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1); \\ \lambda m &= (c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1) - cm(t - \theta). \end{aligned}$$

6. Қўрғошиннинг солиштирма эриш иссиқлигини топамиз:

$$\lambda = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2) (\theta - t_1) - cm(t - \theta)}{m}.$$

7. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$\lambda = \frac{(0,09 \cdot 100 + 1 \cdot 200) \cdot 6 - 0,03 \cdot 76 \cdot 379 \text{ кал/г}}{76} = 5 \text{ кал/г}.$$

Натижани СИ системасида ифодалаймиз:

$$\lambda = 5 \text{ кал/г} = 5 \cdot \frac{4,2 \text{ ж}}{0,001 \text{ кг}} = 21000 \text{ ж/кг} = 21 \text{ кж/кг}.$$

**99-масала.** 2  $m$  қўйғир чўяни эритиш учун қанча тошқўмир кетишини аниқланг. Чўянинг дастлабки температураси 20°C, эритиш печининг фойдали иш коэффициентини 40%.

Берилган (СИ системасида);

Ечилиши

$$\begin{aligned} m &= 2000 \text{ кг;} \\ c &= 0,13 \text{ ккал/} (\text{кг} \cdot \text{град}) = \\ &= 13 \cdot 42 \text{ ж/} (\text{кг} \cdot \text{град}); \\ t_1 &= 20^\circ\text{C;} \\ t_{\text{эп}} &= 1200^\circ\text{C;} \\ \lambda &= 33 \text{ ккал/кг} = 33 \cdot 4200 \text{ ж/кг;} \\ q &= 7000 \text{ ккал/кг} = 7 \cdot 42 \cdot 10^5 \text{ ж/кг;} \\ \gamma &= 40\% = 0,4. \end{aligned}$$

$m_1$  — ?

1. Сарфланган иссиқлик миқдори:

$$Q_c = q m_1.$$

2. Фойдали иссиқлик миқдори:

$$Q_{\text{ф}} = Q_c \gamma = q m_1 \gamma.$$

3. Чўянинг эриш нуқтасигача қизгувуча ютган иссиқлиги:

$$Q_1 = cm(t_{\text{эп}} - t_1).$$

4. Чўянинг эришда ютган иссиқлиги:

$$Q_2 = \lambda m.$$

5. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_{\phi} = Q_1 + Q_2; \quad qm_1\eta = cm(t_{\text{эп}} - t_1) + \lambda m.$$

6. Кўмирнинг массасини топамиз:

$$m_1 = \frac{cm(t_{\text{эп}} - t_1) + \lambda m}{q\eta}.$$

7. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$m_1 = \frac{13.42 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 2000 \text{ кг} \cdot 1180 \text{ град} + 33 \cdot 4200 \frac{\text{жс}}{\text{кг}} \cdot 2000 \text{ кг}}{7.42 \cdot 10^6 \frac{\text{жс}}{\text{кг}} \cdot 0.4} = 133 \text{ кг}.$$

**100- масала.** Фойдали иш коэффициенти 35% бўлган эртиш печида 2,2 т кўмир ёқиб бошланғич температураси 13°C бўлган қанча мисни эртиш мумкин?

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} m &= 2200 \text{ кг}; \\ q &= 7000 \text{ ккал/кг} = 7.42 \cdot 10^6 \text{ жс/кг}; \\ \eta &= 0,35; \\ c_1 &= 0,09 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{град)} = 9.42 \text{ жс/кг}; \\ t_1 &= 13^\circ\text{C}; \\ t_{\text{эп}} &= 1083^\circ\text{C}; \\ \lambda_1 &= 42 \text{ ккал/кг} = 42 \cdot 4200 \text{ жс/кг}; \\ m_1 &= ? \end{aligned}$$

Ечилиши

1. Сарфланган иссиқлик миқдори;  
 $Q_c = qm.$
2. Фойдали иссиқлик миқдори:  
 $Q_{\phi} = Q_c\eta = qm\eta.$
3. Миснинг эриш нуқтасигача қизғунча ютган иссиқлиги:  
 $Q_1 = c_1m_1(t_{\text{эп}} - t_1).$
4. Миснинг эришда олган иссиқлиги:  
 $Q_2 = \lambda_1m_1.$

5. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$\begin{aligned} Q_{\phi} &= Q_1 + Q_2. \\ qm\eta &= c_1m_1(t_{\text{эп}} - t_1) + \lambda_1m_1; \\ qm\eta &= m_1[c_1(t_{\text{эп}} - t_1) + \lambda_1]. \end{aligned}$$

6. Миснинг массасини аниқлаймиз:

$$m_1 = \frac{qm\eta}{c_1(t_{\text{эп}} - t_1) + \lambda_1}.$$

7. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$m_1 = \frac{7.42 \cdot 10^6 \frac{\text{жс}}{\text{кг}} \cdot 2200 \text{ кг} \cdot 0,35}{9.42 \frac{\text{жс}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot (1083 - 13) \text{ град} + 42 \cdot 4200 \frac{\text{жс}}{\text{кг}}} = 38973 \text{ кг} \approx 39 \text{ т}.$$

**101- масала.** Автомобилнинг гилдираклари 2 мин давомида жойидан қўзғалмай айланиб 20 о. к. қувватга эришди. Автомобилнинг бундай ҳаракатида 6°C даги қанча қор эриб кетади?

Берилган (СИ системасида):

$$\begin{aligned} t &= 2 \text{ мин} = 120 \text{ сек}; \\ N &= 20 \text{ о. к.} = 20 \cdot 736 \text{ вт}, \\ j &= 1; \\ \lambda &= 80 \text{ ккал/кг} = 80 \cdot 4200 \text{ жс/кг}; \\ t_{\text{эп}} &= 0^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

$m = ?$

Ечилиши

1. Автомобиль гилдиракларининг жойидан қўзғалмай айланишидаги ишқаланиш кучи бажарган иш:  
 $A = Nt.$
2. Автомобилнинг бундай ҳаракатида ажралган иссиқлик:

$$Q_1 = A = Nt.$$



3. Музнинг эришда ютган иссиқлиги:

$$Q_2 = \lambda m.$$

4. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_1 = Q_2; \quad Nt = \lambda m.$$

5. Эриган қорнинг массасини аниқлаймиз:

$$m = \frac{Nt}{\lambda}.$$

6. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$m = \frac{20 \cdot 736 \text{ вт} \cdot 120 \text{ сек}}{80 \cdot 4200 \text{ ж/кг}} \approx 5,3 \text{ кг}.$$

## 111-§. Эриш ва қотишда жисм ҳажмининг ўзгариши

Агар парафин, қўрғошин, қалай ва бошқа жисмларни навбатма-навбат эритсак, бу моддаларнинг қаттиқ бўлаклари эриган моддада чўкишини кўрамиз. Бундан бу моддаларнинг суюқ ҳолатдаги солиштирма оғирлиги қаттиқ ҳолатдаги солиштирма оғирлигидан кичик эканлиги келиб чиқади. Бундан ўз навбатида шу моддалар эриганда ўз ҳажмларини орттирдилар деган хулоса чиқади.

Эриган моддаларни совитамиз. Улар қотганида бу моддаларнинг сиртларида чуқурликлар пайдо бўлади, бу ҳам унинг ҳажми кичрайганини билдиради.

Музда бунга мутлақо қарама-қарши ҳодисани кузатиш мумкин. Муз сувда сузиб юради, бинобарин, эриганда унинг ҳажми кичраяди, сув музлаганида эса унинг ҳажми катталашади.

Сув солинган бутилканинг совуқда ёрилиб кетиши ҳаммага маълум. Шунинг учун водопровод трубаларида сувнинг музлашига йўл қўймаслик керак, чунки сув музлаган тақдирда трубаларни ёриб юбориши мумкин.

Шундай қилиб, сув қотишида ўз ҳажмини катталаштиради. Сувдан ташқари висмут, сурьма ва чўяннинг ҳам ҳажми ортади. Бу хусусият чўян қуйиш ишларида назарга олинади. Чўян қуйиладиган қолипларни мос равишда кичикроқ ўлчамда қилинади. Чўян деталлар қотишида уларнинг ўлчамлари катталашади ва лойиҳада қанча бўлса, шундай ҳолга келади.

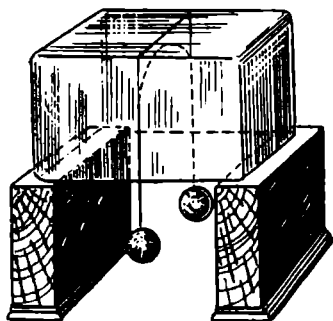
Мис, бронза, алюминий ва бошқа металлларни қуйишда қолипда қўшимча фазо қолдирилади ва унга ортиқча металл қуйилади. Бу миқдор металл чўкиш (ўтириш) фойдаси деб аталади. Қотаётганда металл сиқилади ва чўкиш қўшимчаси қолипни тўлдиришга кетади. Одатда қуйманинг модели каттароқ қилиб ясалади, бунда қуйилган деталь ҳам каттароқ бўлади. Бу ортиқча ўлчамлар станокларда деталларга ишлов беришда олиб ташланади ва деталь силлиқланиб аниқ ва тўғри шаклга келтирилади.

## 112-§. Эриш температурасининг босимга боғлиқлиги

Шундай тажриба ўтказайлик: икки таянч устида турган муз парчаси устидан ингичка сим ўтказамиз ва унга юкчалар осамиз; бунда гарчи температура нолдан паст бўлса ҳам у музни аста-секин қирқиб тушаётганини кўрамиз (135-расм).

Сим кесиб ўтгандан кейин музнинг яна пайвандланиб қолганини кўрамиз. Таянч юзининг кичиклиги ва анчагина катта юк тушиши туфайли музга катта босим тушадиган шароит юзага келади, бунинг таъсирида муз эрийди ва ҳосил бўлган сув яна қайтадан музлайди.

Бошқа моддалар билан олиб борилган тажрибалар фақат, эриганда ҳажми кичиклашадиган моддалардагина (муз, чўян, висмут, сурьма) босимнинг ортиши уларнинг ҳажмининг кичиклашишига кўмаклашади ва шунинг учун эриш температурасини пасайтиради.



135- расм. Музнинг катта босимда эриши.

Агар музнинг температураси— $20^{\circ}\text{C}$  дан паст бўлмаса, муз жуда сирпанчиқ бўлади. Музга босаётган конькилар остида муз эрийди. Ҳосил бўлган сув худди мойлаш ролини ўйнайди. Агар температура— $20^{\circ}\text{C}$  дан паст бўлса, коньки унча яхши сирпанмайди, чунки унда муз эриб сув ҳосил бўлмайди.

Эриганда ҳажми ортадиган бошқа ҳамма моддаларда босимнинг ортиши ҳажмининг ортишини қийинлаштиради ва бу билан эриш температурасини оширади.

Масалан, қалайни катта босимларда эритиш паст босимларда эритишдан анча қийин; катта босимларда уни янада каттароқ температурагача қиздиришга тўғри келади. Бироқ шуни айтиш керакки, жуда катта босимларда жисмларнинг физикавий хоссалари ўзгариб кетади. Биз босим ортганда музнинг эриш температураси пасайишини айтиб ўтган эдик, бироқ бундай ҳол босим жуда катта бўлмагандагина ўринлидир.

Тажрибаларнинг кўрсатишича  $20000\text{ ат}$  босимда музнинг эриш температураси кескин ортиб кетади ва  $+76^{\circ}\text{C}$  га етади.

### Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Эриш ва қотиш деб нимага айтилади?
2. Эриш нуқтаси деб нимага айтилади?
3. Қандай моддалар эриганда ҳажми кенгайди ва қотганда ҳажми кичрайдими?
4. Қандай моддаларнинг ҳажми эришда кичрайдими ва қотишда кенгайди?
5. Модданинг эриш нуқтаси ташқи босимга қандай боғлиқ бўлади?
6. Кристалл жисмларнинг доимий босимда эриш нуқтаси ва қотиш нуқтасининг ўзгаришлиги қандай тушунтирилади?

7. Солиштирма эриш иссиқлиги деб нимага айтилади ва у қандай birlikларда ўлчанади?

8. Модданинг берилган массасини эритиш учун керак бўлган иссиқлик миқдори қандай формула билан ифодаланади?

9. Солиштирма эриш иссиқлигини калориметрик усул билан аниқлаш учун иссиқлик баланси тенгламаси қандай тузилади?

10. Музни 0°C температурали хонага олиб кирилди. Муз эрийдими? Нима учун?

11. Нима учун қорга ош тузи сепилганда қорнинг температураси пасаяди?

12. Нима учун сувда ош тузи эритилганда сувнинг температураси пасаяди?

13. Нима учун музлар оқадиغان вақтда дарё яқини ундан узоқроқ жойларга нисбатан совуқроқ бўлади?

14. 0°C да олинган 10 кг сув музлаганда қанча иссиқлик миқдори ажралиб чиқади?

Ж а в о б и: 800 ккал = 3360 кж.

15. Эритиш печида 2 т кўмир ёқиб, 10°C да олинган 40 т мисни эритилди. Печнинг фойдали иш коэффициентини аниқланг.

Ж а в о б и: ≈ 39,6%.

16. Қўрғошин питралари ҳосил қилиш учун эритилган қўрғошин жараён (оқим) тарзида сувга пуркалади. 35 кг қўрғошин питраларини тайёрлаш учун бошланғич температураси 10°C бўлган сувдан қанча олиш керак? Сувнинг температураси 44°C дан ортиб кетмаслиги керак.

Ж а в о б и: 14,9 кг ёки 14,9 л.

17. Пайвандлаш лампасида 23 г керосин ёқиб, бошланғич температураси 17°C бўлган қўрғошин парчаси эритилди. Агар лампанинг фойдали иш коэффициенти 30% бўлса, қўрғошиннинг массасини аниқланг.

Ж а в о б и: 5 кг.

### 113- §. Буғланиш ва конденсация

Кундалик ҳаётимиздан биламизки, сув, спирт, бензин, кислоталар, ёғлар ва бошқа суюқликлар очиқ идишларда турганда учиб кетади ёки қурийди. Бунда шу моддаларнинг буғлари ҳосил бўлади. Бундай ҳодиса *буғланиш* деб аталади. Буғланишга тескари процесс—буғларнинг суюқ ҳолатга ўтиши *конденсация* деб аталади.

Турли моддаларнинг буғланиш процессини тажрибаларда ўрғаниб, шундай натижаларга келинган.

1. Ҳар қандай температураларда ҳам буғланиш бўлади, температура кўтарилганда буғланиш кучаяди.

2. Буғланиш суюқликнинг сиртидан бўлади ва суюқлик сирти ортиши билан буғланиш ҳам ортади.

3. Буғланиш буғларнинг тарқалиб кетиш тезлиги ортиши билан ортади, масалан, шамолда, буғларни вентилятор билан ҳайдашда буғланиш кучаяди.

4. Босим камайганда буғланиш кучаяди. Агар насос қалпоғи остидаги ҳаво сўриб олинса, у ердаги тажриба учун олинган ҳар қандай суюқлик ҳам тез буғлана бошлайди.

5. Буғланиш тезлиги суюқликнинг химиявий таркибига боғлиқ бўлади. Масалан, эфир спиртдан тезроқ, спирт сувдан тезроқ, сув эса ўсимлик мойидан тезроқ буғланади ва ҳоказо.

Фақат суюқликлар эмас, балки қаттиқ жисмлар ҳам бир оз буғланади. Масалан, ювилган ва музлаб қолган кирлардаги муз, нафталин, камфара ва бошқа нарсалар шундай буғланади.

#### **114-§. Буғланишни молекуляр-кинетик назария асосида тушунтириш**

Молекуляр-кинетик назария нуқтаи назарига кўра буғланиш молекулаларнинг жуда тез ҳаракатланиши туфайли рўй беради. Суюқлик молекулалари тартибсиз ҳаракатланиб, бир-бирига тўқнашади ва бунинг натижасида улардан баъзилари ортиқча тезлик олади. Сиртқи қатламда бўлган бундай молекулалар тутиниш кучларини енгиб, сиртқи қатламдан учиб кетади.

Модда қизиганда молекулаларнинг ҳаракат тезлиги ортади, молекуляр тутиниши эса камаяди. Бу албатта суюқликнинг тезроқ буғланишига ёрдам бериши керак, тажрибада ҳам шундай эканлиги тасдиқланади. Суюқлик сиртидан учиб чиққан молекулалар кўпинча кўринмайдиган буғлар ҳосил қилади, бироқ кичик томчиларга бирлашиб улар кўринувчан бўлади, масалан, қайнаётган суюқлик устидаги буғ, туман, булут.

Босим камайганда буғланиш кучаяди. Бунга сабаб шуки, учиб чиқаётган молекулалар суюқлик устидаги ҳаво ёки буғ молекулалари билан камроқ тўқнашади ва шу сабабли суюқликка қайтиб тушаётган молекулалар сони камаяди. Суюқликдан тезлиги катта бўлган молекулалар учиб кетади, тезлиги кичик бўлганлари қолади, шунинг учун буғланишда модда совиши керак (температураси пасайиши керак), амалда ҳам шундай бўлиши кузатилади. Агар термометр шарчасини пахта билан ўралса, сўнгра пахтани эфир билан ҳўлланса, эфир буғланганда термометрдаги симоб сезиларли даражада пастга тушади.

#### **115-§. Қайнаш**

Сув ва бошқа суюқликларнинг ичида ҳаво бўлади. Бунга сувда ўсимликларнинг ўсиши, балиқларнинг яшаши ва бошқа жониворларнинг яшаши далил бўла олади.

Агар хонага графинда сув олиб кирилса, графиннинг деворларига ўтириб қолган кўплаб ҳаво пуфакчаларини кўриш мумкин. Водопровод жўмрагидан тушаётган сув катта босим остида худди лойқага ўхшаб кўринади, бунга ҳам сабаб сувдаги кўплаб майда ҳаво пуфакларининг сувда эриб хира бўлиб тушишидир.

Сув ёки бошқа суюқликни қиздирганда ундаги ҳаво ажралади. Биринчи пуфаклар идишнинг ички деворларига ўтиради ва қизитишда кенгайиб, идиш деворлари бўйлаб жигиллаб („куй“ чиқариб) юқорига кўтарила бошлайди. Бу „куй“ чойнакда, самоварда ва кастрюлда сувни иситаётганда эшитилиб туриши ҳаммага маълум. Каттароқ пуфаклар сув буғлари билан тўлади, чунки сув ҳаво пуфакларининг ичида ҳам буғланади.

Пуфаклар ичидаги буғларнинг босими температура ортиши билан ортади ва улар ташқи босимни енгиб кенгайдилар. Суюқликнинг сиртига чиқиб пуфаклар ёрилади. Уларнинг суюқлик ичидаги ҳаракати туфайли суюқлик кучли аралашади ёки конвекцияланади, бу қайнаш аломати бўлади.

*Узгармас температурада маълум иссиқлик миқдори ютилгани ҳолда суюқликнинг ичида буғ ҳосил бўлиш процесси қайнаш дейилади.*

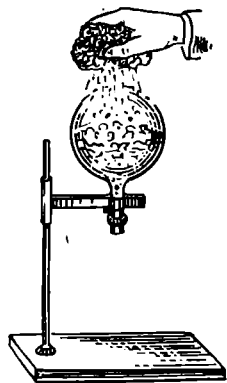
Нормал босимда суюқликнинг қайнаш температураси қайнаш нуқтаси дейилади.

Сув учун қайнаш нуқтаси  $+100^{\circ}\text{C}$ , скипидар учун  $+157^{\circ}\text{C}$ , симоб учун  $+357,5^{\circ}\text{C}$ , аммиак учун  $-33,36^{\circ}\text{C}$ , карбонат кислотаси учун  $-78,5^{\circ}\text{C}$ . Нормал босимда сув  $+100^{\circ}\text{C}$  да қайнайди, Эльбрус чўққисиди (денгиз сатҳидан 5630 м баландликда) эса  $+81,5^{\circ}\text{C}$  температурада қайнайди, у ерда босим анчагина паст бўлади. Босим камайганда сувнинг қайнашини лаборатория шароитларида ҳам кузатиш мумкин. Колбада сувни қайнатиб, уни спирт лампасидан оламиз ва колбанинг оғзини беркитиб, тубини юқорига қаратиб ағдарамиз. Кўрамизки, сув қайнамайди. Агар колбанинг устидан совуқ сув қуйиб турилса, колбадаги сувнинг яна қайнай бошлаганини кўрамиз (136-расм). Бунга сабаб шуки, сув буғларининг бир қисми конденсацияланиб (сувга айланиб), колбадаги босим камаяди.

Шундай қилиб, *ташқи босим камайганда суюқликнинг қайнаш температураси пасаяди.*

Сувнинг паст босимда қайнашидан техникада, масалан, қанд sanoатида фойдаланилади. Қандни босими пасайган қозонларда кристалланади, бундай қозонларда қанднинг шарбати бир неча ўн градусларгагина тенг бўлган паст температураларда жўшқин қайнайди; бундай бўлганда қанд куйиб кетмайди ва ортиқча сув осон ажралади.

Агар босими атмосфера босимидан юқори бўлган буғ қозонидаги сувнинг қайнаш температураси ўлчанса, бу температуранинг  $+100^{\circ}\text{C}$  дан юқори эканига ишонч ҳосил қилиш мум-



136-расм. Сувнинг паст босимда қайнаши

кин. Ўлчашларнинг кўрсатишича, 10 ат босимда сувнинг қайнаш температураси  $+180^{\circ}\text{C}$ , 33 ат босимда эса сувнинг қайнаш температураси  $+240^{\circ}\text{C}$  га тенг бўлар экан.

Шундай қилиб, *босим ортганда суюқликнинг қайнаш температураси ортар экан.*

Шу хосса туфайли юқори босимли қудратли буғ двигателларида фойдаланиш имконияти туғилди. 200000 *квт* қувватли буғ турбиналари 190 ат босим ва  $600^{\circ}\text{C}$  температурада ишлайди, бу ёқилғини анча тежаш ва қурилманинг фойдали иш коэффициентини оширишга имкон беради. Бундан ташқари, юқори босимли қозонларда буғнинг температураси юқори бўлади, бу берк қозонларда тайёрланаётган консерваларни стерилизация қилиш, боғлаш материаллари, кийим-кечакларни стерилизация қилиш ишларида жуда зарурдир.

Катта ва мустақкам автоклавларда суюқлардан клей сиқиб чиқарилади, ёғочга қоғоз фабрикалари учун ишлов бериш ишлари бажарилади; юқори босим остида стеарин кислотаси, синтетик нефть, глицерин, ёғ кислоталари ва шунга ўхшаш нарсалар олинади.

Тажрибаларнинг кўрсатишича эритмаларнинг қайнаш температураси ҳамма вақт соф эритувчиларнинг қайнаш температурасидан юқори бўлар экан. Масалан, тоза сув нормал босимда  $+100^{\circ}\text{C}$  да қайнайди, 100 г сувда 25 г туз эриган эритма эса  $105^{\circ}\text{C}$  да қайнайди.

## **116-§. Буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги.**

### **Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги**

Сувни атмосфера босими остида очиқ идишда қайнатамиз ва термометрнинг кўрсатишларини кузатиб турамиз. Термометрнинг кўрсатишлари ўзгармаслигини кўрамиз. Босим ўзгармасдан қоладиган ҳамма ҳолларда суюқликнинг қайнаш температураси ҳам ўзгармайди.

Келаётган иссиқлик қаёққа кетади? Келаётган иссиқлик суюқликнинг буғланишига кетишини тушуниш осон.

Бу иссиқлик буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги дейилади. Қайнаш температурасигача иситилган бир грамм суюқликни буғга айлантириш учун мутлақо аниқ иссиқлик миқдори керак бўлади, шу билан бирга турли суюқликлар учун бундай иссиқлик миқдори ҳам турлича бўлади. Масалан, сув учун 539 *кал/г*, керосин учун 75 *кал/г*, симоб учун 65 *кал/г*.

Буғланишда қанча иссиқлик миқдори ютилган бўлса, буғларнинг конденсацияланишида ҳам шунча миқдорда ажралади.

Бу хоссани характерлаш учун буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги деб аталган алоҳида катталик киритилади.

*Масса бирлигидаги суюқ моддани ўзгармас температурада буғга айланиши учун керак бўлган иссиқлик миқдори-*

га сон жиҳатидан тенг бўлган катталиқ буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги дейилади.

Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигини  $r$ , буғларнинг массасини  $m$ , қайнаш температурасидаги модданинг буғланиши учун керак бўлган иссиқлик миқдорини  $Q$  билан белгиласак, у ҳолда

$$r = \frac{Q}{m}$$

бўлади.

Бу формуладан

$$Q = rm.$$

СИ системасида буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги бирлиги учун  $ж/кг$  қабул қилинган. Системага кирмайдиган бирликлар  $кал/г$  ва  $ккал/кг$ .

Сув буғларининг буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги техникада, масалан, буғ билан иситиш, гальваник ванналарининг сувини иситишда (бу ванналарда электр токи ёрдамида никеллаш, хромлаш ва шунга ўхшаш ишлар бажарилади) кенг қўлланилади.

Масалан, локомотивда ўз ишини бажарган буғ совитгичга йўналтирилади ва у ерда буғ конденсацияланиб ўз иссиқлигини сувга беради ва шундай қилиб локомотивнинг фойдали иш коэффициентини оширади.

Босимни ўзгартириб, буғларнинг температурасини ҳам ўзгартириш мумкин. Бу хоссадан химия саноатида кенг қўлланилади. Бу мақсадда қозонлар икки қават деворли қилиб тайёрланади ва бу деворлар орасидан маълум температурадаги буғлар ўтказилади; натижада улар қозондаги моддани қизи-тади.

Пластмассаларни тайёрлашда ишлатиладиган аралашма ва прессланадиган массалар қиздириладиган сушилкалар (қуритгичлар) ҳам шундай усул билан қиздирилади. Баъзи вақтларда буғлар ишлов берилаётган моддаларни зарарлантормаса, бевосита фойдаланилади, масалан, совун пиширишда буғ бевосита қозонга йўналтирилади.

Агар босим камайтирилса, суюқлик анча пастроқ температурада ва интенсив буғланиб қайнайди.

Бу техникада совутгич машиналар тузилишида фойдаланилади. „Ишчи модда“ сифатида одатдаги температурада сиқиш йўли билан суюқликка айланадиган газ ишлатилади. Бунда кўпинча аммиак ёки карбонат сульфатдан фойдаланилади, кейинги йилларда эса совитгич машиналар билан ишлаётган одамлар учун мутлақо зарарсиз бўлган фреон буғлари ишлатилади.

Сунъий „совуқдан“ халқ хўжалигида жуда кенг ва турли-туман соҳаларда фойдаланилади. Ундан синтетик каучук ишлаб чиқаришда, сунъий ипак, анилин бўёқлари, портловчи моддалар ишлаб чиқаришда, мойлашда ишлатиладиган мойларни

тозалаш, нефтдан парафинни ажратиб олиш, пенициллин тайёрлаш ва бошқа соҳаларда ишлатилади.

Озиқ-овқат саноатида гўшт, балиқ, ёғ, сабзавот ва меваларни сақлашда совитиш техникасидан кенг фойдаланилади.

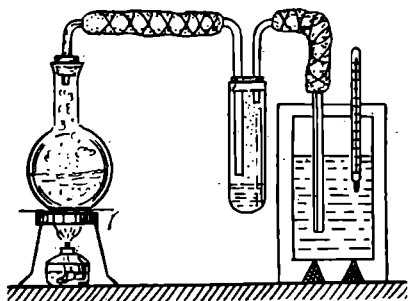
Кейинги вақтларда сунъий „совуқ“дан металлни қайта ишлаш заводларида кенг қўлланилади, у ерда деталлар паст температураларда тобланади, натижада асбобларнинг ейилишга чидамлилиги ортади, машиналарнинг муҳим деталлари мустаҳкамроқ бўлади; электр станцияларида машиналар чулғамини совитувчи ҳавонинг температурасини пасайтириш билан электр машиналарнинг қуввати оширилади; кон саноатида тупроқни музлатувчи ер ости иншоотларини қуришда фойдаланилади.

Паст температураларда баъзи илмий тадқиқот ишлари олиб борилади. Масалан, совуқ лабораторияларда автомобиль ёки самолётнинг двигатели совуқ шароитларда қанча ишлаши аввалдан аниқланади, мойнинг сифати қандай ўзгариши, металлнинг хоссалари қандай ўзгариши ва ҳоказо шунга ўхшаш нарсалар аниқланади.

Селекция станцияларида сунъий „совуқ“ ўсимликларнинг совуққа чидамли навларини яратиш, шимол иқлими шароитларига чидайдиган навларини шимол табиатини ўзгартириш борасида ишлатиш устида илмий ишлар қилинадиган оранжерейларда фойдаланилади.

### 117-§. Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигини тажрибада аниқлаш

Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигини аниқлаш учун 137-расмда кўрсатилган қурилмадан фойдаланилади. Аввал тортиш йўли билан калориметрнинг  $m_1$  массаси аниқланади ва справочникдан модданинг солиштирма иссиқлик сифими  $c_1$  нинг сон қиймати топилади. сўнгра  $m_2$  совуқ сув қуйилади ва сув-



ли калориметрнинг  $t_2 = t_1$  температураси аниқланади, шундан сўнг қайнаш температурасида қайнаётган суюқлик буғларини қайнатгичдан калориметрга (буғ қуритгич орқали) ўтказилади.

Бу буғлар калориметрда конденсацияланади ва уларнинг массаси тажрибадан сўнг калориметрнинг массасини қайта тортиш йўли билан аниқланади.

Термометр ёрдамида ара-лашманинг охириги  $\theta$  темпера-

137-расм. Сувнинг буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигини аниқлашга доир қурилма.



тураси аниқланади ва справочникдан текширилаётган суюқликнинг солиштирма иссиқлик сифимини аниқлаб буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги  $r$  ҳисобланади.

Бунинг учун иссиқлик баланси тенгламаси тузилади. Қуйидагилар аниқланади: буғларнинг температураси ўзгармагани ҳолда конденсацияланишида ажралган иссиқлик миқдори  $Q = rm$ ; буғдан ҳосил бўлган суюқликнинг совиишида (конденсация температурасидан охири температурагача) ажралган иссиқлик миқдори  $Q' = cm(t_6 - \theta)$ ; калориметр ютган иссиқлик миқдори  $Q_1 = c_1 m_1 (\theta - t_1)$ ; сувнинг ютган иссиқлик миқдори  $Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_1)$ . Сўнгра иссиқлик баланси тенгламаси тузилади:

$$Q + Q' = Q_1 + Q_2;$$

$$Q = Q_1 + Q_2 - Q'; \quad rm = Q_1 + Q_2 - Q'.$$

Бундан

$$r = \frac{Q_1 + Q_2 - Q'}{m},$$

ёки батафсилроқ ёзсак,

$$r = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(\theta - t_1) - cm(t_6 - \theta)}{m}.$$

**102-масала.** 800°C гача қиздирилган 2 кг массали чўян парчасини массаси 800 г бўлган алюминий идишдаги 2 кг сувга ботирилди, бунинг натижасида сувнинг температураси 20 дан 100°C гача исиди ва бир қисми буғланиб кетди. Буғланган сувнинг иссиқлик миқдорини аниқланг.

Берилган:

$m_1 = 2$  кг;  
 $c_1 = 0,13$  ккал/(кг · град);  
 $t_1 = 800^\circ\text{C}$ ;  
 $m_2 = 0,8$  кг;  
 $c_2 = 0,22$  ккал/(кг · град);  
 $t_2 = 20^\circ\text{C}$ ;  
 $m_3 = 2$  кг;  
 $c_3 = 1$  ккал/(кг · град);  
 $t_3 = t_4 = 20^\circ\text{C}$ ;  
 $t_5 = \theta = 100^\circ\text{C}$ ;  
 $r = 539$  ккал/кг;

$m - ?$

Ечилиши

1. Чўянинг  $t_1$  дан  $\theta$  гача совиишида ажралган иссиқлик миқдори:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - \theta).$$

2. Алюминий идишнинг ютган иссиқлиги:

$$Q_2 = c_2 m_2 (\theta - t_2).$$

3. Сувнинг  $t_3$  дан  $t_4$  гача қизиганда олган иссиқлик миқдори:

$$Q_3 = c_3 m_3 (t_4 - t_3).$$

4. Буғнинг ютган иссиқлиги:

$$Q_4 = rm.$$

5. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4; \quad Q_4 = Q_1 - Q_2 - Q_3;$$

$$rm = Q_1 - Q_2 - Q_3.$$

6. Буғнинг массасини аниқлаймиз:

$$m = \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{r} = \frac{c_1 m_1 (t_1 - \theta) - c_2 m_2 (\theta - t_2) - c_3 m_3 (t_4 - t_3)}{r}.$$

7. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$m = \frac{0,13 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 2 \text{ кг} \cdot (800 - 100) \text{ град}}{539 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}} -$$

$$\frac{0,22 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot 80 \text{ град} + 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 2 \text{ кг} \cdot 80 \text{ град}}{539 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}} \approx 0,015 \text{ кг} = 15 \text{ г}.$$

103- масала. 10°C да олинган 1 т сувни бугга айлаштириш учун қанча тошқумир керак бўлади? Сувнинг қайнаш температураси 170°C (8 ат босимда), қозоннинг фойдали иш коэффициентини 70% га тенг.

Берилган:

$$m_1 = 1000 \text{ кг};$$

$$c_1 = 1 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град});$$

$$t_1 = 10^\circ\text{C};$$

$$t_k = 170^\circ\text{C};$$

$$m_2 = 1000 \text{ кг};$$

$$r = 539 \text{ ккал}/\text{кг};$$

$$q = 70,0 \text{ ккал}/\text{кг};$$

$$\eta = 70\% = 0,7.$$


---


$$m = ?$$

Ечилиши

1. Сарф қилинган иссиқлик миқдори:

$$Q_c = qm.$$

2. Фойдали иссиқлик миқдори:

$$Q_\phi = Q_c \eta = qm\eta.$$

3. Сувнинг қайнаш нуқтасигача исигандаги олган иссиқлиги:

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

4. Буг ютган иссиқлик:

$$Q_2 = r m_2.$$

5. Иссиқлик баланси тенгламасини тузамиз:

$$Q_\phi = Q_1 + Q_2;$$

$$qm\eta = c_1 m_1 (t_k - t_1) + r m_2.$$

6. Кўмирнинг массасини аниқлаймиз:

$$m = \frac{c_1 m_1 (t_k - t_1) + r m_2}{q\eta}.$$

7. Ҳисоблашларни бажарамиз:

$$m = \frac{1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 1000 \text{ кг} \cdot 160 \text{ град} + 539 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \cdot 1000 \text{ кг}}{7000 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \cdot 0,7} \approx 143 \text{ кг}.$$

Бу масалани СИ системасида ҳам ечинг.

Ўз-ўзини текшириш учун машқлар

1. Бугланиш ва конденсация нима?
2. Суюқликнинг бугланиш тезлиги қандай шароитларга боғлиқ?
3. Суюқликнинг бугланишини молекуляр-кинетик назария нуқтан назардан қандай тушунтириш мумкин?
4. Қайнаш нима?
5. Қайнаш нуқтаси нима ва у босимга қандай боғлиқ бўлади?
6. Буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги нима?
7. Буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги қандай бирликларда ўлча-нади?

8 Буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги қандай формула билан ифодаланади?

9. Буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигини калориметр усули билан аниқлаш учун иссиқлик баланси тенгламасини қандай тузиш керак?

10. Нима учун қўлнимизни эфир ёки одеколон билан ҳўллаганимизда қўлимиз совиганини сезамиз?

11. Ёмғирдан кейин шамол турса, нима учун ҳавонинг температураси кескин пасаяди?

12. Кичик ғовақлари бўлган сопол идишдаги сувнинг жазирама ёз кунларида узоқ вақтгача совуқ бўлишини қандай тушунтириш мумкин?

13.  $10^{\circ}\text{C}$  да олинган  $10\text{ кг}$  сувни  $100^{\circ}\text{C}$  гача иситиш ва бугга айлантириш учун қанча иссиқлик керак бўлади?

Ж а в о б и:  $6290\text{ ккал} = 26,4\text{ Мж}$ .

14.  $10^{\circ}\text{C}$  да олинган  $5\text{ т}$  сувни  $100^{\circ}\text{C}$  гача иситиш ва  $1\text{ т}$  сувни бугга айлантириш учун қанча кўмир ёқиш керак? Қозоннинг фойдали иш коэффициентини  $60\%$ .

Ж а в о б и:  $235,5\text{ кг}$ .

15.  $10^{\circ}\text{C}$  да олинган  $5\text{ т}$  сув  $50^{\circ}\text{C}$  гача иситиш учун ундан  $100^{\circ}\text{C}$  температурадаги сув буғидан қанча ўтказиш керак?

Ж а в о б и:  $340\text{ кг}$ .

16.  $100^{\circ}\text{C}$  температурали  $100\text{ кг}$  сув буғини  $0^{\circ}\text{C}$  даги  $1\text{ т}$  сувдан ўтказилди. Буида сув қандай температурагача исийди?

Ж а в о б и:  $58^{\circ}\text{C}$  гача

17. Босим  $8\text{ ат}$  бўлганда симобнинг қайнаш температураси  $500^{\circ}\text{C}$  га тенг. Симобнинг солиштирма иссиқлик сизими  $0,03\text{ ккал}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{град})$ , буг ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги  $60\text{ ккал}/\text{кг}$  эканини билган ҳолда  $1\text{ кг}$  симоб буғларидаги иссиқликни аниқланг.

Ж а в о б и:  $75\text{ ккал} = 315\text{ кж}$ .

## 118-§. Фазони тўйинтирувчи ва тўйинтирмайдиган буғлар. Уларнинг хоссалари

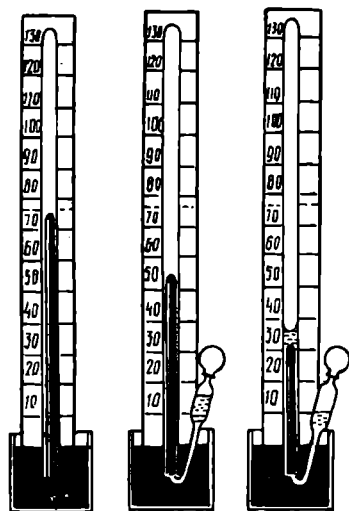
Берилган шароитларда ҳажми энг кўп миқдорда тўлдириб турган буғ *тўйинтирувчи* буғ дейилади. Тўйинтирувчи буғнинг аломати бирор суюқлик буғи билан тўлган ҳажмда шу суюқликнинг ҳам бўлишидир. Бирор суюқлик буғи билан тўлган ҳажмда шу суюқлик томчиларининг ҳам бўлиши тўйинтирувчи буғнинг аломати бўлади. Масалан, буг қозонларидаги сув буғлари ҳамма вақт тўйинтирувчи буғ бўлади; ёмғирли ва туманли ҳавода атмосферадаги сув буғлари ҳам тўйинтирувчи буғ бўлади.

Берилган шароитларда мумкин бўлган энг катта миқдорида етишмаган буғ *тўйинтирмайдиган* буғ дейилади. Иссиқ ва қуруқ ёз кунлари сув буғлари атмосферани тўйинтирмайди.

Тўйинтирувчи буғлар ҳосил қилиш ва ўрганиш учун шундай тажриба қиламиз. Барометр найини симоб билан тўлдира- миз ва уни бароқк билан беркитамиз (симоб билан ишлашда эҳтиёт чораларига амал қилиш керак). Пайвандланган учини юқорига қилиб найини симобли идишга туширамиз, у ҳолда найининг симоб устидаги қисмида ҳавосиз фазо ҳосил бўлади.

Букилган томизгич ёрдамида ўрганилаётган суюқлик, масалан, сув, бензин ёки спиртни найга киритамиз (138-расм).

Бу суюқлик сиртга қалқиб чиқади ва буғлана бошлайди. Симоб устидаги фазо тажриба олиб борилаётган суюқлик буғлари билан тўйинганда, унинг буғланиши тўхтайтилади ва симоб сиртида суюқлик қатлами пайдо бўлади.

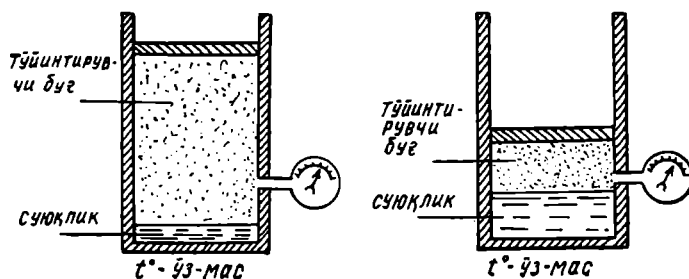


138-расм. Сув ва спиртнинг тўйинтирувчи буғлари босими ни ўлчаш учун асбоб.

Симоб устуни баландлигини ўлчаймиз, сўнгра найни бир оз юқорига кўтарамиз, бунда суюқликнинг бир қисми буғланишини, лекин симоб устунининг баландлиги ўзгаришсиз қолишини кўрамиз. Найни идишга чуқурроқ туширамиз ва найдаги буғларнинг бир қисми конденсацияланишини, бироқ симоб устунининг баландлиги бу ҳолда ҳам ўзгармаслигини кўрамиз, бунга симоб устуни баландлигини такрор ўлчаб қаноат ҳосил қиламиз. Бошқача айтганда, температура ўзгармаганда тўйинтирувчи буғларнинг босими ўзгармайди. Ўзгармас температурада тажрибаларни такрорлаб ва буғларнинг таркибини ўзгартириб, босимнинг буғнинг химиявий таркибига боғлиқ бўлишини аниқлаймиз. Масалан,  $20^{\circ}\text{C}$  да сувнинг тўйинтирувчи буғлари 17,5 мм с.м. уст. га тенг бўлса, эфирнинг тўйинтирувчи буғларининг босими 437 мм с.м. уст. га тенг бўлади. Температурани ошириб, тўйинтирувчи буғларнинг босими ортишини кўрамиз.

Фазони тўйинтирувчи шундай буғлар билан олиб борилган шунга ўхшаш тажрибалар асосида олимлар қуйидаги хулосаларга келдилар:

Фазони тўйинтирувчи шундай буғлар билан олиб борилган шунга ўхшаш тажрибалар асосида олимлар қуйидаги хулосаларга келдилар:



139-расм. Тўйинтирувчи буғларнинг хоссаларини аниқлайдиган тажрибаларга тегишли асбоб.

1. Берилган температурада тўйинтирувчи буғларнинг босими ҳажмга боғлиқ бўлмайди. Ҳажм ортганда суюқликнинг бир қисми буғланади, ҳажм кичиклашганда буғнинг бир қисми конденсацияланади, бинобарин, буғнинг босими ўзгаришсиз қолади (139- расм).

2. Берилган температурада тўйинтирувчи буғларнинг босими буғларнинг химиявий таркибига боғлиқ бўлади.

3. Тўйинтирувчи буғларнинг босими температура ортиши билан ортади, бироқ бундай ортиш тўғри пропорционаллик қонуни бўйича бормайди, балки график равишда мураккаб эгри чизиқ билан ифодаланадиган мураккаброқ қонун билан боради.

4. Тўйинтирувчи буғлар газ қонунларига бўйсунгани ва буғ тўйинишдан қанча узоқ бўлса, шунча аниқроқ бўйсунгани.

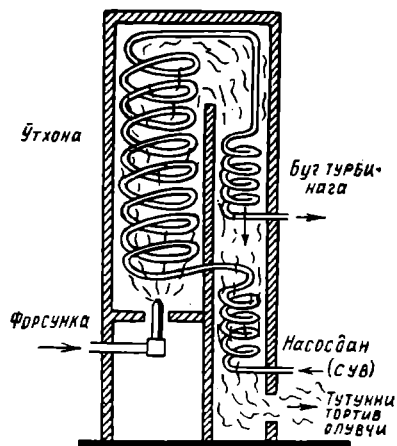
Тўйинтирувчи буғларнинг температура ортиши билан ўз эластиклигини орттириш хусусиятидан техникада фойдаланилади. Масалан, буғ машиналарида (поршенли) ва буғ турбиналарида ўта қизиган буғ деб аталадиган буғ ишлатилади, бу буғ тўйинтирувчи буғ температурасини янада қиздириш йўли билан ҳосил қилинади.

Ўта қизиган буғ совишида дастлаб уни қизитиш учун сарф қилинган иссиқликни беради ва сўнгра конденсацияланади, шунинг учун ўта қизиган буғ температураси пасайишида у дарҳол суюқликка айланмайди.

Ўта қизиган буғни буғ қозонларида ҳосил қилинади. Қозонлар қуришда СССР Фанлар Академиясининг фахрий аъзоси совет инженери Владимир Георгиевич Шухов (1853 — 1939) ишлари катта роль ўйнади. У маълум буғ қиздириш системасига эга бўлган сув-трубади қозоннинг конструкциясини яратди. Бу қозонлар санаятда кенг қўлланилмоқда.

Проф. Л. К.Рамзин тўғри оқимли қозон конструкцияни ишлаб чиқди. Ҳозирги вақтдаги тўғри оқимли қозонларда сув трубалар орқали ҳайдалиб, бу трубаларда юқори босимли ўта қизиган буғгача бўлган барча буғланиш босқичларини ўтади (140- расм).

Талантли рус теплотехниги Иван Иванович Ползунов томонидан биринчи буғ машинасининг кашф қилингани ва қурилганига 200 йилдан ошди, шунга қарамасдан бизнинг давримизда ҳам буғ машиналари ишлаб чиқариш, транспорт ва қурилиш-



140- расм. Тўғри оқимли қозоннинг тузилиш схемаси.

ларда ишлатилади. Буғ болғалари, локомотивлар, буғ белкураклари ва қудратли бошқа машиналар кенг ишлатилади.

И. И. Ползунов ўз вақти ишлаб чиқариши талабларига мос бўлган биринчи буғ машинасини яратган олимдир.

### **119-§. Тўйинтирмайдиган буғларни тўйинтирувчи буғларга айлантириш усуллари**

Қалин деворли шиша цилиндр оламиз ва унга бир неча томчи спирт киритамиз, у ҳолда цилиндрда тўйинтирмайдиган буғ ҳосил бўлади. Цилиндрни поршень билан беркитиб, катта босим берамиз, бунда буғ сиқилади ва буғни сиқишга кетган иш буғнинг ички энергиясини ўзгартиради, шу сабабли буғнинг температураси кўтарилади. Цилиндрни дастлабки температурасигача совиатамиз ва бунда буғнинг бир қисми конденсацияланишини кўрамыз. Бу буғнинг ана шу берилган ҳажмни тўйинтиришини билдиради.

Тажрибани такрорлаймиз, бироқ бу гал катта босим ҳосил қилмасдан, буғнинг цилиндрда кучли совитиш усулини қўлаймиз, бунинг учун уни совитувчи аралашмага, масалан, кальций хлорид ёки ош тузи билан аралаштирилган қорға ботирамыз. Бу ҳолда ҳам ҳажмнинг буғлар билан тўйинишини кўрамыз.

Шундай қилиб, *тўйинтирмайдиган буғларни сиқиш ёки совитиш уларни тўйинтирувчи буғга айлантиради.*

Буғларни конденсациялашда ҳам шундай усуллардан фойдаланилади.

### **120-§. Критик температура ва критик босим**

Кўплаб олимлар тажрибаларда турли газларни жуда катта босимлар таъсирида суюқликка айлантиришга ҳаракат қилганлар, бироқ баъзи газлар, масалан, водород, кислород, азот, азот оксиди, карбонат ангидрид, метан ҳар қандай босим таъсирида ҳам суюлтиришга муваффақ бўлинмаган.

Улуғ рус олими Д. И. Менделеев 1869 йилда биринчи бўлиб, буғни ҳар қандай температураларда ҳам суюқликка айлантириш мумкин эмаслигини ва ҳар бир суюқлик учун шундай температура мавжудки, ундан юқори температурада бу суюқликнинг буғлари ҳар қандай катта босимда ҳам суюқликка айланмаслигини аниқлаб берди.

Бундай температура критик температура дейилади. Масалан, сув учун критик температура  $+374^{\circ}\text{C}$  га, олтингургурт гази учун  $+157^{\circ}\text{C}$  га, кислород учун  $-188,82^{\circ}\text{C}$  га тенг.

Кислород ва бошқа газлар одатдаги температураларда қандай босим билан таъсир қилсак ҳам суюқликка айланиши мумкин эмас, чунки уларнинг температуралари бунда критик температурадан анча юқори бўлади.

Агар суюқликни берк идишга солиб қиздирсак, бу суюқликдан ҳосил қилинган бугларнинг эластиклиги температура ортиши билан ортиб боради. Аини вақтда бугларнинг зичлиги ҳам ортади ва буғ билан суюқлик орасидаги фарқ йўқолмагунга қадар суюқликнинг зичлиги камайиб боради.

Критик температурада бўлган буғ ва суюқлик орасидаги фарқ йўқоладиган босим критик босим дейилади. Масалан, карбонат ангидриднинг критик температураси  $+31,1^{\circ}\text{C}$ , критик босими эса  $73 \text{ ат}$ . Аммиакнинг критик температураси  $+132^{\circ}\text{C}$ , критик босими эса  $109 \text{ ат}$ . Гелийники эса мос равишда  $-267,84^{\circ}\text{C}$  ва  $2,26 \text{ ат}$ .

Модданинг критик температура ва критик босим остидаги ҳолати критик ҳолат деб аталади. Критик ҳолатда суюқлик ва буғни бир-биридан фарқ қилиб бўлмайди. Критик температурада буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги нолга тенг бўлади.

Температуралари критик температурадан юқори бўлган жисмлар газлар дейилади; газлар ҳар қандай босим остида ҳам тўйинтирмайдиган буғлар бўлиб қолади.

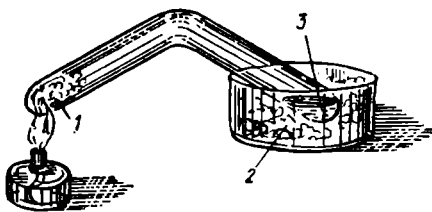
Критик температураларни аниқлашга доир биринчи систематик ишлар рус олимлари М. П. Авенариус ва А. И. Надежин томонидан бажарилган эди.

## 121-§. Газсимон моддаларни суюлтириш

Газсимон моддаларни суюлтиришга доир энг муваффақиятли тажрибаларни биринчи марта Майкль Фарадей олиб борган эди (1791 — 1867). Фарадей ўз тажрибаларида газларни бир вақтда совитиш йўли билан суюлтириш усулини қўллади.

Мисол учун Фарадейнинг аммиакни суюлтиришга доир тажрибасини кўрайлик. Бурчак ҳосил қилиб букилган қалин деворли шиша найга аммиакка тўйдирилган кумуш хлорид солинади ва шундан кейин най кавшарлаб қўйилади. Фарадей найнинг тажриба учун олинган модда солинган тирсагини қиздириб босими тобора узлуксиз ортиб борувчи аммиак ҳосил қилди (141-расм). Найнинг иккинчи тирсагини қор ва эфирнинг аралашмасидан иборат совитувчи аралашмага қўйиб совитиб, суюқ ҳолдаги аммиакни ҳосил қилди.

Фарадей шунга ўхшаш йўл билан хлор, циан, карбонат ангидрид, водород сульфид ва бошқа газларни ҳам суюлтирди. Эфир билан аралаштирилган қаттиқ карбонат ангидридан иборат совитувчи аралашма температурани  $-110^{\circ}\text{C}$  гача сови-



141-расм. Суюқ хлор олиш (Фарадей тажрибаси):

1—аммиак билан тўйинтирилган кумуш хлорид,  
2—совитувчи аралашма, 3—суюқ аммиак.

тишга имкон берди, бунда эфир буглари насос ёрдамида ҳайдаб турилди.

Бироқ доимий газлар (водород, кислород, азот, карбон оксиди ва метан) ни суюлтириш мумкин бўлмади.

Бир неча олимлар газларнинг эркин ҳажмга кенгайишида совиш хоссасига асосланиб, газларнинг суюлиши учун жуда ҳам зарур бўлган янада совуқроқ температурани ҳосил қилишга ҳаракат қилдилар.

Бунда газ температурасининг совишига сабаб шуки, газ ташқи босим камайган ҳолда катта ҳажмни эгаллашда ташқи иш ва молекулалар тутуниш кучларини енгиб ички иш бажаради, газ кенгайиш бўйича иш бажаради, бу иш ҳисобига температура пасаяди. Масалан, ҳавонинг босими 1 ат га пасайганда 0,262°С совийди.

Бу хоссадан фойдаланиб газларни фақат суюлтиришгагина эмас, қаттиқ ҳолга келтиришга ҳам эришилди.

Доимий газлардан энг сўнггиси — водород 1899 йилда қаттиқ ҳолга келтирилди. 1908 йилда гелий суюқ ҳолга, 1925 йилда эса қаттиқ ҳолга келтирилди.

СССР Фанлар Академияси физика проблемалари институтида гелийнинг 4°К да ўта оқувчанлиги, яъни бу суюқликнинг энг кам ёпишқоқлик ҳолати ҳодисаси кашф қилинди.

Суюқ ҳаво олиш техника тараққиёти учун катта аҳамият касб этади. Суюқ ҳаво оладиган энг янги машиналар конструкциялари кейинги ўн йил ичида СССР да физика проблемалари институтида яратилди.

## 122-§. Суюлтирилган моддаларнинг техникада қўлланилиши

Техникада металларни автоген пайванд қилиш деб аталган усул кенг қўлланилади. Бу операция учун жуда кўп миқдорда водород ва кислород керак бўлади ва уларни ташқаридан иссиқлик ўтмайдиган алоҳида цистерналарда суюқ ҳолга келтирилади. Бу суюқликлар ишлатиладиган жойларда уларни газификаторлар деб аталадиган алоҳида асбоблар ёрдамида газсимон ҳолатга келтирилади.

Худди шундай усул билан чўян баллонларда суюқ карбонат кислота газли сув заводларига келтирилади. Агар 50 ат босим остидаги суюқ карбонат кислотасини ҳавога чиқариб юборилса, унинг кескин кенгайиши сабабли температураси — 79°С бўлган қор массаси шаклидаги қаттиқ ҳолга айланишини кўриш мумкин. Бундай карбон кислотани каноп қопларга солинади ва „қуруқ муз“ номи билан изотермик вагонларда тез айнийдиган маҳсулотларни сақлаш учун ва илмий мақсадлар учун фойдаланилади.

Суюқ ҳаво самолётнинг стратосферада учишида моторнинг ёнувчи аралашмасини бойитиш, домна процессларини тезлатиш мақсадларида ишлатилади.



Кейинги йилларда суюқ ҳаводан портловчи моддалар ишлаб чиқаришда фойдаланила бошланди. 1897 йилдаёқ суюқ ҳаво шимдирилган писта кўмирнинг портловчи модда бўлиши аниқланган эди. Кейинроқ ҳамма ёнувчи ғовакли моддаларнинг суюқ кислород сингдирилганда портлаш хусусиятига эга бўлиши аниқланди. Бу моддалар оксиликвитлар деб аталади. Оксиликвитларни қурум, тахта қипиқлари, торф ва бошқа моддалардан тайёрлаш мумкин.

Оксиликвитлар динамит сингари кучли портлаши мумкин. Улардан В. И. Ленин номидаги Днепр гидроэлектр станциясини қуришда, Коунрад мис конларини очишда биринчи марта фойдаланилган; кейинги ўн йилликларда никель руда конларида кенг фойдаланилади, чунки никель рудалари ер сиртидан унча чуқур жойлашмайди ва уларни очиқ усулда қазиб чиқарилади.

Суюқ ҳаво заводларда, масалан, машина деталларини совуқ ўтказишда ишлатилади.

Суюқ ҳаводан азот ва кислородни олиш осон. Агар суюқ ҳавони қиздирилса, биринчи бўлиб —  $196^{\circ}\text{C}$  да азот, сўнгра —  $183^{\circ}\text{C}$  да кислород бугланади.

Суюқ ҳаводан илмий тадқиқот ишларида ҳам фойдаланилади. Каучук, ўсимлик барглари, мевалар, суюқ ҳаво билан совитилганда шиша сингари мўрт бўлиб қолади.

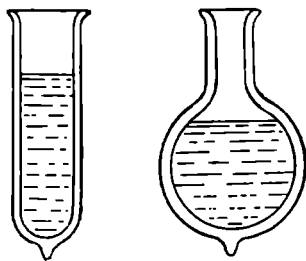
Симоб, қалай, рух, кўрғошин —  $200^{\circ}\text{C}$  температурага яқин температураларда болғаланувчан бўлиб қолади.

Агар суюқ ҳолатдаги гелий ҳосил қилинса, унинг температураси —  $269^{\circ}\text{C}$  бўлади. Симоб, мис, рух ва бошқа суюқ гелий билан совитилган ўтказгичларнинг электр қаршиликлари жуда кам бўлиб, ўта ўтказувчан бўлиб қоладилар. Масалан, кўндаланг кесимлари  $1\text{ мм}^2$  бўлган ўтказгичлар  $1250\text{ а}$  ток ўтказганларида ҳам қизимайди.

Жуда паст температураларда ба- жариладиган турли-туман тадқиқотлар моддалар тузилишини чуқурроқ ўрганишга имкон беради.

СССР Фанлар Академиясининг физика проблемалари институтида моддаларни жуда кучли совитиб турли тадқиқотлар ўтказилади. Бу соҳадаги илмий тажрибалар кундан-кунга кенгайиб бормоқда.

Суюқ ҳавони лаборатория шароитларида сақлаш учун Дьюар идишлари қўлланилади. Улар қўш деворли шиша идишлар бўлиб, конвекция ва иссиқлик узатувчанлик йўли билан иссиқлик узатилмаслиги учун уларнинг ички фазосидан ҳаво сўриб олинган (142-расм). Деворлар нур ўтказмаслиги учун уларга



142-расм. Суюлтирилган газларни сақлаш учун Дьюар идишлари.

кумуш суви юритилган (кўзгуланган). Идишларнинг ингичка бўғизлари ҳамма вақт очиқ ҳолда сақланади, акс ҳолда суюқ ҳаво буғларининг эластиклиги туфайли портлаш рўй бериши мумкин.

### 123- §. Ҳавонинг намлиги ва уни ўлчаш

Сув буғлари ҳавонинг таркибий қисмларидан биридир. Одатда сув буғлари ҳаво таркибида тўйинтириш учун керак бўлгандан анча кам миқдорда бўлади.

1 м<sup>3</sup> ҳаводаги сув буғларининг граммларда ифодаланган миқдори ҳавонинг абсолют намлиги ( $f$ ) дейилади.

1 м<sup>3</sup> ҳавода бўлган сув буғи миқдорининг тўйинтириш учун керак бўлган миқдорига нисбати ҳавонинг нисбий намлиги ( $B$ ) дейилади.

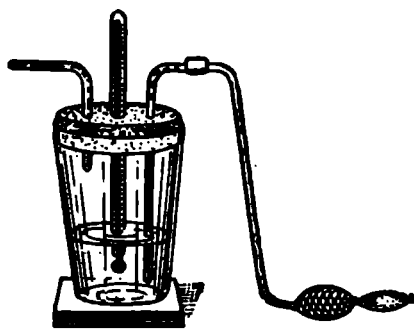
Агар берилган температурада ҳавони тўйинтирувчи буғлар миқдорини  $F$  билан белгиласак, шундай формулани ёзиш мумкин:

$$B = \frac{f}{F} \cdot 100\%.$$

1 м<sup>3</sup> ҳавони турли температураларда тўйинтирувчи буғларнинг граммларда ифодаланган миқдори диққат билан ўлчанган ва шу ўлчовлар натижасида жадваллар тузилган, шунинг учун  $F$  нинг қийматини жадвалдан олинади (иловадаги 9- жадвалга қаранг), ( $f$ ) нинг қийматини эса тажрибадан олинади ва формулага қўйиб нисбий намлик топилади.

Абсолют намликни ( $f$ ) шудринг нуқтаси ёрдамида осон аниқлаш мумкин экан. Ҳаво таркибида бўлган буғларни тўйинтирадиган температураси шудринг нуқтаси дейилади. Температурани пасайтириб, тўйинтирмайдиган буғларни тўйинтирувчи буғларга айлантириш мумкин. Совиётган жисмларда шудрингнинг пайдо бўлиши ҳавонинг сув буғлари билан тўйинганидан дарак беради.

Шудринг ҳосил бўладиган температура шудринг нуқтаси учун қабул қилинади. Ҳавонинг намлигини аниқлаш учун ишлатиладиган асбоблар гигрометрлар дейилади, уларнинг



143- расм. Энг содда гигрометр.

номи—грекча сўз „гигрос“—нам деган маънони билдирадиган сўздан келиб чиққан.

Энг оддий лаборатория гигрометри ташқи томони силлиқланган металл стакандан иборат бўлиб, унинг ичига термометр қўйилган ва эфир қуйилган (143- расм). Эфирга резинка нок ёрдамида ҳаво пуфлаб, эфирни кучли буғлатиш мумкин. Бунда эфирнинг температураси, у билан бирга стаканнынг ва уни

урган ҳавонинг температураси ҳам пасаяд  
рада ҳаводаги сув буғлари тўйинтирувчи  
буни стаканнинг силлиқланган ташқи си  
бўлишидан билиш мумкин.

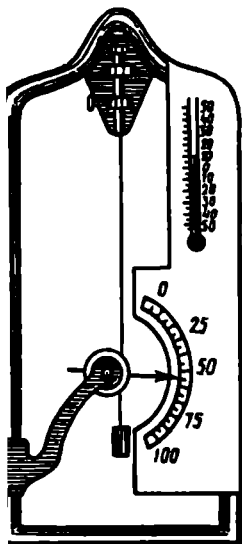
днингнинг биринчи пайдо бўлишида ўлчан  
нинг нуқтаси учун қабул қилинади. Сўнгра  
ҳавони тўйинтирувчи буғларнинг  $f$  миқд  
ди (абсолют намлик), шунингдек, температ  
тўйинтирувчи буғлар миқдори  $F$  ҳам

$$B = \frac{f}{F} \cdot 100\%$$

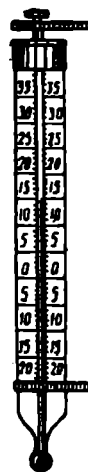
падан ҳавонинг нисбий намлиги ҳисоблаб

### Ҳаво намлигини ўлчаш учун техник ас

ч гигрометр. Сосюр соч гигрометри  
лса-да, тузилиши жиҳатидан энг содда  
ишлаш принципи одамнинг ёғсиз сочини  
ни ва қуруқ ҳавода қисқа  
асосланган. Сочнинг бир  
имкага, иккинчи учи эса  
али енгил блокка ўралади  
кина юкча билан тортиб  
ди (144-расм). Соч узай-  
стрелка бир томонга, қис-



4-расм. Соч гигрометр.



145-расм.

қарганда эса бошқа томонга буралади. Гигрометрнинг стрелкаси шкалада биратўласи процентларда ифодаланган нисбий намликни кўрсатади.

Шкала қуйидагича даражаланади. Ҳаво тўла қуруқ бўлганда стрелканинг кўрсатиши 0% деб белгиланади, ҳаво буғлар билан тўйинганда стрелканинг кўрсатиши 100% деб белгиланади.

Август психрометри. Ҳавонинг нисбий намлигини аниқроқ ва шу билан бирга тезроқ аниқлаш учун психрометрлар ишлатилади. Улар турли конструкцияли бўлади.

Масалан, Август психрометрини кўрайлик. Август психрометри иккита термометрдан иборат (145-расм). Бир термометр қуруқ бўлиб, тўйинмаган ҳавонинг температурасини ўлчайди. Иккинчи термометр эса ҳавонинг сув буғлари билан тўйингандаги температурасини ўлчайди. Бу термометр ҳўлланади. Бунинг учун унинг шарчасини батист билан ўраб, ёмғир суви ёки дистилланган сув солинган стаканга тушириб қўйилади.

Сув батистдан буғланиб, термометр шарчасидаги иссиқликни олади, бунинг натижасида температура пасаяди ва бирмунча вақт ўтгандан кейин маълум сатҳда қолади.

Ҳавонинг нисбий намлигини қуруқ ва ҳўл термометрларнинг кўрсатишларига кўра аниқлаш учун психрометрик жадваллардан (иловадаги 10-жадвал) фойдаланилади.

Бу жадваллар шундай тузилган:

Қуруқ термометрнинг кўрсатиши, °С да	Термометрларнинг кўрсатишларидаги фарқ, °С да				
	0	1	2	3	4
0	100	81	63	45	28
2	100	84	68	51	35
4	100	85	70	56	42
6	100	86	73	60	47

Бундай жадваллардан қандай фойдаланишни мисолларда кўрайлик.

1. Қуруқ термометр  $+4^{\circ}\text{C}$ , нам термометр эса  $+3^{\circ}\text{C}$  ни кўрсатаётган бўлсин.

Термометрлар кўрсатишининг фарқи  $1^{\circ}\text{C}$  га тенг. Ҳавонинг нисбий намлиги 85% бўлади.

2. Қуруқ термометрнинг кўрсатиши  $6^{\circ}\text{C}$ , нам термометрнинг кўрсатиши эса  $+2^{\circ}\text{C}$ . Кўрсатишларнинг фарқи  $4^{\circ}\text{C}$ . Нисбий намлик 47% га тенг бўлади.

## 125- §. Ҳаво намлигининг аҳамияти

Ҳавонинг намлиги 40 — 50% бўлганда ҳаво қуруқ, 80 — 90% бўлганда нам ҳисобланади. Ҳавонинг намлиги катта бўлганда ёғоч буюмлар, масалан, шкафлар, стуллар, столлар, эшик, деразалар шишиб кетади, клейлари кўчади, қийшайди. Металл

предметлар тезда занглайди, бу эса уларнинг тез бузилишига сабаб бўлади. Нам ҳавода кишига ҳаво етишмаётгандек туюлиши ва соғлигининг ёмонлашиши ҳаммамизга маълум.

Ҳавонинг намлиги кам бўлганда ёғоч буюмлар тезда ўз намини йўқотади ва буралиб, ёрилиб кетади. Ўсимликлар сувни кўпроқ буғлантиради, тупроқда нам кам бўлганда сўлиб ва қуриб қолади. Дарёлар, океанлар, денгиз ва кўлларнинг сиртидан сувнинг буғланиши тезлашади. Инсонлар ва жониворлар кўплаб буғ билан нафас олади ва натижада кучли терлайди. Қуруқ ҳавода кўзларнинг, бурун ва томоқнинг шиллиқ пардалари қуриб қолаверади ва инсоннинг бутун организмнинг ҳолати ўзгариб, у кучли чанқоқлик сезади.

Агар Ерни ўраб турган ҳаво шудринг нуқтасидан паст даражада совиса, шароитга боғлиқ ҳолда туман, булутлар, шудринг ва қиров ҳосил бўлади. Чанг зарраларида ўтириб қолган шудринг туман ҳосил қилади.

Печь трубаларидан кўтарилаётган тутун қуюқ туманнинг ҳосил бўлишига сабаб бўлади, тутун зарралари ўз атрофида сув буғлари тўпланадиган ва қуюқлашадиган марказлар бўлиб хизмат қилади. Температура кескин пасайганда атмосферадаги буғларнинг бир қисми музлайди ва қиров ҳосил бўлади. Агар нам ҳаво массаси юқорига кўтарилса, у кенгайиш натижасида совийди ва натижада булут ҳосил бўлиши мумкин.

Намлиқни метеорологик кузатишлар, буғлар ҳосил бўладиган шароитларни кузатиш ва уларни олдиндан билиш об-ҳавони аввалдан айтиш (ёмғир, қор, булутлик, туман бўлишини айтиб бериш) га имкон беради. Бу қишлоқ хўжалиги, балиқ овлаш, авиация ва кема қатнови учун жуда муҳимдир.

Инсон ёгинларни бошқариши мумкинми? Ҳа, мумкин. Самолётдан қаттиқ ҳолатдаги карбонат кислотани булутларга ташлаб, сунъий ёмғир ёғдириш мумкин. Қаттиқ карбонат кислотанинг температураси — 79°С, шунинг учун булутлардаги сув буғларини беш юз марта кўпроқ тўйинтириши мумкин. Карбонат кислотанинг кристалл зарраларида бевосита сув буғларидан муз ҳосил бўлади. Муз кристаллари тез ўсади ва юқорига кўтарилаётган ҳаво оқимларини енгиб, пастга тушади, йўлда эрийди ва ёмғир томчиларини ҳосил қилади. Булутлар кўп бўлганда шундай йўл билан ёмғир ёғдириш мумкин.

Бироқ ҳар қандай атмосфера шароитида ва исталганча миқдорда ёмғир ёғдириш мумкин деб ўйлаш нотўғри бўлур эди.

Масалан, ёмғир айниқса керак бўлган қурғоқчиликда ҳавода сув буғлари шунчалик кам бўладики, ёмғир булутлари ҳосил бўлиши мумкин эмас, бундай ҳолда сунъий ёгинлар ёғдириб бўлмайди.

Қурғоқчиликка қарши курашда бизнинг мамлакатимизда далаларни иссиқ шамоллардан муҳофаза қилувчи полосалар, далаларни суғорадиган каналлар ва сув ҳавзалари тармоқлари қурилади. Масалан, Туркменистон, Жанубий Украина, Шимо-

лий Қрим, Волга-Дон каналлари ва кўплаб сув ҳавзалари бу ерлардаги улкан майдонларни сунъий суғориш ва бу билан иқлимни маълум даражада юмшатиш имконини беради.

Бундай улкан масштабдаги қурилишлар фақат социализм ғалаба қилган мамлакатдагина амалга оширилиши мумкин.

### **Ўз-ўзини текшириш учун саволлар**

1. Қандай буғ фазони тўйинтирувчи буғ деб аталади?
  2. Тўйинтирувчи буғнинг ҳажми кичрайтирилганда тўйинтирувчи буғда нима содир бўлади?
  3. Тўйинтирувчи буғнинг ҳажми ортганда тўйинтирувчи буғда нима содир бўлади?
  4. Температура пасайганда тўйинтирувчи буғда нима содир бўлади?
  5. Температура кўтарилганда тўйинтирувчи буғда нима содир бўлади?
  6. Критик температура деб нимага айтилади?
  7. Сув буғини 150°C температурада сиқиш йўли билан уни қайтадан сувга айлантириш мумкинми? Буни тушунтириб беринг.
  8. Сув буғини 500°C температурада сиқиш йўли билан уни қайтадан сувга айлантириш мумкинми?
  9. Карбонат ангидрид газини буғларини 20°C температурада суюқликка айлантириш мумкинми? Тушунтириб беринг.
  10. Газсимон моддалар қандай суюлтирилади?
  11. Абсолют намлик деб нимага айтилади?
  12. Нисбий намлик деб нимага айтилади?
  13. Шудринг нуқтаси нима?
  14. Шудринг нуқтасини қандай аниқлаш мумкин?
  15. Шудринг нуқтасини билган ҳолда нисбий намликни қандай аниқлаш мумкин?
  16. Нисбий намликни психрометр билан қандай аниқлаш мумкин?
-

## Турли моддаларнинг зичликлари

 $(\cdot 10^3 \text{ кг/м}^3)$ 

## Қаттиқ жисмлар

Олмос . . . . .	3,5	Мармар . . . . .	2,7
Алюминий . . . . .	2,7	Никель . . . . .	8,8
Антрацит . . . . .	1,5	Қалай . . . . .	7,3
Қайин (қуруқ) . . . . .	0,7	Платина . . . . .	21,5
Бетон (ўртача қиймат) . . . . .	2,2	Пўкак . . . . .	0,2
Вольфрам . . . . .	19,0	Қўрғошин . . . . .	11,4
Гранит . . . . .	2,6	Кумуш . . . . .	10,5
Дуб (қуруқ) . . . . .	0,8	Қарағай (қуруқ) . . . . .	0,5
Темир . . . . .	7,8	Пўлат . . . . .	7,9
Олтин . . . . .	19,3	Шиша (дераза ойнаси) . . . . .	2,5
Тош кўмир . . . . .	1,3	Чинни . . . . .	2,3
Ғишт . . . . .	1,8	Цемент . . . . .	1,4
Жез . . . . .	8,5	Рух . . . . .	7,1
Муз . . . . .	0,9	Чўян . . . . .	7,0
Мис . . . . .	8,9	Эбонит . . . . .	1,8

## Суюқликлар

Бензин . . . . .	0,7	Нефть . . . . .	0,76
Сув ( $4^{\circ}\text{C}$ ) . . . . .	1,0	Симоб ( $0^{\circ}\text{C}$ ) . . . . .	13,6
Глицерин . . . . .	1,26	Сульфат кислота (ўткир) . . . . .	1,84
Керосин . . . . .	0,8	Спирт . . . . .	0,8
Зайтун мойи . . . . .	0,92	Эфир . . . . .	0,72

Газлар ( $0^{\circ}\text{C}$  ва 760 мм симоб устуни босимида)

Азот . . . . .	0,00125	Гелий . . . . .	0,00018
Аммиак . . . . .	0,00077	Кислород . . . . .	0,00143
Ацетилен . . . . .	0,00117	Неон . . . . .	0,00090
Ҳаво . . . . .	0,0129	Карбонат ангидрид . . . . .	0,00198
Водород . . . . .	0,00009	Хлор . . . . .	0,00321

## 2-жадвал

## Суюқликларнинг сирт таранглик коэффициентлари

 $(\cdot 10^{-3} \text{ н/м } 20^{\circ}\text{C да})$ 

Сув . . . . .	72,5	Симоб . . . . .	420
Совун эритмаси . . . . .	40	Спирт . . . . .	22
Керосин . . . . .	24	Эфир . . . . .	17

**Қаттиқ жисмларнинг чизиқли кенгайиш коэффициенти**  
(град<sup>-1</sup>)

Алюминий . . . . .	0,000024	Платина . . . . .	0,000009
Вольфрам . . . . .	0,000004	Қўрғошин . . . . .	0,000029
Темир . . . . .	0,000012	Кумуш . . . . .	0,000019
Инвар . . . . .	0,0000015	Пўлат . . . . .	0,000011
Кварц . . . . .	0,0000004	Шиша . . . . .	0,000009
Жез . . . . .	0,000019	Цемент . . . . .	0,000014
Мис . . . . .	0,000017	Рух . . . . .	0,000029
Қалай . . . . .	0,000027	Чўян . . . . .	0,000010

**Суюқликларнинг ҳажмий кенгайиш коэффициенти**  
(град<sup>-1</sup>)

Сув	Глицерин	Керосин	Симоб	Скипидар	Спирт
0,00018	0,0005	0,001	0,00018	0,00067	0,0011

**Қаттиқ жисм моддалари ва суюқликларнинг солиштирма иссиқлик сифими**  
(·4200 ж·кг·град)

Алюминий . . . . .	0,22	Қалай . . . . .	0,06	Рух . . . . .	0,09
Темир . . . . .	0,11	Қум . . . . .	0,23	Чўян . . . . .	0,13
Ғишт . . . . .	0,21	Симоб . . . . .	0,03	Сув . . . . .	1,00
Жез . . . . .	0,09	Қўрғошин . . . . .	0,03	Керосин . . . . .	0,51
Муз . . . . .	0,5	Кумуш . . . . .	0,06	Эфир . . . . .	0,56
Мис . . . . .	0,09	Пўлат . . . . .	0,11		
Никель . . . . .	0,11	Цемент . . . . .	0,19		

**Ёқилғининг ёниш солиштирма иссиқлиги**  
(·4200 ж·кг)

Порох . . . . .	900	Спирт . . . . .	7 000
Ёғоч . . . . .	3 000	Писта кўмир . . . . .	8 000
Торф . . . . .	3 500	Нефть . . . . .	11 000
Қўнғир кўмир . . . . .	4 000	Керосин . . . . .	11 000
Тош кўмир . . . . .	7 000	Бензин . . . . .	11 000



### Эриш температураси ва эриш солиштирма

Модда	Эриш температураси, °C да
Алюминий	658
Темир	1520
Муз	0
Мис	1084
Қалай	232
Платина	1764
Симоб	39
Қўргошин	327
Рух	419
Чўян	1165

### Нормал босимда қайнаш температураси ва қайнаш солиштирма иссиқлиги

Модда	Қайнаш температураси, °C	Буғ солиштирма
Сув	100	
Симоб	357	
Спирт	78	
Эфир	35	

### 1 м<sup>3</sup> да бўлган тўйинтирувчи сув буғи миқдори

Температура	Масса	Температура	Масса
—10	2,14	4	6,4
— 9	2,33	5	6,8
— 8	2,54	6	7,3
— 7	2,76	7	7,8
— 6	2,99	8	8,3
— 5	3,24	9	8,8
— 4	3,51	10	9,4
— 3	3,81	11	10,0
— 2	4,13	12	10,7
— 1	4,47	13	11,4
0	4,84	14	12,1
1	5,2	15	12,8
2	5,6	16	13,6
3	6,0	17	14,5

**Ҳавонинг процентларда ифодаланган нисбий намлигининг  
психрометрик жадвали**

Қуруқ тер- мометрнинг курсатиши, °С да	Қуруқ ва нам термометрлар курсатишлари фарқи, °С да											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	100	81	63	45	28	11						
2	100	84	68	51	35	20						
4	100	85	70	56	42	28	14					
6	100	86	73	60	47	35	23	10				
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7			
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4		
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9	
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15	
18	100	90	82	73	64	56	48	41	34	26	20	
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34	
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	

# МУНДАРИЖА

Сўз боши . . . . .	3
<b>Кириш</b> . . . . .	<b>5</b>
<i>I б о б. Асосий тушунчалар</i>	
1-§. Табиат ва техника ҳақидаги фан . . . . .	5
2-§. Материя ва унинг ҳаракати. Физикавий ва химиявий ҳодисалар. Материянинг сақланиш қонуни . . . . .	6
3-§. Физика предмети. Физика қонуни ва физика формуласи, гипотеза ва назария ҳақида тушунча . . . . .	8
4-§. Физиканинг техника учун аҳамияти . . . . .	9
<i>II б о б. Физикавий катталиклар ва уларни ўлчаш</i>	
5-§ Физикавий катталиқ ва ўлчаш ҳақида тушунча . . . . .	13
6-§ Куч ҳақида тушунча. Жисмнинг огирлиги. Масса ҳақида тушунча . . . . .	13
7-§. Узунлик, масса, куч ва вақтнинг ўлчов бирликлари . . . . .	14
8-§. Жисмнинг массаси ва огирлиги орасидаги боғланиш . . . . .	16
9-§. Ўлчов бирликлари системалари . . . . .	17
10-§. Ўлчашлар . . . . .	19
11-§. Зичлик ва солиштирма огирлик . . . . .	25
12-§. Ўлчашлардаги хатоликлар . . . . .	27
I-лаборатория иши. Тўғри геометрик шаклдаги қаттиқ жисм моддасининг зичлигини аниқлаш . . . . .	28
<b>1-қ и с м</b>	
<b>Механика</b>	
<i>III б о б. Тўғри чизиқли ҳаракат кинематикаси асослари</i>	
13-§. Механик ҳаракат . . . . .	32
14-§. Моддий нуқта. Моддий нуқта ҳаракатларининг классификацияси. Жисмнинг илгариланма ҳаракати . . . . .	33
15-§. Тўғри чизиқли текис ҳаракат. Бундай ҳаракатнинг тезлиги. Тезлик бирликлари . . . . .	36
16-§. Вектор ва скаляр катталиклар ҳақида тушунча. Текис ҳаракатнинг тезлик графиги . . . . .	38
17-§. Текис ҳаракат тенгламаси . . . . .	39
18-§. Ўзгарувчан ҳаракат. Ўзгарувчан ҳаракатнинг ўртача ва оний тезлиги . . . . .	42
19-§. Текис ўзгарувчан ҳаракат. Тезланиш. Тезланиш бирликлари . . . . .	43
20-§. Текис ўзгарувчан ҳаракатнинг тезлиги ва йўли формуласини чиқариш . . . . .	48
21-§. Жисмларнинг эркин тушиши. Эркин тушиш тезланиши . . . . .	54
22-§. Тик юқорига отилган жисмнинг ҳаракати . . . . .	56
<i>IV б о б. Динамика асослари</i>	
23-§. Жисмларнинг инерцияси. Ньютоннинг биринчи қонуни . . . . .	61
24-§. Куч тезланиш сабабидир. Куч—вектор . . . . .	63

25-§.	Ньютоннинг иккинчи қонуни . . . . .	65
26-§.	Жисмнинг массаси унинг инерция ўлчовидир . . . . .	67
27-§.	Кучнинг СГС ва СИ системаларида ўлчов бирликлари ва улар орасидаги муносабатлар . . . . .	68
28-§.	Жисмнинг оғирлигини масса ва оғирлик кучи тезланиши орқали ифодалаш. Массанинг техникавий бирлиги . . . . .	69
29-§.	Ньютоннинг учинчи қонуни. Ҳаракат миқдори. Ҳаракат миқдорининг сақланиш қонуни. Ньютон учинчи қонунининг техникада қўлланиши . . . . .	74
30-§.	Кучлар таъсирининг мустақиллик қонуни . . . . .	81
31-§.	Ишқаланиш . . . . .	82
32-§.	Сирпаниш ишқаланиш коэффициенти . . . . .	84
33-§.	Ишқаланиш кучларининг роли . . . . .	86
	2-лаборатория иши. Сирпаниш ишқаланиш коэффициентини аниқлаш . . . . .	87

### *V боб. Кучларни қўшиш ва ажратиш*

34-§.	Кучлар таъсирида жисмнинг мувозанати. Кучнинг ташкил этувчиларни ва уларнинг тенг таъсир этувчиси . . . . .	92
	Мувозанатловчи куч . . . . .	92
35-§.	Кучнинг қўйилыш нуқтаси ва қаттиқ жисмда уни кўчириш . . . . .	93
36-§.	Жисмга бир тўғри чизиқ бўйлаб ва бурчак остида таъсир қилаётган кучларни қўшиш . . . . .	93
37-§.	Кучларни ташкил этувчиларга ажратиш . . . . .	97

### *VI боб. Иш ва энергия*

38-§.	Механик иш . . . . .	102
39-§.	Иш бирликлари ва улар орасидаги муносабат . . . . .	104
40-§.	Қувват. Қувват формуласи. Қувват бирликлари ва улар орасидаги муносабат . . . . .	106
41-§.	Машиналарнинг фойдали иш коэффициентлари . . . . .	107
42-§.	Энергия ҳақида тушунча. Кинетик энергия. Потенциал энергия . . . . .	111
43-§.	Жисмнинг эркин тўшишида потенциал энергиянинг кинетик энергияга айланиши. Энергиянинг сақланиш ва бир турдан иккинчи турга айланиш қонуни . . . . .	114

### *VII боб. Айланма ҳаракат*

44-§.	Қаттиқ жисмнинг айланиши. Куч моменти ҳақида тушунча . . . . .	119
	Жуфт кучлар . . . . .	119
45-§.	Айланиш ўқиға эга бўлган жисмнинг мувозанат шarti . . . . .	121
46-§.	Айлана бўйлаб текис ҳаракат. Айланиш даври ва частотаси . . . . .	122
47-§.	Чизиқли тезлик . . . . .	123
48-§.	Айланаётган жисмнинг бурчак тезлиги . . . . .	125
49-§.	Марказга интилма тезланиш ҳақида тушунча . . . . .	128
50-§.	Марказга интилма ва марказдан қочма кучлар . . . . .	131
51-§.	Айлана бўйлаб ҳаракатланганда боғланишга таъсир қилувчи кучлар . . . . .	132
52-§.	Марказдан қочирма механизмлар . . . . .	136

### *VIII боб. Бутун олам тортишиши*

53-§.	Осмон жисмлари ҳаракатини ўрганиш . . . . .	140
54-§.	Бутун олам тортишиш қонуни . . . . .	141
55-§.	Тортишиш доимийсини тажрибада аниқлаш. Жисмнинг оғирлиги ва бутун олам тортишиш қонуни . . . . .	143

### *IX боб. Тебранишлар ва тўлқинлар*

56-§.	Тебранима ҳаракат. Тебранишларнинг пайдо бўлыш шартлари . . . . .	148
57-§.	Тебраниш амплитудаси, даври, частотаси ва фазаси . . . . .	150

58-§.	Гармоник тебраниш ҳақида тушунча . . . . .	151
59-§.	Математик маятникнинг тебраниш қонунлари . . . . .	153
60-§.	Физик маятник ва унинг қўлланилиши . . . . .	155
61-§.	Тебранишларнинг эластик муҳитда тарқалиши. Бўйлама ва кўндаланг тўлқинлар . . . . .	157
62-§.	Тўлқин узунлиги. Тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги. Тўлқин узунлиги, тезлик ва давр (ёки частота) орасидаги боғланиш . . . . .	160
63-§.	Тўлқинлар интерференцияси . . . . .	160
64-§.	Механик резонанс . . . . .	162

*Х б о б. Товуш ҳодисалари*

65-§.	Товушнинг табиати. Товушнинг тарқалиши. Товуш тўлқинлари . . . . .	166
66-§.	Товуш тўлқинларининг тарқалиш тезлиги . . . . .	167
67-§.	Товушнинг кучи, қаттиқлиги ва баландлиги. Тембр . . . . .	168
68-§.	Товушнинг қайтиши ва ютилиши . . . . .	171
69-§.	Товуш тўлқинларининг интерференцияси . . . . .	173
70-§.	Товуш резонанси . . . . .	174
71-§.	Ультратовуш тебранишлари ҳақида тушунча . . . . .	175

**2- қ и с м**

**Молекуляр физика ва иссиқлик**

*XI б о б. Молекуляр-кинетик назария асослари ва газларда, суюқликларда ва қаттиқ жисмларда молекуляр ҳодисалар*

72-§.	Молекулалар. Молекулаларнинг ўлчамлари . . . . .	178
73-§.	Молекулаларо масофа . . . . .	180
74-§.	Молекуляр тутиниш кучлари . . . . .	181
75-§.	Газларда, суюқликларда ва қаттиқ жисмларда диффузия . . . . .	182
76-§.	Броун ҳаракати. Қаттиқ жисмлар, суюқликлар ва газларда молекулаларнинг ҳаракати . . . . .	185
77-§.	Молекулаларнинг ҳаракати ва температура. Иссиқлик. Термодинамик температура шкаласи . . . . .	187
78-§.	Жисмнинг ички энергияси ҳақида тушунча . . . . .	188
79-§.	Суюқликнинг сиртки қатлами . . . . .	190
80-§.	Сирт таранглик . . . . .	191
81-§.	Ҳўллаш ҳодисаси. Меисик . . . . .	194
82-§.	Капиллярлик. Табиат ва техникада, турмушда капиллярлик ҳодисалари . . . . .	195
83-§.	Қаттиқ жисмлар. Кристалл ва аморф жисмлар . . . . .	196
84-§.	Кристалл панжара ҳақида тушунча . . . . .	198

*XII б о б. Жисмларнинг иссиқликдан кенгайиши*

85-§.	Жисмларнинг чизиқли кенгайиши. Чизиқли кенгайиш коэффициентини 3-лаборатория иши. Чизиқли кенгайиш коэффициентини аниқлаш . . . . .	200
86-§.	Жисмларнинг ҳажмий кенгайиши . . . . .	206
87-§.	Қаттиқ жисмларнинг чизиқли ва ҳажмий кенгайиш коэффициентлари орасидаги боғланиш . . . . .	207
88-§.	Жисмларнинг иссиқликдан кенгайишининг техникада аҳамияти . . . . .	209
89-§.	Температура ўзгарганда жисмлар зичлигининг ўзгариши . . . . .	212
90-§.	Суюқликларнинг кенгайиши . . . . .	213

*XIII б о б. Газларнинг ҳоссалари*

91-§.	Босим ва унинг ўлчовбирликлари . . . . .	217
92-§.	Газнинг босими . . . . .	218
93-§.	Изотермик процесс. Бойль-Мариотт қонуни . . . . .	219

94- §. Газ зичлигининг босимга боғлиқлиги . . . . .	222
95- §. Идеал газ ҳақида тушунча. Манометрлар . . . . .	222
4-лаборатория иши. Бойль—Мариотт қонунини текшириш . . . . .	223
96- §. Газда изобар процесс. Гей-Люссак қонуни . . . . .	226
97- §. Газда изохорик процесс. Шарль қонуни . . . . .	229
98- §. Температураларнинг абсолют ноли. Абсолют температура . . . . .	232
99- §. Газ ҳолати тенгласи . . . . .	233
100- §. Газларнинг техникада қўлланилиши . . . . .	239

*XIV б о б. Жисм ички энергиясининг ўзгариши. Иссиқлик алмашинуви. Иссиқлик ва иш*

101- §. Иссиқлик алмашинувида жисм ички энергиясининг ўзгариши. Иссиқлик миқдори . . . . .	241
102- §. Жисмнинг иссиқлик сифими ва модданинг солиштирма иссиқлик сифими . . . . .	242
103- §. Калориметр . . . . .	244
104- §. Иссиқлик баланси тенгласи . . . . .	245
5-лаборатория иши. Қаттиқ жисм моддасининг солиштирма иссиқлик сифимини аниқлаш . . . . .	248
105- §. Ёқилгининг ёниш солиштирма иссиқлиги . . . . .	250
106- §. Иситгичнинг фойдали иш коэффициенти . . . . .	252
107- §. Механик иш ва иссиқлик . . . . .	255

*XV б о б. Модда агрегат ҳолатининг ўзгариши*

108- §. Эриш ва қотиш . . . . .	258
109- §. Эриш иссиқлиги. Солиштирма эриш иссиқлиги . . . . .	259
110- §. Эриш ва қотишда иссиқлик баланси тенгласи . . . . .	
6-лаборатория иши. Музнинг солиштирма эриш иссиқлигини аниқлаш . . . . .	261
111- §. Эриш ва қотишда жисм ҳажмининг ўзгариши . . . . .	265
112- §. Эриш температурасининг босимга боғлиқлиги . . . . .	266
113- §. Буғланиш ва конденсация . . . . .	267
114- §. Буғланишни молекуляр-кинетик назария асосида тушунтириш . . . . .	268
115- §. Қайнаш . . . . .	268
116- §. Буғ ҳосил бўлиш иссиқлиги . . . . .	270
Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлиги . . . . .	270
117- §. Буғ ҳосил бўлиш солиштирма иссиқлигини тажрибада аниқлаш . . . . .	272
118- §. Фазони тўйинтирувчи ва тўйинтирмайдиган буглар. Уларнинг хоссалари . . . . .	275
119- §. Тўйинтирмайдиган бугларни тўйинтирувчи бугларга айлантириш усуллари . . . . .	278
120- §. Критик температура ва критик босим . . . . .	278
121- §. Газсимон моддаларни суюлтириш . . . . .	279
122- §. Суюлтирилган моддаларнинг техникада қўлланилиши . . . . .	280
123- §. Ҳавонинг намлиги ва уни ўлчаш . . . . .	282
124- §. Ҳаво намлигини ўлчаш учун техник асбоблар . . . . .	283
125- §. Ҳаво намлигининг аҳамияти . . . . .	284
Иловалар . . . . .	287

*На узбекском языке*

Н. Д. БИТЬКО

**Ф И З И К А**

Часть I, 2

Учебное пособие для заочных средних  
специальных учебных заведений  
и самообразования

*Издательство „Ўқитувчи“*  
*Ташкент — 1973*

Таржимон Ж. *Марзаева*

Махсус редактор *М. Усмонов*

Редактор *Ф. Обидов, Р. Пирмухамедова*

Тех. редактор *Т. Скиба*

Корректор *Д. Абдуллаева*

Теришга берилди 1/XII-1972 й. Босишга рухсат этилди 9/IV-1973 й.  
Қоғоз 60×90<sup>1/16</sup>. Физик л. 18,5. Нашр. л. 17,82. Тиражи 13000.  
Қоғоз № 3.

„Ўқитувчи“ нашриёти. Тошкент, Навоий кўчаси, 30. Шартнома  
199–72. Баҳоси 48 т. Муқоваси 10 т.

---

Нашриётлар, полиграфия ва китоб савдоси ишлари бўйича  
область бошқармасининг Морозов номи босмахонаси. Самарқанд  
Типография кўчаси, 4. 1973 йил. Заказ № 6065.

---

Типография им. Морозова областного управления по делам  
издательств, полиграфии и книжной торговли.  
Самарканд, Типографская, 4.