7936

ՊՐՈՖ. Ի. Ի. ՍՈԿՈԼՈՎ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԴԱՍԸՆԹԱՑ

ՅԵՐԿՐՈՐԴ ՄԱՍ

ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ՅԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ. ՋԵՐՄՈՒԹՅՈՒՆ

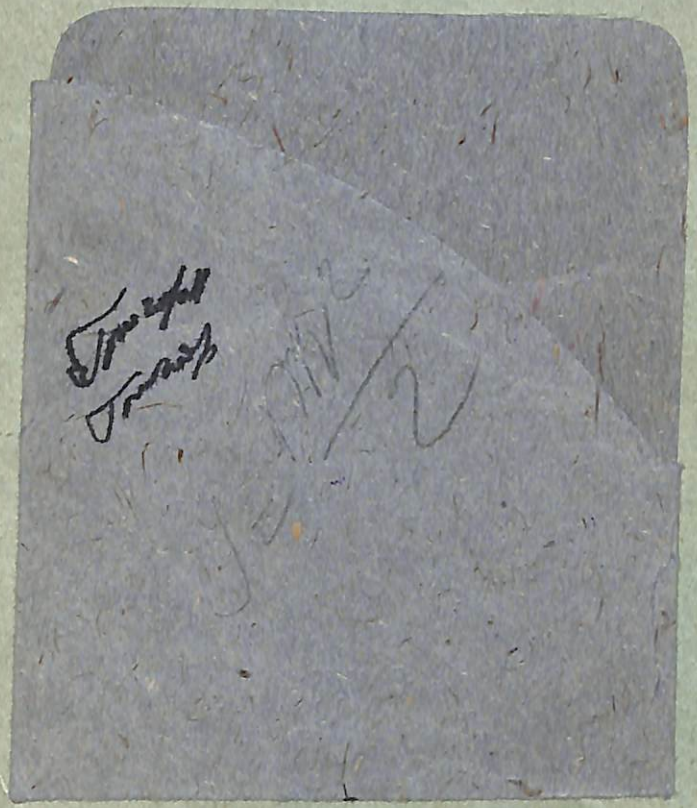
ԴԱՍԱԳԻՐՔ
ՄԻՋՆԱԿԱՐԳ ԴՊՐՈՑԻ ՑՐԴ ԴԱՍԱՐԱՆԻ ՀԱՄԱՐ

53(075)
Ս-68
40

ՀԱՅՊԵՏՀՐԱՏ

1940







20 JUL 2010
24 JAN 2006
53(075) Ո-68

Պրոֆ Ի. Ի. ՍՈԿՈԼՈՎ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԴԱՍԸՆԹԱՑ

ՅԵՐԿՐՈՐԴ ՄԱՍ

ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ՅԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ: ՋԵՐՄՈՒԹՅՈՒՆ

ԴԱՍԱԳԻՐՔ
ՄԻՋՆԱԿԱՐԳ ԴՊՐՈՑԻ 9-ՐԴ ԴԱՍԱՐԱՆԻ ՀԱՄԱՐ
Ջրդ լրացված չեվ ուղղված հրատարակություն

ԲՆԱԳԻՐԸ ՀԱՍՏԱՏՎԱԾ Է ՌԽՖՍՀ ԼՈՒՍԺՈՂԿՈՄԱՏԻ ԿՈՂՄԻՑ

ՀԱՅՊԵՏՀՐԱՏ

ԵՐԵՎԱՆ 1940

0 1 AUG 2013

1936



2424
40

Проф. И. И. СОКОЛОВ

Курс физики

часть вторая

Учебник для 9-го класса средней школы

Армгиз, Ереван, 1940 г.

I. ՏԱՏԱՆՈՒՄՆԵՐ ՅԵՎ ԱԼԻՔՆԵՐ

1. Ներդաշնակ տատանում: Մինչև այժմ մեր ուսումնասիրած շարժումների տեսակների հետ հավասարապես հաճախ պատահում է նաև տատանողական շարժում:

Մարմինը տատանումներ է կատարում, եթե նա ուղիղով կամ աղեղով մերթ այս, մերթ այն կողմն է շարժվում այն նախնական դիրքից, վորում գտնվում եր մարմինը մինչև տատանվելու սկիզբը:

Վերևի ծայրից ամրացրած զսպանակը դեպի ներքև ձգելու և բաց թողնելու դեպքում կատարում է տատանողական շարժում: Բոլոր զսպուցավոր կառքերը տատանողական շարժման մեջ են դրվում ճանապարհի անհարթությունների վրա ստացած հրումներից: Տատանվում է այն ճյուղը, վորի վրայից թռել է թռչունը: Քամու ազդեցության տակ տատանում են ծառերը, գործարանային ծխնելույզները, լճերի ու ծովերի ջրերը: Տատանման մեջ են գտնվում բոլոր ձայնարկող մարմինները: Տատանումներ է կատարում աշխատող շոգեմեքենայի մխոցը: Բերված այս որինակները, վորոնք հեռու չեն տատանման հնարավոր բոլոր տեսակներն սպառելուց, վկայում են բնության ու տեխնիկայի մեջ շարժման այս տեսակի տարածված լինելու մասին:

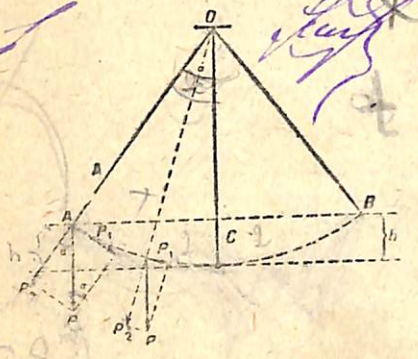
Այս շարժումը բնութագրող մեծություններն ամենից պարզ կերպով կարող են ուսումնասիրվել մաթեմատիկական ճոճանակի ճոճման որինակով:

Մաթեմատիկական ճոճանակ է կոչվում չձգվող թելից կախված և վերջավոր մասսա ունեցող մի մարմին, վորի չափերը կարելի չէ անտեսել (այսպես կոչված՝ «նյութական կետ»): Բավական ճշգրիտ մաթեմատիկական ճոճանակ կարելի է պատրաստել բարակ չերկար թելից կախելով մի փոքրիկ գունդ:

Քանի դեռ ճոճանակը և կախման կետը գտնվում են մեկ ուղղաձիգի վրա, ճոճանակը գտնվում է հանգիստ վիճակում: Հավասարակշռության դիրքից CA աղեղով ուղղաձիգ ուղղու-

թյամբ «h» բարձրության վրա գտնվող A կետը հանված ճոճանակը (նկ. 1) այդ կետում ունեցած և լրացուցիչ պոտենցիալ էներգիայով՝ $Ph=mgh$, վերտող m-ը ճոճանակի մասսան է։ Այդ կետում ճոճանակի կշիռը՝ P-ն չի հավասարակշռվելու հենման կետի դիմադրությամբ, վերջինս հավասարակշռի միայն կշռի P_2 գումարելիին, որն ուղղված է թելի երկարությամբ, իսկ կշռի մյուս P_1 բաղադրիչը, որը շոշափողով ուղղված է դեպի հավասարակշռության կողմը, կլինի շարժիչ ուժ և ճոճանակին շարժման մեջ կդնի, հենց որ վերջինս ինքն իրեն թողնվի։

Ցեղեն ճոճանակի թեքման AOC անկյունը նշանակենք α-ով (արտահայտված ռադիաններով[1]), ապա $\angle P_2AP=\angle APP_1=\alpha$ և շարժիչ ուժը $P_1=P\sin\alpha=mg\sin\alpha$։



Նկ. 1. Մաթեմատիկական ճոճանակ։

$g_1=g\sin\alpha$ մեծությունը արտահայտում է ճոճանակի ճոճական շարժման արագացումը։

Քանի որ փոքր անկյունների դեպքում $\sin\alpha$-ն աննշան սխալով կարող է փոխարինվել α-ով, իսկ α անկյունը ռադիաններով արտահայտված՝ հավասար է $CA=x$ աղեղի երկարության՝ բաժանած L շառավիղի վրա, նը՝ բաժանած L շառավիղի վրա, ապա կարելի է գրել՝ $\alpha=\frac{x}{l}$,

Ցերը ճոճանակի թեքումը կատարվում է հավասարակշռության դիրքից դեպի այ, արագման վեկտորն ուղղված է լինում դեպի ձախ, իսկ երբ ճոճանակը թեքվում է դեպի ձախ, ապա արագացման վեկտորն ուղղված է լինում դեպի աջ։ Կետի արագացումը և տեղափոխումը ճոճանակի շարժման ժամանակ միշտ ուղղված են հակառակ կողմերի վրա, դրա համար էլ նրանք ունեն հակառակ նշաններ։ Նկատի ունենալով այդ նշանները՝ նախորդ հավասարությունը հարկավոր է գրել հետևյալ կերպ՝

$$P_1=-P\sin\alpha=-mg\sin\alpha=-mg\,\alpha=-mg\frac{x}{l},\ \text{բայց}$$

քանի որ $P_1=mg_1$, ապա $g_1=-\frac{g}{l}\cdot x$։ (1)

[1] Ռադիանը այն կենտրոնական անկյունն է, որի աղեղը հավասար է շառավիղին։

Շատ փոքր թափի ճոճումների դեպքում ճոճանակի ճոճման ժամանակ արագացումն ուղիղ համեմատական է հավասարակշռության դիրքից չեղած բեկմանը և միշտ ունի հակադիր ուղղություն։

A-ից մինչև C ճանապարհի վրա արագացումն անընդհատ նվազում է, բայց շարունակ ուղղված է արագության կողմը, որի հետևանքով արագությունը շարունակ աճում է և հավասարակշռության C դիրքում, որտեղ արագացումը դառնում է զրո, արագությունը հասնում է իր առավելագույն մեծությանը, այդ արժեքի մեծությունը կարելի է հաշվել կինետիկ էներգիայի բանաձևի ոգնությամբ՝ $\frac{mv^2}{2}=mgh$, որտեղից $v^2=2gh$։

C-ից մինչև B ճանապարհի վրա արագացումը բացարձակ մեծությամբ աճում է, շարունակ ուղղված լինելով շոշափողով դեպի հավասարակշռության կողմը, այսինքն՝ արագությանը հակառակ։ շարժումը կլինի դանդաղող, և արագությունը կդառնա զրո, երբ ճոճանակի ամբողջ կինետիկ էներգիան h_1 բարձրության վրա կվերածվի պոտենցիալ էներգիայի։ Վերևի դիրքության հաղթահարելու համար էներգիա չծախսելու դեպքում պետք է տեղի ունենա հետևյալ հավասարությունը՝ $mgh_1=\frac{mv^2}{2}$։

Վերջին երկու բանաձևերի համեմատությունից հետևում է, որ վերնելքի բարձրությունը ձախից հավասար է վերելքի բարձրությանը աջից ($h=h_1$) և, հետևաբար, $BC=CA$։ Սկսած B կետից՝ բոլոր երևույթները նոր ից կրկնվում են նույն կարգով։

Այն շարժումը, որի մեջ արագացումն ուղիղ համեմատական է նյութական կետի հավասարակշռության դիրքից չեղած տեղմանը և միշտ ուղղված է հավասարակշռության կողմը, կոչվում է պարզ ներդաշնակ տատանում։

Մաթեմատիկական ճոճանակի շարժումը ծանրության ուժի աղեցության տակ (շփման ուժերը բացակայում են) հանդիսանում է պարզ ներդաշնակ տատանում։

2. Տատանումը վորոշող մեծություններ։ Հավասարակշռության AC դիրքից ամենամեծ շեղումը կոչվում է տատանման ամպլիտուդ։

Այն ժամանակամիջոցը, որի ընթացքում ճոճանակը AB

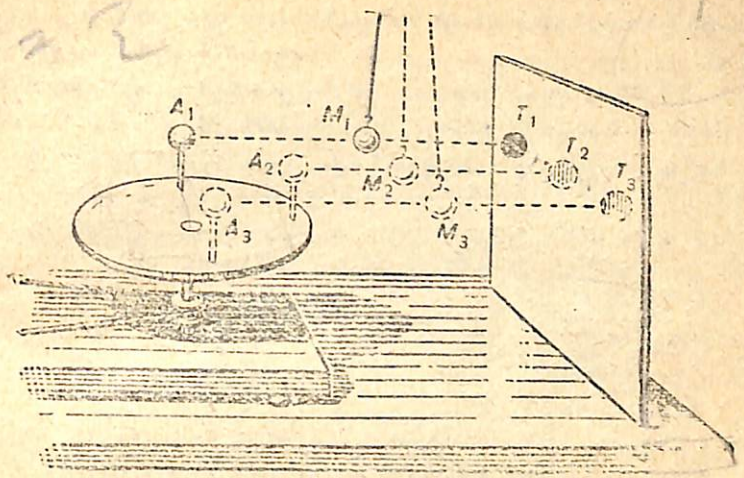
ալեղով անցնում է A-ից մինչև B կետը և վերադառնում է հետ նորից A կետը, կամ, այլ կերպ ասած, շրջա ամպլիտուդի հավասար ճանապարհն անցնելու ժամանակամիջոցը կոչվում է լրիվ ճոճման պարբերություն (T)։ Լրիվ ճոճման պարբերության կեսը կոչվում է պարզ տատանման պարբերություն ($t = \frac{1}{2} T$)։

T պարբերության փոխարեն ճոճումը կարելի է որոշել մեկ վայրկյանում տեղի ունեցած տատանումների թվով, այն է, եթե վերջինը նշանակենք ν-ով, ապա կարելի է գրել՝ $\nu = \frac{1}{T}$ կամ $T = \frac{1}{\nu}$։

Ճոճ իրոք, եթե, որինակ, տատանումների թիվը մեկ վայրկյանում հավասար է 10-ի, ապա մեկ տատանման լրիվ ժամանակամիջոցը կլինի $\frac{1}{10}$։ Ճոճի տատանման պարբերությունը հավասար է $\frac{1}{2}$ վայրկյանի, ապա մեկ վայրկյանում տեղի կունենա 2 տատանում։

Ինչպես նախորդ բացատրությունից պարզվեց, դիմադրության բացակայության դեպքում հավասարաչափ շրջանի դիրքի յերկու կողմերում յեղած ամպլիտուդները իրար հավասար են։ Այն ճոճումները, որոնց ամպլիտուդները հավասար են, կոչվում են **չմարվող տատանումներ**։ Իսկ անընդհատ նվազող ամպլիտուդներով տատանումները կոչվում են **մարվող տատանումներ**։

3. Ճոճական շարժման կապը պտտական շարժման հետ։ Ճոճի պտտող մեքենայի առանցքին մի սկավառակ հագցնենք և սկավառակի յեզրին ուղղաձիգ դիրքով ամրացնենք գնդիկով վերջացող մի ձող ու ամբողջ սարքավորումը լուսավորենք հորիզոնական և զուգահեռ ճառագայթների փնջով, ապա ճառագայթների նկատմամբ ուղղահայաց կերպով տեղավորված եկրանի վրա կստացվի գնդիկի ստվերը։ Ցերը գնդիկը դրվի հավասարաչափ պտտական շարժման մեջ, գնդի ստվերը մի ուղիղով կշարժվի այս ու այն կողմը (նկ. 2)։



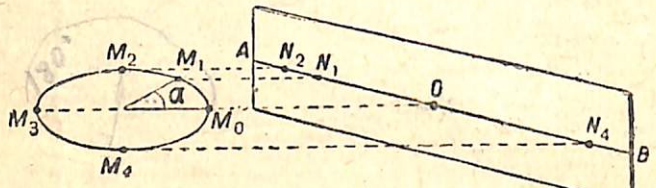
Նկ. 2. A_1, A_2, A_3-ը շրջանագծով հավասարաչափ պտտվող գնդիկի դիրքերն են M_1, M_2, M_3-ը ճոճվող ճոճանակի դիրքերն են։ Իսկ T_1 T_2, T_3-ը գնդիկի և ճոճանակի համընկնող ստվերները։

Այդ նույն եկրանի առաջ տեղավորում են յերկար թել ունեցող մի ճոճանակ այնպես, որ նրա ստվերն ընկնի հենց այն գծի վրա, որով տեղափոխվում է պտտվող գնդիկի ստվերը։ Ճոճանակը շարժման մեջ են դնում այնպիսի հարթությամբ, որը զուգահեռ է եկրանին։ Այն ժամանակ հնարավոր է լինում ընտրել գնդիկի պտտման այնպիսի արագություն, որ նրա ստվերի շարժումն եկրանի վրա բոլոր կետերում համընկնի ճոճվող ճոճանակի ստվերի հետ։

Նկարագրված համընկնումը կարող է ստացվել միայն ճոճանակի ճոճման փոքր ամպլիտուդների դեպքում։

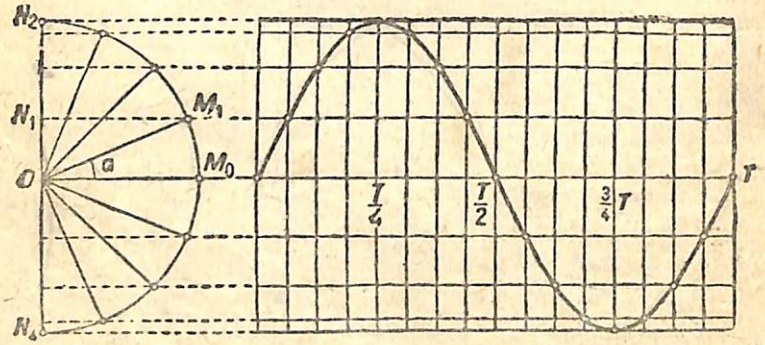
Այդ համընկնումը ցույց է տալիս, որ կետի ճոճական շարժումը AB ուղիղի յերկարությամբ կարող է դիտվել որպես շրջանագծով հավասարաչափ պտտվող M կետի պրոեկցիայի շարժում այդ ուղիղի վրա։ Շրջանագծով հավասարաչափ պտտվող այդ կետն անվանենք ուժանդակ կետ, իսկ այն գիծը, որը ուժանդակ կետը միացնում է պտտման առանցքի հետ, անվանենք շարժական շառավիղ։

Յերբ ոժանդակ կետը շրջադծի վրա գրավում է Mo սկզբնական դիրքը, նրա պրոեկց ան ընկնում է այն հատվածի միջնակետ O հետ, վորի յերկարությամբ տեղի յե ունենում ճոճումը։ Յերբ ոժանդակ կետը տեղափոխվի M_1 կետը, հեռանալով սկզբնական դիրքից α անկյունով, նրա պրոեկցիան կատացվի



Նկ. 3. α անկյունը, վորը կազմված է շարժական և սկզբնական շառավիղների, կոչվում է տատանման փուլ

N_1 կետում։ Մեկ քառորդ պարբերությունից հետո ոժանդակ կետն սկզբնական դիրքից կհեռանա 90° անկյունով և ճոճվող կետը կտեղափոխվի N_2 կետը։ Կես պարբերությունից հետո ոժանդակ կետը կհեռանա հավասարակշռության դիրքից 180° անկյունով, կգրավի M_3 դիրքը, իսկ ճոճվող կետը կանցնի հատվածի O միջնակետով։ Յերեք քառորդ պարբերությունից հետո



Նկ. 4. Ներդաշնակ տատանման գրաֆիկը և նրա կառուցումը

կամ 270° անկյունով շեղվելու դեպքում ոժանդակ կետը կգրավի M_4 կետը և ճոճվող կետը կգրավի N_4 դիրքը, իսկ մեկ ամբողջ պարբերությունից հետո յերկու կետերն էլ կգրավեն սկզբնական դիրքը։

Շարժական շառավիղի շեղումը, հաշված բուն կզբնական շառավիղից, կոչվում է տատանման փուլ։

4. Հեռավորության գրաֆիկը ներգաշնակ տատանման դեպքում։ Յեթե աբսցիսների առանցքի վրա վերցնենք պարբերության հավասար մասերին համապատասխան հավասար հատվածներ և աբսցիսի յուրաքանչյուր կետում կանգնեցնենք ուղիղներ, վորոնք մի վորևե մասշտաբով պատկերացնեն տատանվող կետի շեղումները հավասարակշռության դիրքից, ապա բոլոր ուղիղների ազատ ծայրերը կդտնվեն մի գծի վրա, վորը կոչվում է սինուսոիդ (նկ. 4)։ Սինուսոիդն իրենից ներկայացնում է հավասարակշռության դիրքից տատանվող կետի ունեցած հեռավորության փոփոխման գրաֆիկ պատկերացումը ժամանակից կախված։

5. Լաբորատոր աշխատանք 1. Ճոճանակի ճոճման ուսումնասիրի հետազոտությունը։ Գործիքներ. 1) պատվանդան, վորի վրա ամրացված են 2 մեխ, 2) ըստ տրամագծի ծակված տարբեր մասսաների՝ յերկաթե, փայտե, խցանե և այլ գնդիկներ, 3) թելեր, 4) փայտե փոքր սեպեր՝ թելը գնդիկի անցքի մեջ սեղմելու համար, 5) ժամացույց, 6) մասշտաբ։

I. Հետազոտել թե արդյոք ճոճման պարբերությունը կախված է ճոճման ամպլիտուդայից։

Աշխատանքի ընթացքը։ 1. Թելի մի ծայրը կապել պատվանդանի վորևե մեխից և թելը նետել հարևան ամենամոտիկ մեխի վրայով, այդ մեխից վորոշ հեռավորության վրա փոքրիկ սեպի ոգնությամբ մի գնդիկ ամրացրեք թելի ծայրին։

2. Վորոշ ամպլիտուդայով (10°-ից վոչ ավել) հեռացրեք գնդիկը հավասարակշռության դիրքից և բաց թողեք, ժամացույցի ոգնությամբ հաշվելով 100 պարզ ճոճումների ժամանակը (վայրկյաններով), գտեք ճոճման պարբերությունը։

3. Գնդիկը նորից հեռացնելով իր հավասարակշռության դիրքից նոր, ավելի փոքր ամպլիտուդայով, նորից հաշվեք ճոճման պարբերությունը և համեմատեք նախորդի հետ։ Ինչ յեզրակացություն կարելի յե հանել այս փորձից։

II Հետազոտել, թե արդյոք ճոճման պարբերությունը կախված է ճոճվող ճոճանակի մասսայից:

Աշխատանքի ընթացքը: 1. Մինուչն յերկարություն ունեցող թելերից կախել տարբեր մասսա ունեցող գնդիկներ, հետացրեք նրանց փոքր ամպլիտուդաներով և հաշվեք ճոճման պարբերությունը յուրաքանչյուրի համար:

2. Համեմատելով ստացված թվերը՝ յեզրակացություն հանել փորձից:

III գտնել ճոճման պարբերության և ճոճանակի յերկարության միջև յեղած կախումը:

Աշխատանքի ընթացքը: 1. Վերցրեք l (օրինակ՝ 1 մ) և l_1 (օրինակ՝ $\frac{1}{4}$ մ կամ $\frac{1}{9}$ մ, կամ $\frac{1}{2}$ մ) յերկարություն ունեցող ճոճանակներ և հաշվեցեք նրանց ճոճման t և t_1 պարբերությունները:

2. Համեմատել $\frac{l}{l_1}$ և $\frac{t^2}{t_1^2}$ հարաբերությունը: Ինչ յեզրակացություն կարելի յե հանել այս համեմատությունից:

6. **Ճոճանակի ճոճման որենքները.** Փորձերից կարելի յե անել հետևյալ յեզրակացությունները.

1. Ճոճանակի ճոճման պարբերությունը փոքր ամպլիտուդաների ժամանակ անկախ է ամպլիտուդաներից. *(այս հատկությունը կոչվում է իզոխրոնություն — ճոճման համաժամանակություն)*:

2. Ճոճման պարբերությունը կախված չի ճոճանակի մասսայից:

3. Ճոճման պարբերությունը ուղիղ համեմատական է ճոճանակի յերկարության քառակուսի արմատին:

4. Ճոճման պարբերությունը հակադարձ համեմատական է ծանրության ուժի քառակուսի արմատին [1]):

Նշանակում է, այն ճոճանակը, որի յերկարությունը չորս անգամ ավելի մեծ է, ճոճման պարբերությունը յերկու անգամ ավելի մեծ է, 9 անգամ ավելի փոքր յերկարություն ունեցող ճոճանակի պարբերությունը 3 անգամ փոքր է:

1) Վերջին այս յեզրակացությունները ստացվում են տեսականորեն:

Տեսությունը պարզ և լրիվ ճոճման պարբերության համար հետևյալ բանաձևերն է տալիս:

$$t=\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (II)$$

Ճոճանակի ճոճման իզոխրոնությունը հայտաբերել է Գալիլեյը 1583 թվին:

7. **Ֆիզիկական ճոճանակ.** Ֆիզիկական ճոճանակ է կոչվում ամեն մի մարմին, որը ճոճվում է առանցքի շուրջը, յեթե միայն այդ առանցքը չի համընկնում մարմնի ծանրության կենտրոնի հետ: Այդ ճոճանակի առանձին մասնիկները, որոնք առանցքից զանազան հեռավորությունների վրա յեն գտնվում, կարող են դիտվել որպես տարբեր յերկարություններ ունեցող մաթեմատիկական ճոճանակներ: Այն մասնիկները, որոնք առանցքին ավելի մոտիկ են գտնվում, պետք է ունենան ճոճման ամենափոքր պարբերությունները, իսկ հեռու գտնվող մասնիկները՝ ամենամեծ պարբերությունը: Բայց, քանի որ ֆիզիկական ճոճանակը ճոճվում է որպես մի ամբողջություն, ապա նրա պարբերությունը գտնվում է նրա առանձին կետերի ամենափոքր և ամենամեծ պարբերությունների միջև: Ամեն մի ֆիզիկական ճոճանակի համար միշտ կարելի յե ընտրել մի այնպիսի մաթեմատիկական ճոճանակ, որը կունենա նրա պարբերությանը հավասար պարբերություն: Ֆիզիկական ճոճանակի պարբերության հավասար պարբերություն ունեցող մաթեմատիկական ճոճանակի յերկարությունը կոչվում է ֆիզիկական ճոճանակի վերածելի յերկարություն: Մաթեմատիկական ճոճանակի պարբերությանը վերաբերող բանաձևերը կիրառելի յեն նաև ֆիզիկական ճոճանակի համար, յեթե միայն բանաձևերի մեջ տեղադրվի ֆիզիկական ճոճանակի վերածելի յերկարությունը: Սովորաբար ճոճանակին տալիս են ձողի ձև, որի ծայրին հագցված է մասնիկ մարմին:



Նկ. 6. Ժամացույցի ընթացքի կարգավորումը ճոճանակով:

8. Ճոճանակի կիրառությունը ժամացույցի մեջ։ Ճոճանակը ժամացույցների մեջ գործ է ածվում, որպես նրանց ընթացքի կանոնավորիչ։ Ժամացույցի սլաքները շարժող առանցքները պտտման մեջ են դրվում կամ բարձրացված ծանրոցի և կամ սեղմած զսպանակի միջոցով։ Ծանրոցի անկումը կամ զսպանակի բացվելը տեղի չի ունենում անհավասարաչափ, մինչդեռ ժամացույցի սլաքները պետք է նշեն ժամանակի հավասար ուղղություններ։ Ժամացույցի ընթացքը կանոնավորելու համար ոգտվում են ճոճանակի ճոճման իզոխրոնությամբ[1]), որի շնորհիվ ճոճանակն իր ճոճումների ժամանակ ժամացույցի շարժիչ մեխանիզմն ընթացքի մեջ է դնում հավասար ժամանակամիջոցներով։ Ժամացույցի ընթացքն այդ ձևով կարգավորող հարմարանքը պատկերված է նկ. 5-ում։

9. Ճոճանակի ոգտագործումը ազատ անկման արագացումը չափելու համար։ Ճոճանակի պարզ ճոճման պարբերության բանաձևերից կարելի չի գտնել, որ

$$g=\frac{\pi^2 l}{t^2}$$

Գիտենալով ճոճանակի վերածված l երկարությունը և մի քանի հազար ճոճումներից հաշվելով նրա t պարբերությունը՝ կարելի չի երկրագնդի ցանկացած տիպի համար հաշվել ծանրության ուժի արագացումը։

Վարժություն 1։

1. Ինչին ճոճանակի ծանրաքաշ մասը զսպանակի ձևով են պատրաստում։

2. Գտնել վայրկյանային ճոճանակի (այսինքն 1 վայրկյանի հավասար պարզ ճոճման պարբերություն ունեցող ճոճանակի) երկարությունը բևեռում ($g=983, 24$), հասարակածում ($g=978, 05$), Փարիզում ($g=980, 94$), Մոսկվայում ($g=981, 56$)

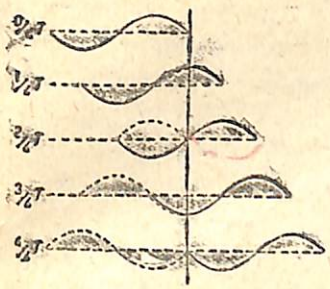
Մոսկվայի համար պատ. $l=99, 55$ սմ։

3. Ինչպես կշռատաի Մոսկվայի համար հարմարեցրած վայրկյանային ճոճանակ ունեցող ժամացույցը, տեղն այն տեղափոխենք բևեռ կամ հասարակած։

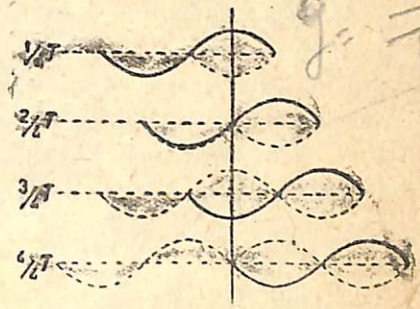
4. Վորոշել 76 մ և 300 մ երկարություն ունեցող (Եյֆելյան աշտա-

1) Ճոճանակը ժամացույցի նկատմամբ կիրառեց հոլանդացի ֆիզիկոս Հյույգենսը 1658 թ.։

առաջ ուղղված սլիք, ապա նրա տատանումը ճոճման մեջ կդնի նաև ավելի թեթև պարանը և կանդրադառնա նույն ձևով, ինչպես ընթացել և համընթաց սլիքը, այսինքն դեպի առաջ ուղղված ցցված քով (նկ. 13)։



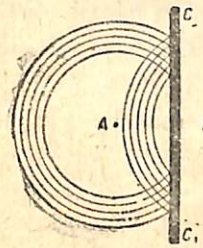
Նկ. 14. Առանց կես սլիքի կորստի անդրադարձած սլիքի գծագրումը։



Նկ. 15. Կես սլիքի կորստով անդրադարձած սլիքի գծագրումը։

Անդրադարձման առաջին դեպքը կոչվում է անդրադարձում կես սլիքի կորուստով, իսկ երկրորդը՝ առանց կես սլիքի կորուստի։

Առանց կես սլիքի կորստի անդրադարձած սլիքը գծելու համար հարկավոր է սլիքը շարունակել այն կետից այն կողմը, որտեղ նա անդրադառնում է և գծադիրը թեքել սլիքի ուղղությանն ուղղահայաց գծով (նկ. 14)։ Ցերկրորդ դեպքում հարկավոր է ընկնող սլիքը մտքով շարունակել սահմանագծից այն կողմը, գծել այդ սլիքին սիմետրիկ սլիքև միայն այն ժամանակ ծռել այս գծով (նկ. 15)։



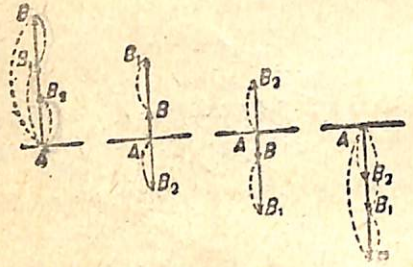
Նկ. 16. Ջրի մակերևույթով տարածվող սլիքների անդրադարձումը, A-ն սլիքների կենտրոնն է, CC_1 այն արգելքն է, որից տեղի չի ունենում անդրադարձումը, A_1-ը ընկնող անդրադարձող սլիքների կենտրոնն է (A-ի կեղծ պատկերը)։

Սլիքների անդրադարձումը կարելի չի ցույց տալ ջրի մակերևույթի վրա առաջացած սլիքների վրա։ Յեթե ջրի մակերևույթի վրա սլիք առաջացնենք և ճանապարհի վրան կետում մի հարթ ուղղածիգ արգելք տեղավորենք, ապա նրանից մակերևույթային սլիքները կանդրադառնան այնպես, ինչպես այդ պատկերված է 16-րդ նկարում։

Ալիքների բեկում տեղի յե ունենում այն ժամանակ, երբ ալիքը մի միջավայրից անցնում է մի այլ միջավայր, վորտեղ ալիքի տարածման արագությունն ուրիշ է։

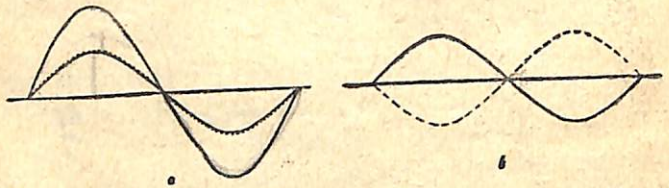
Ալիքի բեկումը կայանում է նրանում, վոր երբ ալիքը թեք կերպով հասնում է յերկու միջավայրերը բաժանող սահմանին (վորոնց մեջ ալիքը տարածվում է տարբեր արագություններով), անցնելով այս սահմանը՝ նա փոխում է իր տարածման ուղղությունը։

16. Ալիքների ինտերֆերենցը։ Յեթե մարմնի վրա կետին միաժամանակ հասնում են յերկու ալիքներ և նրան դնում են տատանման մեջ, ապա այդ կետի շեղումը, վորն առաջանում է ժամանակի յուրաքանչյուր մոմենտում յերկու ալիքներով, պետք է գումարվեն վեկտորների գումարման կանոնով։



Նկ. 17. Շեղումների հանրահաշվական գումարման 4 դեպք

Այդպիսի գումարման պարզագույն դեպքը կլինի այն դեպքը, յերբ յերկու ալիքներն էլ կետին հասնում են տատանվել մի ուղիղով։ Այս դեպքում շեղումները գումարվում են հանրահաշվորեն։ 17-րդ նկարում բերված է շեղումների հանրահաշվական գումարման չորս դեպք. AB_1-ը առաջին ալիքից և AB_2-ը՝ յերկրորդից. AB-ն յերկու շեղումների հանրահաշվական գումարն է։



Նկ. 18. Միևնույն հաճախականություն և հավասար ամպլիտուդա ունեցող տատանումների գումարումը։ Համապատասխան գրաֆիկը պատկերված է հատ գծով. а) յերկու տատանումների փուլերը միևնույնն են. б) փուլերը տարբեր են

Յեթե ալիքներն ունեն միևնույն պարբերություններն ու ամպլիտուդաները, ապա կիրառելով վերոհիշյալ յեղանակը՝ մենք կգտնենք, վոր միատեսակ փուլերի դեպքում բարդ տատանման շեղումը կրկնապատկվում է և արդյունքում կստացվի մի տատանում կրկնակի ամպլիտուդայով (նկ. 18 а), հակադիր փուլերի դեպքում շեղումները փոխադարձաբար վոչնչացվում են և տատանում բոլորովին տեղի չի ունենա (նկ. 18 б)։

Ալիքների գումարումը, վոր առաջանում է յերկու այնպիսի ալիքներից, վորոնք ունեն տատանման միևնույն ուղղությունն ու պարբերությունը, կոչվում է ալիքների ինտերֆերենց։ Միատեսակ ամպլիտուդաների և հակադիր փուլերի դեպքում կարող է տեղի ունենալ տատանման լիակատար վոչնչացում, տարբեր ամպլիտուդաների և տարբեր փուլերի դեպքում՝ մասնակի։



Նկ. 19. Ալիքների ինտերֆերենցը ջրի մակերևույթի վրա

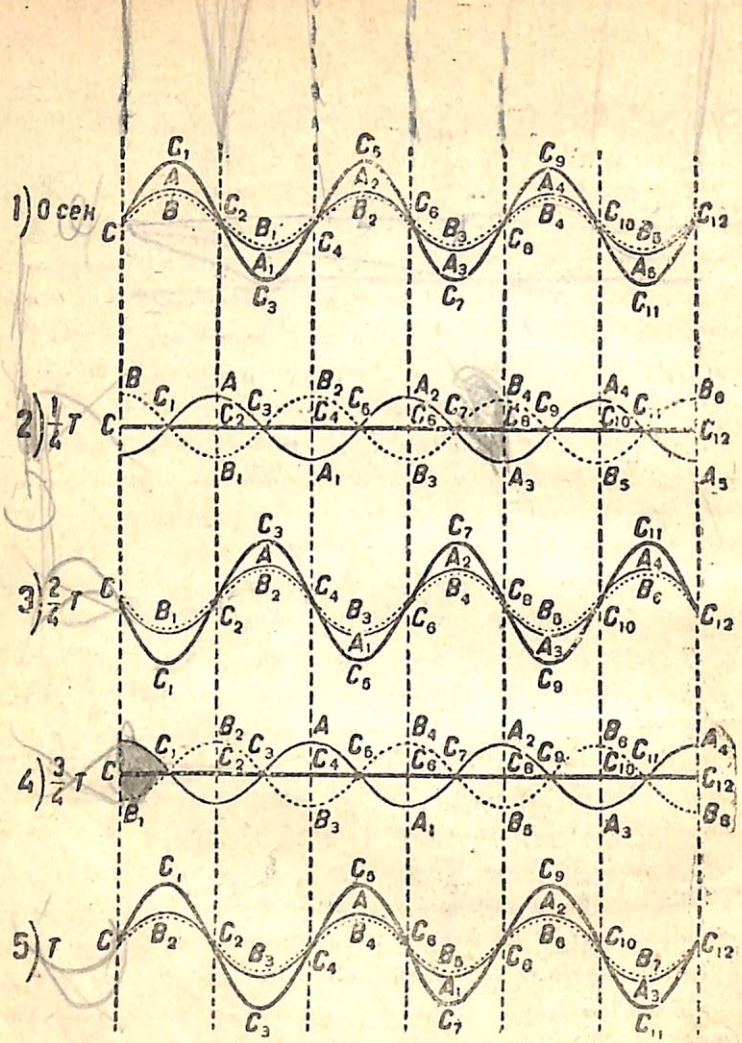
Ինտերֆերենց յերևույթը կարելի յե դիտել ջրի մակերևույթի վրա, յեթե նրա վրայով բաց թողնենք յերկու սիստեմի ալիքներ։ 19-րդ նկարում յերկու լողակների միջև յեղած բաց շերտերը ցույց են տալիս ինտերֆերված շերտերը, այսինքն այն կետերն են, վորտեղ իրար հանդիպել են յերկու ալիքներից յեկող տատանումները հակադիր փուլերով, վորի հետևանքով այս կետում առաջացել և տատանումները վոչնչացում։

17. Կանգուն ալիք։ Յեթե լարի յերկարությամբ ձեռքի



Նկ. 20. Կանգուն ալիքը առձոնի լարի վրա

շարժումով մի շարք ալիքներ ուղարկենք, ապա ալիքների նույնպիսի շարք կվերադառնա լարի մյուս ծայրից (նկ. 20)։ Այսպիսով լարի յերկարությամբ միաժամանակ կանցնեն յեր-



Նկ. 21. Կանգուն ալիքների առաջացումը ուղիղ և հակադարձ ալիքների գումարումով։

կու ալիքաձև շարժում, որոնք ունեն հավասար պարբերություն ու ամպլիտուդա, բայց հակադիր ուղղություն։

Լարի յուրաքանչյուր կետ անցած ճանապարհը յերկու ալիքների ազդեցության տակ կգումարվեն վեկտորների գումարման կանոնով և կստացվի մի վորոշ բարդ տատանողական շարժում։ Ուղիղ և հակադարձ ալիքի նման դեպք առաջանում է սահմանափակ մծուխյուն ունեցող ամեն մի մարմնի մեջ (հակադարձ ալիք չկա մեկուսի անվերջ մեծ մարմնի մեջ)։

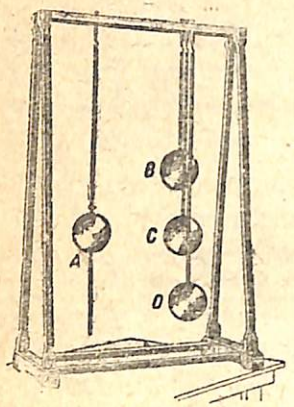
Հակադիր ուղղություններով գնացող յերկու (համընթաց և հակադարձ անդրադարձած) ալիքների գումարումը իրար հաջորդող մի քանի մոմենտների համար ցույց է տրված 21-րդ նկարում, վորի վրա հատ գծով ցույց է տրված բարդ ալիքը։

Համընթաց ալիքի շարժումը ձախից աջ ներկայացված է A տառի տեղափոխություններով տարբեր նշանների հետ, իսկ հանդիպական ալիքի շարժումը՝ B տառի նույնպիսի տեղափոխություններով աջից դեպի ձախ, բարդ ալիքի տատանումները՝ C կետի դիրքով։ Յեթե պատկերացնենք, վոր մի վորոշ մոմենտում (նկ. 21, առաջին դիրք) սինուսոիդները համընկնում են, ապա մարմնի բոլոր կետերը կունենան կրկնապատկված շեղումներ։ Նույն կերպ էլ կգումարվեն ամպլիտուդաները և կետ պարբերություններից հետո (3 և 5 դիրքերը)։ Մեկ քառորդ և յերկք քառորդ պարբերություններից հետո (2 և 4 դիրքեր) բոլոր կետերի շեղումները յերկու տատանումների համար ունեն միևնույն մեծությունը, հակադիր են ըստ ուղղության և փոխադարձաբար վոչնչացնում են, ամբողջ լարը այս մոմենտներում կգտնվի հավասարակշռության մեջ։

Յեթե համեմատենք բոլոր հինգ դիրքերը, ապա կարելի յե տեսնել, վոր C-ի բոլոր զույգ կետերը պարբերության ընթացքում մնում են հավասարակշռության դիրքում, նրանք կոչվում են հանգույցներ, C-ի բոլոր կենտ կետերը գծում են ամենամեծ ամպլիտուդաները և կոչվում են ուռուցքներ։ Այն տատանումը, վորի մեջ հավասարաչեռ կետերը հանդիսանում են հանգույցներ, իսկ հանգույցների միջտեղում գտնվող կետերը՝ ուռուցքներ, կոչվում է կանգուն ալիք։ Կանգուն ալիք կարող է առաջվել ինչպես լարնական, այնպես էլ յերկայնական տատանումներից։ Յերկու հարևան CC_2 հանգույցների, կամ վոր միևնույնն է, յերկու հարևան C_1C_3 ուռուցքների միջև յեղած հեռավորությունը կոչվում է կանգուն կիսալիք։ Յուրաքանչյուր մոմենտում յերկու հարևան կանգուն կիսալիքների կետերն ունենում են տատանումների ուղղակի հակադիր ուղղություններ։ Կանգուն կիսալիքի յերկարությունը հավասար է համընթաց ալիքի յերկարության կեսին (նկ. 20)։

18. Ներդնում։ 1. Ճոճանակների ներդնումը։ Յեթե մեկ հորիզոնական թելից կամ կանեփակից կախենք հավասար և տարբեր յերկարություն ունեցող մի քանի ճոճանակ-

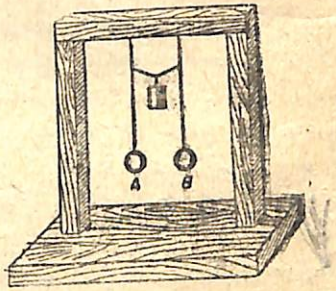
ներ (նկ. 22) և հավասար ճոճանակներից մեկը՝ A-ն ճոճման մեջ դնենք, ապա կարելի կլինի նկատել, որ նրան հավասար երկարություն ունեցող C ճոճանակը նույնպես կսկսի ճոճվել, այնինչ տարբեր երկարություն ունեցող մյուս B և D ճոճումները միայն հազիվ նկատելի ճոճումներ կկատարեն։



Նկ. 22։ Ճոճանակների ռեզոնանսը

Առաջին ճոճանակի ամպլիտուդան նվազում և մինիմումի է հասնում, մինչդեռ այդ ժամանակ մինույն երկարություն ունեցող երկրորդ ճոճանակի ամպլիտուդան հասնում է իր առավելագույն մեծությանը։ Այնուհետև սկսվում է հակադարձ փոխանակությունը։ Այդ երևույթը բացատրվում է հետևյալ կերպ։

Առաջին ճոճանակը մի որոշ պարբերությամբ ճոճվելով, ճոճում է թելը կամ կանգնակը։ Թելի ճոճումները հաղորդվում են կանգնած մյուս ճոճանակներին։ Եթե այդ երկրորդ ճոճանակի սեփական ճոճման պարբերությունը հավասար է առաջին ճոճանակի ճոճման պարբերությանը, ապա նրա ամպլիտուդան մեծանում է, իսկ եթե պարբերությունները տարբեր են, ապա ճոճումները մարում են, որովհետև առաջին ճոճանակից երկրորդ ճոճանակի հաղորդները բոլոր դեպքերում չեն համընկնում ճոճանակի ճոճման ուղղության հետ։



Նկ. 23. Կապված ճոճանակների ռեզոնանսը

Այսպիսով մեկ ճոճանակի էներգիայի պաշարը փոխանցվում է մյուսին և երկին հետ վերադառնում (անխուսափելի կորուստով)։ Փոխանցումն այնքան ավելի արագ է կատարվում, որքան ավելի մեծ է կապը ճոճանակների միջև։ Ցեթե կոնգ նակից կախված մինույն երկարություն ունեցող երկու ճոճանակները իրար հետ թելով կապենք (նկ. 23) և այդ թելից ծանրոցներ կախենք, ապա մեկ ճոճանակից մյուսին էներգիայի փոխանցման արագությունը կաճի ծանրոցի ավելացումով։

Ճոճման միանման պարբերություն ունեցող առաջին մարմնի ճոճումով մյուս մարմնի մեջ առաջացրած ճոճումը կոչվում է ռեզոնանս։

19. Ռեզոնանսի երևույթը տեխնիկայում։ Գործարանային շատ դաշտյաններում պարբերաբար ուժեր են գործում։ Այդ տեղի ունի շոգեմեքենաներում կամ դրոշմիչ դաշտյաններում, որոնք հարվածներ են տալիս հավասար ժամանակամիջոցներում, կամ թե անհավասարաչափ ընթացք ունեցող դաշտյաններում։ Այս պարբերաբար կրկնվող հարվածները փոխանցվում են մեքենայի մյուս մասերին, դաշտյանների հիմքերին, հենց իրեն՝ շենքին։ Ցեթե գրգռող ուժի ճոճումների հաճախականությունը մոտենում կամ ճշտիվ հավասարվում է այն հաճախականությանը, որով կարող են տեղի ունենալ դաշտյանի կամ շենքի ճոճումները, ապա հանդես է գալիս ռեզոնանսի երևույթը։ Ճոճումների ամպլիտուդան կարող է մեծանալ մինչև այն սահմանը, որ կարող է լիսեռը կոտրել, շարժիչի կամ դաշտյանի հիմքը խախտել և պատերը ճեղքել։

Տեխնիկան հատուկ միջոցների է դիմում՝ պայքարելու համար կառուցումների առաձգական ճոճումների դեմ, որոնք կարող են առաջանալ ռեզոնանսի հետևանքով։ Մեքենաների ճոճումները նվազեցնելու համար կիրառվում է թաղիքե փրուվածքը, որը կլանում է տատանումների էներգիան։ Շինարարական գործում երկու հեծանների միջև բետոն լցնելը ծառայում է նույն նպատակին։ Զինվորական մասերը կամուրջից անցնելիս համաքայլ չպիտք է գնան, հակառակ դեպքում պարբերական հարվածներից կարող է ստացվել այնպիսի ճոճում, որից կամուրջը կարող է փլվել։

Բազմաթիվ ուրիշ դեպքերում ռեզոնանսը դրական նշանակություն ունի և օգտագործվում է գյուղատնտեսության և տեխնիկայի մեջ (օրինակ՝ ռադիոտեխնիկայում)։

Հ Ա Ր Ց Ե Ր

1. Ինչն է կոչվում մաթեմատիկական ճոճանակ:

2. Ինչպիսի է արտահայտվում ճոճանակի արագացումը՝ կախված շեղման անկյունից:

3. Ճոճանակի ճանապարհի վրա կետում է լինում ամենամեծ արագությունը: Ինչի՞ չի հավասար արագացումն այդ կետում:

4. Ճոճանակի ճանապարհի վրա կետում է լինում ամենամեծ արագացումն և ինչպիսին է նրանում տեղած արագությունը:

5. Ինչն է կոչվում ներդաշնակ տատանում:

6. Ինչ բան է ճոճման ամպլիտուդան և պարբերությունը:

7. Ինչն են կոչվում մարվող և չմարվող ճոճումներ:

8. Ինչպիսի են կապված իրար հետ ճոճման պարբերությունն ու մեկ վայրկյանում կատարվող ճոճումների թիվը:

9. Ինչպիսի տեսք ունի ներդաշնակ ճոճման հավասարակշռության վերջից կետ ունեցած հեռավորության գրաֆիկը և ինչպես է այդ կոչվում:

10. Վարձանք են մաթեմատիկական ճոճանակի ճոճման օրենքները:

11. Ինչն է կոչվում ֆիզիկական ճոճանակ:

12. Ինչն է կոչվում ֆիզիկական ճոճանակի վերածելի երկարություն:

13. Ճոճանակի լինչ հատկության վրա է հիմնված ճոճանակի դործածումը ժամացույցի մեջ և վերն է նրա նշանակությունը ժամացույցի մեջ:

14. Ինչպես կարող է օգտագործվել ճոճանակը ծանրության ուժի արագացումը որոշելու համար:

15. Բացի ծանրության ուժից, ել լինչ ուժի ազդեցության տակ կարող են առաջանալ ներդաշնակ ճոճումներ:

16. Ինչն է կոչվում ալիք:

17. Ինչն է կոչվում ընդլայնական տատանում: Ինչպիսին է կետի շարժման գրաֆիկը պարբերության ընթացքում: Ինչպես են տեղավորվում տատանվող մարմնի տարբեր կետերը տրոշ մոմենտում:

18. Ինչն է կոչվում երկայնական տատանում: Ինչպիսին է կետի շարժման գրաֆիկը մեկ պարբերության ընթացքում:

19. Ինչպիսի մարմիններում են հնարավոր ընդլայնական և երկայնական տատանումները:

20. Ինչն է կոչվում ալիքի երկարություն:

21. Ինչպիսի առնչություն գոյություն ունի ալիքի երկարության, արագության պարբերության և 1 վայրկյանում կատարված տատանումների թվի միջև:

22. Ալիքների անդրադարձման դեպքում ինչպիսի երկու հնարավոր դեպքեր կարող են լինել:

23. Ինչպես գծագրել ասանց կես ալիք կորուստի անդրադարձող ալիքի շեղման գրաֆիկը և ինչպե՞ս՝ կես ալիք կորուստի դեպքում:

24. Ինչն է կոչվում ալիքների ինտերֆերենց:

25. Ինչ կատարվի երկու տատանումների գումարման դեպքում, եթե

նրանց պարբերությունները միևնույնն են և գտնվում են միևնույն փուլում,

26. Ինչ կատարվի երկու տատանումների գումարման դեպքում, եթե նրանք ունեն միևնույն պարբերությունը, գտնվում են հակադիր փուլերում նաև այն դեպքում, երբ ամպլիտուդաները հավասար են և չեր՞ երբ՝ ամպլիտուդաները անհավասար են:

27. Ինչն է կոչվում կանգուն ալիք և ինչից է առաջանում նա:

28. Ինչն են կոչվում կանգուն ալիքի ցցվածք և հանգույց:

29. Ինչի չի հավասար երկու հարևան հանգույցների և ցցվածքների միջև եղած հեռավորությունը:

30. Տատանվող կետերը ինչ փուլերում են գտնվում հանգույցի երկու տարբեր կողմերում:

31. Ինչպես է կայանում ճոճանակների ռեզոնանսը:

32. Ինչպես է կայանում տատգական մարմինների ռեզոնանսը:

33. Վերն է մարմնի ռեզոնանսի հիմնական պայմանը:

20. Ձայն: Ձայնի աղբյուրը հանդիսանում է տատանվող մարմինը: Յեթե վորևե հնչող մարմնին, օրինակ՝ կամերտոնին, մոտեցնենք թելից կախված մի մետաղե գնդիկ (նկ. 24), ապա գնդիկը կսկսի հետ մղվել կամերտոնից, դրանով իսկ ցույց տալով հնչող մարմնի տատանողական վիճակը:



Նկ. 24. Հնչող կամերտոնի տատանումները

Հնչող մարմնի տատանումները փոխանցվում են ոդին: Յերբ հնչող մարմնի մասնիկները շարժվում են շրջապատող ոդի կողմը, նրանք սեղմում են ոդի կից շերտը, մասնիկների հակադարձ շարժման ժամանակ սեղմման տեղում առաջանում է ոդի նոսրացում: Այդ խտացումն ու նոսրացումն ալիքաձև տարածվում է շրջապատող ոդի մեջ՝ առաջացնելով ձայնական ալիք:

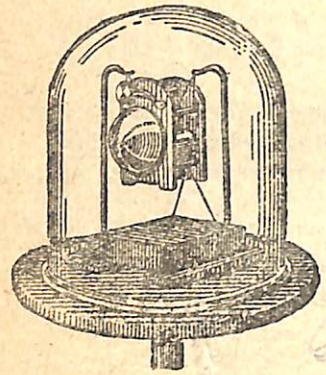
Ձայնը տարածվում է միայն նյութի միջով: Անոդ տարածության մեջ ձայնը չի տարածվում: Յեթե ոդահան պոմպի զանգի մեջ երկարական զանգակ կախենք (նկ. 25), ապա վորքան ոդը դուրս քաշվի, այնքան ձայնի բարձրությունը կիջուլանա:

Ձայնի տարածումը կետային աղբյուրներից ամեն ին ու-

ներում սֆերիկ (գնդային) ալիքների ձևով (նկ. 26)։ Ոդային ալիքը ականջին հասնելով՝ տատանման մեջ է դնում թմբկաթաղանթը, նրա միջոցով զրգռում է լսողական ներվը և դրա-նով առաջացնում ձայնի ըմբռնում՝ լսում։

Տարբեր մարմիններում ձայնի տարածման արագությունը տարբեր է։

Այդ արագությունը չափելու համար հարկավոր է ճիշտ ժամացույցի (խրոնոմետրի) ոգնությամբ նշանակել վորևե կարճ ձայնի առաջացման ժամանակը, իսկ մյուս ժամացույցով՝ վորոշ հեռավորության վրա ձայնը



Նկ. 25. Նկարված զանգակը ոդահան պոմպի զանգի մեջ



Նկ. 26. Հնչող մարմնից առաջացած գնդային ալիքների տարածվելը

լսելու ժամանակը և հեռավորությունը բաժանել չափված ժամանակամիջոցի վրա։ Չափումները տալիս են հետևյալ արագությունները $\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$-ով՝ ոդում՝ 0°-ի դեպքում. 332, 15°-ի դեպքում 340, ջրում՝ 1450, յեղևնու վայրում՝ 4000-ից մինչև 5000, պողպատում՝ 5000։ Մարդու ականջը կարող է վորպես ձայն ըմբռնել այն տատանումները, վորոնք կազմում են մեկ վայրկյանի համար 16-ից մինչև 2000, նայած ձայնի ուժին։

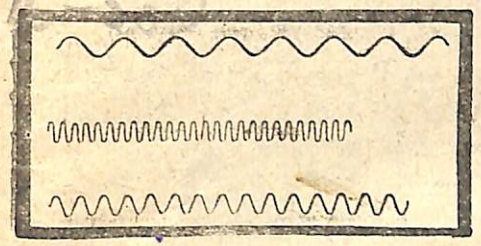
Տատանումների թիվը մեկ վայրկյանում չափվում է հերցերով։ Հերց կոչվում է մեկ վայրկյանում կատարվող մեկ տատանումը։

21. Տոն։ Տոնի ուժեղությունը ու բարձրությունը։ Սիրենա։ Ձայները բաժանվում են յերաժշտական ձայների և աղմուկի։ Աղմուկը իրենից ներկայացնում է բազմաթիվ կարճատև, զանազան ձայների հանրագումար։ Այդպիսին է աղմուկը անտառում

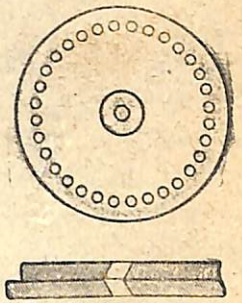
քամու ժամանակ. աղմուկ է առաջանում այն ժամանակ, յերբ սալահատակի վրա նետվում են գերաններ կամ քարեր. աղմուկ է առաջանում, յերբ խճուղու վրայով անցնում է սայլը կամ արտվայի վագոնը մետրոյում յերկաթուղու վրայով շարժվելիս։

Յերաժշտական ձայն ունեն կամերտոնը, ձգված լարը, յերգչի ձայնը, յերաժշտական գործիքները։ Ձայնի մեջ լսողությունը զանազանում է յերեք հատկություններ՝ ուժգնություն, բարձրություն և տեմբր։

Ձայնի ուժգնությունը նրա առանձին հատկություն է, վոր վորոշվում է բացառապես լսողական զգայնությամբ։ Ձայնի ուժգնությունը օբյեկտիվ ֆիզիկական հատկություն չի, այլ սուբյեկտիվ հոգեբանական-ֆիզիոլոգիական զգայություն։ Նա այլ հավասար պայմաններում



Նկ. 27.



Նկ. 28. Կանյար-Լատուրի սիրենայի կափարիչը

կախում ունի տատանման ամպլիտուդայից։

Վորպիսիսպես դրանում կարելի յե համոզվել հնչող կամերտոնի կամ ձգված լարի վրա. ժամանակի ընթացքում ամպլիտուդները նվազում են (կախված գնդիկը չեղվում է ավելի փոքր անկյունով), և ձայնը թուլանում է։

Տատանումների յենթգիան կախված է ամպլիտուդայից։ Տատանման փոքրացման հետ փոքրանում է նաև նրա յենթգիան։ Միջին հաճախականության համար 1000-ից մինչև 3000 հերց-ի սահմաններում ականջը դեռ կարող է ձայները տարբերել յենթգիայի նշանակության դեպքում, վորը բաժին է ընկնում մեկ

վայրկյանում 1 սմ² մակերեսին և հավասար է 10^{-8} $\frac{\text{ուժ}}{\text{սմ}^2}$ վայրկ։ (լուծության սահման)։

Ձայնի բարձրությունը կախված է մեկ վայրկյանում տեղի ունեցող տատանումների թվից։ Կամերտոնի տատանումների թիվը հեշտ է որոշել, եթե կամերտոնի վրա մի թեթև ուռը ծայր հպցընենք և կամերտոնը հնչեցնենք։ Նրա ծայրի վրայով հավասարաչափ տանենք մրոտած մի ապակի։ Միևնույն ժամանակում միևնույն հեռավորության վրա (ապակու շարժման միևնույն արագության դեպքում) տարբեր կամերտոնները կգծեն տարբեր սինուսոիդներ (նկ. 27)։ Այդ սինուսոիդներով ու ապակու շարժման ժամանակով կարելի է հաշվել մեկ վայրկյանում տեղի տատանումների թիվը կամ տատանման հաճախականությունը։

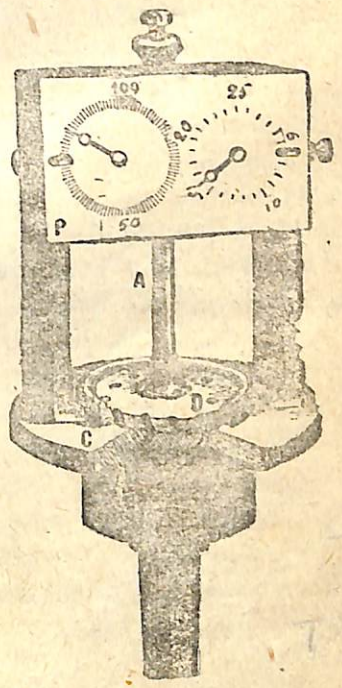
Փորձը ցույց է տալիս, որ լսողությունն ավելի մեծ բարձրության է վերագրում այն տոներին, որոնց տատանումների թիվը մեկ վայրկյանում ավելի մեծ է։

Որևէ ձայնի տատանումների թիվը որոշելու համար կիրառվում է սիրենա կոչված գործիքը։ Սրանից մի պլանաձև սուր է, որի վերին կափարիչի վրա բացված են իրարից հավասար հեռավորություններով գտնվող մի քանի անցքեր (նկ. 28)։ Անցքերի առանցքները թեքված են կափարիչի հարթությունը։ Վերևից կափարիչին անմիջապես հպվում է մյուս շարժական շրջանը, նույնպիսի թվով անցքերով, որոնք թեքված են դեպի շրջանի հարթությունը նույնպիսի անկյան տակ, միայն հակադիր կողմի վրա։ Սիրենայի մեջ փչելի ուղղությամբ ուղղված է մղվում։ Ուղի շիթերը դուրս գալով կափարիչի անցքերից և անկյան տակ բախվելով շարժական շրջանի նույնքերի պատերին՝ տալիս են ճնշման դուրս գալիս, որը շրջանը պատճառում է առանցքի շուրջը։ Ցերեկ շարժական շրջանի անցքերը համընկնում են անշարժ շրջանի անցքերի սրերնայի վերևում տեղի է ունենում ուղի խտացում, իսկ շարժականի անցքերի արանքները ծածկում են անշարժ կափարիչի արանքները, տեղի է ունենում ուղի նոսրացում։

Ուղի այս խտացումներն ու նոսրացումները հանդիսանում են ձայնի ազբյուրները։ Տատանումների թիվը մեկ վայրկյանում որոշվում է շրջանի վրա եղած անցքերի և մեկ վայրկյանում կատարված պտույտների թվի արտադրյալով։ Որևէ ձայնի մեկ վայրկյանի ալիքների թիվը չափելու համար սիրենային փուքսերով հարվածում են հնչել, ուժեղացնելով ուղի մղումը նրա մեջ այնքան ժամանակ, մինչև որ երկու ձայները՝ փորձվող ձայնը և սիրենայի ձայնը մեր ականջի համար կմիաձուլվեն իրար (այսինքն տեղի կունենա ձայների ունիսոն)։ Այն ժամանակ չափում են սիրենայի պտույտների թիվը որոշ ժամանակամիջոցի ընթացքում, որի համար սիրենան ունի հաշվիչ ապարատ (նկ. 29) և ապա՝ որոշվում է տատանումների թիվը մեկ վայրկյանում։

Վորպեսզի հաճախականք ձայնի այն որակի ֆիզիկական հատկության հիմունքը, որ կոչվում է տեմբր, հարիավոր և ծանոթանալ ալիքաձև շարժման մյուս հատկություններին։

22. Ձայնական ալիքների անդրադարձումն ու բեկումը։ Ձայնական ալիքը առաձգական տատանման ամեն մի ալիքի նման անդրադառնում է երկու տարասեռ մարմինների սահմաններից։ Եթե գնդային ձայնական ալիքն ընկնում է շինության պատի, դետափի, անտառի վրա, ապա այդ սահմաններից անդրադառնում է նոր գնդային ալիք, որն իր ուղղությամբ ընկնող ալիքի ուղղությունից հակադիր է ուղղված։ Այդ նոր ալիքը կլինի անդրադարձած ալիք։ Ցերեկվույթը նման կլինի 16-րդ նկարում պատկերածին։



Նկ. 29. Կանյար-Լատուրի սիրենան

Եթե ընկնող ալիքի ճակատը հարթ է, ապա անդրադարձած ալիքի մակերևույթը նույնպես հարթ կլինի։ Ընկնող և անդրադարձող ալիքների ճակատները հավասար անկյուններ են կազմում պատի հետ։

նների նորմալները[1]) սահմանին տարված ուղղահայացի հետ կազմում են հավասար անկյուններ։ Այսպիսով ձայնի անդրադարձման համար ևս տեղի ունի միևնույն օրենքը, ինչ և լույսի անդրադարձման համար՝ անդրադարձման անկյունը հավասար է անկման անկյանը։

Որևէ սահմանից անդրադարձած ձայնը կարող է ակըզբնական ձայնից անջատ լսվել, եթե նա հասնում է ականջին հենց նոր ընդունված ձայնի ղգայությունն անհետանալուց հետո, այսինքն, վոչ ուշ քան 0,1 վայրկյան հետո։

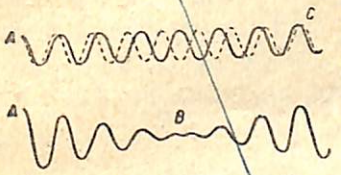
Ձայնի $340\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$ արագության դեպքում անդրադարձնող մակերևույթը պետք է գտնվի խոսող մարդուց 17 մետրից վոչ մոտ հեռավորության վրա (մինչև այդ մակերևույթը հասնելու և վերադառնալու համար ձայնի ճանապարհը՝ $L=vt=340.0,1=34$), վորպեսզի արտասանած ձայնը և նրա անդրադարձումը լսելի լինի իրարից անջատ։ Առանձին ընդունված անդրադարձած ձայնը կոչվում է արձագանք։ Փակ շենքում անդրադարձած ձայնը լավում է արտասանված ձայնի հետ յերկարացնելով և ուժեղացնելով նրան (ռևերբերացիա)։

Ձայնական ալիքները վորոշ խտություն ունեցող նյութից այլ խտություն ունեցող ուրիշ նյութի մեջ անցնելու ժամանակ փոխում են իրենց շարժման ուղղությունը, այսինքն բեկվում են։ Հարթ ձայնական ալիքը, յերբ ոդի մեջ անցնում և վերևից ներքև կամ ընդհակառակը, տարածվում է վոչ թե ուղղագիծ, այլ բեկյալ կամ նույնիսկ կոր գծով, քանի վոր անցնում է ոդի տարբեր խտություն ունեցող շերտերով։

23. Ձայնական ալիքների ինտերֆերենցը։ Յերեք հնչող կամերտոնը պատեցնենք իր վոտի առանցքի շուրջը, ապա կլսենք ձայնի հաջորդական թուլացումն ու ուժեղացումը։ Ականեև և; վոր կամերտոնի յերկու ճյուղերից յելող ձայնական ալիքները մերթ ուժեղացնում են իրար, մերթ թուլացնում։ Ձայնը ձայնի միջոցով այդպիսի ուժեղացումն ու թուլացումը կոչվում է ձայնի ինտերֆերենց։ Ձայնի ինտերֆերենցի հիմքը հանդիսանում է ալիքների ինտերֆերենցը (տես § 16)։

[1]) Նորմալը մակերևույթի վրայի կետի նկատմամբ յեղած ուղղահայացն է։

24. Ձարկումներ։ Դումարման մի առանձին դեպք է ներկայանում այն ալիքների դումարումը, վորոնց պարբերությունները իրարից տարբերվում են շատ փոքր մեծությամբ։ Վերցնենք հավասար թվով տատանումներ ունեցող յերկու կամերտոններ և նրանց հնչեցնենք։ Մենք կլսենք մեկ տոն. կամերտոնները հնչում են ունիսոն։ Այժմ կամերտոններից մեկին հագցնենք ծռած մետաղե վոչ մեծ թիթեղ։ Դրանով մենք կմեծացնենք կամերտոնի մասսան և վոչ շատ մեծ չափով կփոխենք նրա հիմնական տոնի բարձրությունը։ Յեթե այժմ կրկին միաժամանակ հնչեցնենք յերկու կամերտոնները, ապա կարելի կլինի լսել ձայնի հաջորդական ուժեղացումներն ու թուլացումները։ Համապատասխան պարբերություն ունեցող յերկու տարբեր տոնի ժամանակ հնչելու դեպքում առաջացող ձայնի ուժեղացումներն ու թուլացումները կոչվում են դարկումներ։ Ձարկումները ծառայություն են դրում լսողության վրա, յերբ նրանց թիվը հավասար է 30-ից մինչև 130-ի մեկ վայրկյանում։



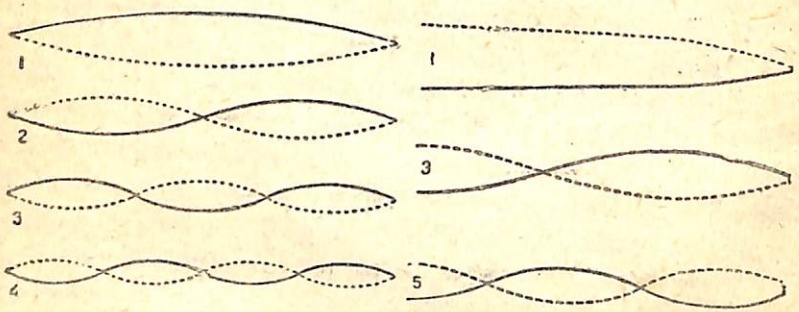
Նկ. 30. Ձարկումների առաջանալը

Ձարկումների ֆիզիկական պատճառը հեշտ է հասկանալ դիտելով 30-րդ նկարը։ Նրա վրա բարակ անընդհատ գծով պատկերած է $\nu=512$ հերց տատանումների թիվ ունեցող մի ալիք, իսկ կետաշար գծով պատկերած է $\nu_1=576$ հերց տատանումներ ունեցող ալիք։ Ներքևի անընդհատ հատ գիծը պատկերում է բարդ ալիք։ Նկարի ոանմաններում արդեն նկատելի յե բարդ շարժման մեծ ու փոքր ամպլիտուդները, վորոնք առաջացնում են ձայնի ուժեղացում և թուլացում։ Կարելի յե հաշվել, վոր տվյալ որինակում ձարկումների թիվը (ձարկումը=ուժեղացում+թուլացում) մեկ վայրկյանում հավասար է $\nu_1-\nu=64$։

25. Մարմնի սեփական տոնը։ Յեթե մարմնի մի ծայրում տատանումներ են առաջացվում, ապա ալիքները մարմնի միջով կանցնեն, կանդրադառնան նրա յերկրորդ ծայրից, վերադառնում են վորպես հակադարձ ալիքներ, նորից անդրադառնում առաջին ծայրից և այլն։ Ուղիղ և հակադարձ ալիքների դումա-

բոլորից կարող են առաջանալ կանգուն ալիքներ։ Ձեռքի սաստկանումների թիվն ընկնում է 16-ից 20.000 հերցի սահմաններում, ապա նրանք կարող են ձայնի աղբյուրներ դառնալ։ Քանի վոր հակադարձ ալիքը հասնելով մինչև մարմնի առաջին ծայրը, կանդրադառնա նրանից և կգնա նախկին ուղղությամբ, ապա մարմնի մեջ արտաքին ուժի ազդեցությունը դադարելուց հետո էլ դեռ յերկար ժամանակ կարող են պահպանվել կանգուն ալիքներ, վորոնք առաջանում են սկզբում ակած տատանումներից յուրաքանչյուր ծայրում անդրադարձված ալիքների դուրս մղումով։

Ձանազան մարմիններում հնարավոր է կանգուն ալիքներ առաջացնելու յերկու դեպք, առաջին դեպք, յերբ մարմնի յերկու ծայրերն էլ անշարժ են կամ ազատ, այն ժամանակ



Նկ. 31. Հնչող լարի հիմնական տոնը և վերին ներդաշնակ տոները։

Նկ. 32. Մեկ ծայրից սեղմված ձողի տատանումները (հիմնական և վերին ներդաշնակ տոներ)։

նրանց վրա միաժամանակ առաջանում են կամ յերկու հանդույց կամ յերկու ուռուցք, այսինքն մարմնի յերկարության վրա տեղավորվում են ամբողջ թվով կիսալիքներ (քառորդ ալիքներ զույգ թվով), յերկրորդ դեպք, յերբ մարմնի մի ծայրն անշարժ է, իսկ մյուսն ազատ, այն ժամանակ առաջինի վրա գոյանում է հանգույց, յերկրորդի վրա՝ ուռուցք և մարմնի յերկարությամբ կարող են տեղավորվել կենտ թվով քառորդ ալիքներ։

Յերբ տատանում առաջ բերող արտաքին պատճառն այն

պահին է, վոր ավյալ տատանվող մարմնի յերկարության վրա կարող են տեղավորել զույգ կամ կենտ թվով քառորդ ալիքներ, ապա դրգռված կանգուն ալիքները յերկար ժամանակ պահպանվում են մարմնի մեջ նաև արտաքին պատճառը վերանալուց հետո, միայն առաձգանաբար մարելով անխուսափելի դիմադրությունների պատճառով։ Մնացած բոլոր տատանումները, վորոնք չեն համապատասխանում վերը բերված պայմաններին, արագորեն մարում են՝ չեզոքանալով անդրադարձած ալիքներով։

Մարմնի սեփական տոներ կոչվում են այնպիսի տոները, վորոնց ժամանակ մարմնի վրա տեղավորվում են ամբողջ թվով համընթաց քառորդ ալիքներ։

26. Սարմնի հիմնական տոնը։ Մարմնի հիմնական տոն է կոչվում մեկ վայրկյանում ամենափոքր թվով տատանումներ ունեցող սեփական տոնը։ Հիմնական տոնի ժամանակ մարմնի վրա գոյանում են ամենափոքր թվով հանգույցներ։ Յերբ տատանվում են ծայրերից սեղմված լարերը, հանգույցներն առաջանում են լարի ծայրերում, իսկ ուռուցքները՝ մեջտեղում (նկ. 31)։

Լարի 1 յերկարությունը պարունակում է կանգնած ալիքի հետևաբար հիմնական տոնի ալիքի յերկարությունը՝ $\frac{\lambda}{2}=l$ կամ $\lambda=2l$։



Նկ. 33. Մեջտեղից սեղմված ձողի հիմնական տոնը

Մեկ ծայրից սեղմված ձողի տատանման ժամանակ սեղմված ծայրին գոյանում է հանգույց (նկ. 32), իսկ մյուս ծայրին՝ ուռուցք։

Մեջտեղից սեղմված ձողի տատանման ժամանակ (նկ. 33) մեջտեղում գոյանում է հանգույց, իսկ ծայրերում՝ ուռուցքներ, ձողի յերկարությունը նորից համապատասխանում է կանգուն կիսալիքին։

Նույնպիսի առնչություն գոյություն ունի ողի սյան յերկարության և հիմնական տոնի ալիքի յերկարության միջև հնչող փողային խողովակների կամ արկղների համար, վորոնք մի կողմից բաց են, իսկ մյուս կողմից՝ փակ։

27. Գերին ներդաշնակ տոներ։ Փորձերը ցույց են տալիս,

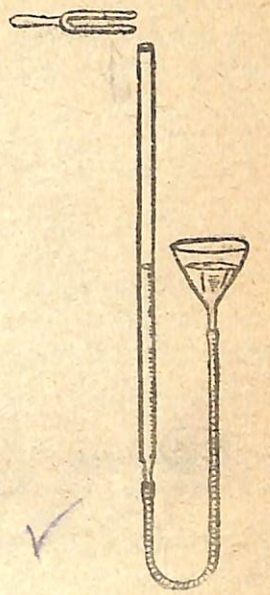
վոր տատանվող մարմնի մեջ հիմնական տոնի հետ միաժամանակ կարող են առաջ գալ այնպիսի տատանումներ, վորոնց ալիքների երկարությունները 2, 3, 4 և այլն ամբողջ թվով անգամ փոքր են հիմնական տոնի ալիքի երկարությունից, կամ վորոնց տատանումների թիվը համապատասխան անգամ մեծ է հիմնական տոնի տատանումներից։ Այն տոները, վորոնց տատանումների թվերը կազմում են հիմնական տոնի տատանումների թվի բազմապատիկները, կոչվում են վերին ներդաշնակ կամ օբերտոններ։ Այսպես, որինակ, լարի վրա հիմնական տոնի հետ միաժամանակ հնչում են 2, 3, 4 և այլն անգամ մեծ թվով տատանումներ ունեցող, վերին ներդաշնակ տոներ (նկ. 31)։

Մեկ ծայրից սեղմված ձողի համար (նկ. 32) վերին ներդաշնակ տոները ունեն թվով 3, 5 և այլն անգամ ավելի տատանումներ, քան հիմնական տոնը։

28. Տեմբր։ Ինչպես վերը բերված յերկու որինակներում, այնպես էլ մարմինների ձայն արձակելու մյուս դեպքերում վերին ներդաշնակ տոների թիվը, բարձրությունը և ուժեղությունը կարող են տարբեր լինել։ Միևնույն հիմնական տոնի ժամանակ տարբեր գործիքների կամ ձայների մեջ կարող են լսվել տարբեր օբերտոններ, ուստի լսողության վրա այդպիսի տոները տարբեր տպավորություն են գործում։ Այդ տարբերությունն արտահայտվում է նրանով, վոր հիմնական տոնին վերագրում են տարբեր յերանգ կամ տարբեր տեմբր։ Այսպիսով, ձայնի յերկորդ վորակը՝ տեմբրը կախված է հիմնական տոնին ուղեկցող որինակների թվից, բարձրությունից և ուժեղությունից։ Ուստի դո տոնը, ինչպես և ամեն մի ուրիշ տոն, վոր տալիս է մարդու ձայնը, ջութակը կամ դաշնամուրը, մեր լսողության վրա տարբեր տպավորություն է գործում։

29. Ձայնական ռեզոնանս։ Ցնծե դաշնամուրի բաց տախտակի առջև վերցնենք վորևե տոն, ապա մեր արձակած ձայնը դադարելուց հետո կարելի չե լսել դաշնամուրի լարի հնչյունը։ Այդ վերցրած տոնի տատանման պարբերությունը հավասար պարբերություն ունեցող լարերի ձայնարկումն է։ Ցնծե սեղանի վրա դնենք մի քանի կամերտոններ ռեզոնատորային արկղնեերով, վորոնցից յերկուսը տատանման միատեսակ պարբերություններ ունեն և նրանցից մեկը տատնդման մեջ դնենք ու այնուհետև խլացնենք, ապա կարելի կլինի դեռ լսել յերկրորդ միատեսակ կամերտոնի հնչելը։

Կարելի չե հարկադրել, վոր վորևե կամերտոնի ձայնին ձայնակցի բարձր գլանի մեջ պարփակված ողի սյունը (նկ. 34)։ Փոփոխելով ջրի մակարդակը գլանի մեջ՝ կարելի չե հասնել նրան, վոր մնացած ողի սյան տատանման սեփական պարբերությունը կամերտոնի տատանման պարբերությանը հավասար դառնա։ Ողի այդպիսի սյունն ուժեղ ռեզոնանս և տալիս կամերտոնի տատանմանը։ Կարելի չե ողի սյան այնպիսի մեծություն ընտրել, վոր առաջվի ռեզոնանս կամերտոնի օբերտոնների համար։ Ջրի մակարդակի հետագա փոփոխությունը կփոփոխի ողի սյան տատանման սեփական պարբերությունը և կդադարեցնի ռեզոնանսը։ Վորևե ձայնին ձայնակցող գործիքը կոչվում է ռեզոնատոր։



Նկ. 34. Գործիք ողի սյան մեջ ռեզոնանս առաջացնելու համար։

Հելմհոլցի ռեզոնատորը (նկ. 35) իրենից ներկայացնում է միատեղ մի դատարկ մարմին (գունդ, կոն) յերկու անցքով, վորոնցից մեկը դարձվում է ձայնի ալիքի կողմը, իսկ մյուսը դրվում է ականջին։ Ռեզոնատորն արձագանքում է վորոշ բարձրության տոնին, վորը կախված է նրա մեծությունից։

30. Լաբորատոր աշխատանք. 2. Ձայնի արագության չափումը տարբեր գյուտերի վրա։ Գործիքներ. 1) գունդի խողովակ (նկ. 36)՝ 2) մամլակ, 3) ձողեր տարբեր նյութերից, 4) ըմպելարանիի շրջան, 5) մասշտաբ, 6) խցանաթեք, 7) խոնավ մահուդի կտոր։



Նկ. 35. Հելմհոլցի ռեզոնատորը։

Աշխատանքի ընթացքը. 1. Ձողը մեջտեղից սեղմենք մամլակի մեջ, նրա մի ծայրի վրա հագցրենք ռետինաթիթեի (կամ խցանի) շրջան և այդ շրջանի վրա դրենք ապակե խողովակ, նախապես նրա մեջ հավասարաչափ շերտով շաղ տալով խցանաթեքի

2. Մոնոմ մանուշն անցկացնելով ձողի ապատ ծայրի չերկայնութ յամբ, առաջ բերնք նրա մեջ չերկայնական տատանումներ. այդ տատանումներն ալիք կառաջացնեն ապակե խողովակում գտնվող ոդի սյան մեջ։ Ոդի մեջ գոյացող կանգուն ալիքները դաշարի վիճակում են թողնում խցանաթեփը հանգուցյներում և շարժման մեջ են դնում ուռուցքներում։ Հետո առաջ շարժեցնք խողովակը այնքան ժամանակ, մինչև վոր խցանաթեփի տեղավորումը կտա հանգուցյնների և ուռուցքների հստակ պատկեր ոդի մեջ։



Նկ. 36. Կունդտի խողովակը։

3. Հաշվելով հանգուցյնների միջև ուռուցքների միջև չեղած n_0 հեռավորութ յունների թիվը, մասշտաբով չափեցնք l հեռավորութ յունը հաշված ծայրային կետերի միջև և գտնք կանգուն կիսալիքի չերկարութ յունն ոդում $l_0 = \frac{l}{n_0}$։

Արտահայտեցնք l_0-ով ալիքի չերկարութ յունը λ_0 ոդում, իսկ λ_0-ով և ոդում ձայնի v_0 արագութ յամբ արտահայտեցնք տատանումների թիվը՝ ν։

4. Արտահայտեցնք ձողի մեջ առաջացած ալիքի չերկարութ յուն λ-ն ձողի l չերկարութ յամբ (§ 26) և λ-ի ու տատանումների ν թվով նաև ալիքի արագութ յունը v ձողի մեջ։

5. Գտնի վոր տատանումների թիվը՝ ν ձողի մեջ և ոդում միատեսակ են, ապա v-ն հաշվեցնք v_0, l_0 և L-ի միջոցով։

6. Կրկնեցնք այդպիսի մի քանի չափումներ միևնույն նյութի համար և վերցրնք միջինը՝ v-ի համար։

7. Այդպիսի չափումներ կատարեցնք ուրիշ նյութերից պատրաստված ձողերի համար։

8. Չափումները դրի տանք աղյուսակում։

№ ըստ կարգի	Նյութերը	Կիսալիքների n_0 թիվը ոդում	Կիսալիքների l_0 չերկարութ յունը	Ալիքի չերկարութ յունն ոդում	Ալիքի չերկարութ յունը նյութի մեջ	Ցերկարութ յունների հարաբերութ յունը
1	Ապակի					
2	»					
3	»					
4	Պղինձ					
5	»					
6	»					Միջինը

31. Լարորատոր աշխատանք։ Ձայնական ալիքի չերկարութ յան վորոշումը ռեզոնանսի միջոցով։

Գործիքները 1) հաղորդակից անոթներ (պատկերված և նկ. 34-ում), 2) կամերտոն, 3) մասշտաբ։

Աշխատանքի ընթացքը. 1) Վեր բարձրացրնք ձաղարը այնքան, վորքան հնարավոր և, հնչող կամերտոնը մոտեցրնք խողովակի անցքին և ցած իջեցրնք ձաղարը այնքան, մինչև վոր խողովակում չեղած ոդի շերտը կսկսի կամերտոնին ձայնակցել։

2) Ձայնարկող ոդի շերտի բարձրութ յունը չափեցնք մասշտաբի միջոցով։

3) Կռահեցնք, թե ալիքի վեր մասը կտեղավորվի ձայնակցող ոդի սյան մեջ և հաշվեցնք ալիքի չերկարութ յունը։

4) Շարունակեցնք ցած իջեցնել ձաղարը այնքան, մինչև չերկրորդ ռեզոնանսի հանդիպելը։ Ալիքի վեր մասը կտեղավորվի ձայնակցող ոդի սյան մեջ։

5) Մասշտաբով չափեցնք ոդի սյան բարձրութ յունը և կատարեցնք հաշվումը։

6) Գտնք չերկու ցուցմունքների միջինը և համեմատեցնք ալիքի չերկարութ յան հետ, վորը համապատասխանում և կամերտոնի վրա գրված տատանումների թվին։

7) Ալիքի չերկարութ յան վեր մասը հավասար կլինի չերկու ռեզոնանսների դեպքում մասնակցող ոդային սյուների տարբերութ յանը։

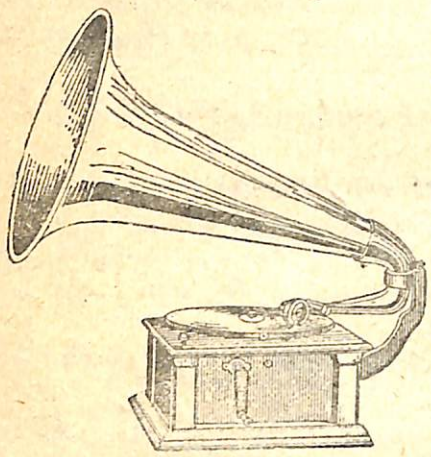
8) Հաշվեցնք ձայնային ալիքի չերկարութ յունը և համեմատեցնք նախորդ արդյունքի հետ։

32. Դրամաֆոն։ Դրամաֆոնը (նկ. 37) իրենից ներկայացնում և մի գործիք ձայներ վերարտադրելու համար։ Նրա գլխավոր մասը կազմված և փայտարն թիթեղից՝ մեմբրանից, վորի մեջտեղում արածայր ասեղով վերջացող մի լծակ և ամրացված։ Ասեղի տակ ժամացույցի մեխանիզմի ոգնութ յամբ պտտվում և մեկ սկավառակ։

Ձայնը գրի առնելիս ասեղի տակ տեղավորում են մոմից պատրաստված մեկ սկավառակ։ Ձայնական ալիքները տատանման մեջ են դնում մեմբրանը, նրա տատանումները փոխանց-

վում են առեղին, վորը սպիրալաձև պտտվող սկավառակի վրա պահպան ձևի կորեր է գծում։

Սկոռներով կարտված մոմաթիթեղից կատարվում է գալվանոպլաստիկ պատճենահանում, ապա այդ մետաղե նկարից պատրաստվում են արտատպութիւններ երոնիտի շրջանի վրա, վորոնք և հանդիսանում են գրամաֆոնի թիթեղները (նկ. 38)[1]։



Նկ. 37. Գրամաֆոն



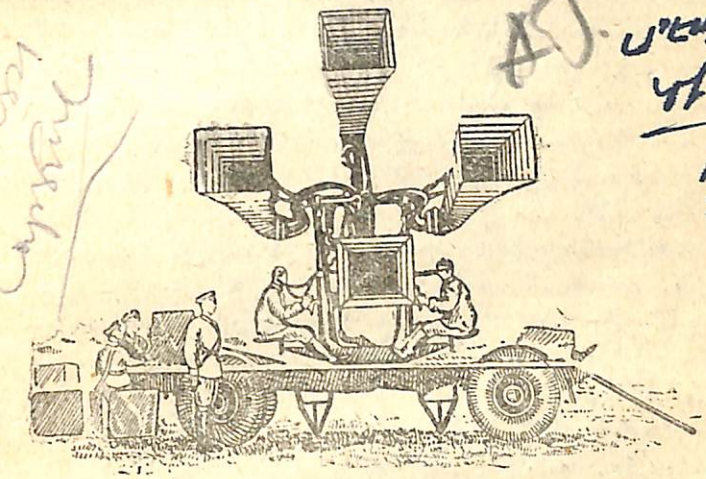
Նկ. 38. Գրամաֆոնի թիթեղի մի մասը (խոշորացրած)։

Ձայնը վերարտադրելու համար հարկավոր է երոնիտե թիթեղը դնել առեղի տակ և թույլ տալ, վոր նա պտտվի։ Պտտման ընթացքում առեղը շարժվելով ակոսով ու դծելով տարբեր ձևի կորեր, տատանման մեջ է դնում մեմբրանը. վերջինս այդ տատանումները հաղորդում է շրջապատող ոդին, իսկ ոդի տատանումները ձայնափողի միջոցով փոխանցվում են տարածության մեջ։

33. Ուղղածայներ։ Ցնծի կվարցե բյուրեղից պատրաստված թիթեղի յերկու հակադիր կողերը ծածկենք մետաղե բարակ թիթեղներով և միացնենք նրանց էլեկտրական տատանումների գեներատորից փոփոխական էլեկտրական լարվածություն, ապա փոփոխական էլեկտրական ուժի ազդեցության տակ թիթեղները պարբերաբար սեղմվում են։ Ցնծի կվարցի

1) Նկարի վրա պատկերված է թիթեղի շատ փոքր մի մասը, վորից և ակոսները ուղիղ են թվում, այն ժամանակ, յերբ իրականում նրանք սպիրալաձև են։

այսպես կոչված, ուլտրձայներ, վորոնք իրենցից ներկայացնում են կոնաձև խողովակներ (նկ. 39), վորոնք վորում են ձայնական ալիքի ավելի նշանակալից մասը, քան ականջը և ներդիան կենտրոնացնելով ուղարկում են ականջախուռնչին։ Ուլտրձայների միջև յեղած տարածությունը կարծես թե մեծացնում է ականջների միջև յեղած տարածությունը և դրանով մեծացնում ձայնի ուղղությունը վորոշելու ճշտությունը, վոր հիմնված է բնական հատկության վրա (մինչև 0,5°)։ Ուլտրձայնե-



Նկ. 40. Ձայնորս

րի ոգնությամբ ունկնդրելու հեռավորությունը մեծանում է մինչև 25 կմ։

Ինքնաթիռն անդրադարձնելու համար բավական չե միայն գիտենալ այն ուղղությունը, վորով նա մոտենում է, հարկավոր է գիտենալ նաև թռիչքի բարձրությունը։ Դրա համար ձայնորսող գործիքը կազմված է յերկու զույգ ուլտրձայներից՝ հորիզոնական և ուղղաձիգ, ձայնորսողին սպառարկում են յերկու գիտողներ, վորոնցից մեկը վորոշում է ձայնական ալիքի հորիզոնական ուղղությունը, իսկ մյուսը չափումներ է կատարում ուղղաձիգ հարթության մեջ (նկ. 40)։

Ճիշտ այսպես էլ ռազմական գործողությունների ժամանակ հարկավոր է լինում միջոցների գիմել ծովային նավերի

հանդես գալը ժամանակին հայտաբերելու համար։ Այդ նպատակի համար ռազմական տեխնիկան ոգտագործում է ջրի ձայնահաղորդականությունը՝ կատուցելով հատուկ ձայնորոներ՝ թիակավոր պտուտակների աղմուկը վորսալու ոգնությամբ թշնամու նավերի շարժմանը հետևելու համար։ Թիակավոր պտուտակների աղմուկը և նավի այլ աղմուկները կազմված են տարբեր հաճախականության (մեկ վայրկյանում 300-ից մինչև 1500 տատանումների սահմաններում) բազմաթիվ ձայներից, վորոնք կազմում են ձայնական խառնուրդ։ Կատուցվում են տարբեր տիպի աղմկային ընդունիչներ, վորոնք մեծ մասամբ հիմնված են ելեկտրական յերևույթների վրա։ Ռազմական նավերի վրա սովորաբար գործ են ածվում ելեկտրոմագնիսական (կամ ելեկտրոդինամիկական) ընդունիչներ։ Ելեկտրոմագնիսական ընդունիչն իրենից ներկայացնում է մեծացրած չափերի սովորական հեռախոս։ Յեթե նավի վրա կա յերկու ընդունիչ, ապա վարելով նավի ուղղությունը, կարելի կ յերկու ընդունիչն էլ համալարել միևնույն ուժգության վրա և այն ժամանակ վրնտրվող նավը կգտնվի յերկու ընդունիչը միացնող հատվածի միջնուղղահայացի վրա (ինքնաթիռի դիրքը վորոշելու նման)։

Բայց հիդրոաուտիկ ընդունիչները գործ են ածվում նաև խաղաղ ժամանակ նավագնացության մեջ։ Նրանց ոգնությամբ կարելի կ հայտաբերել նավերի շարժումը դիշերային կամ մառապատած ժամանակ, ըստ աղմուկի հայտաբերել ստորջրյա ժայռերը, սառցաստվերը և նավագնացության համար վտանգավոր մյուս տեղերը, կամ պահպանել նավերի և ափի միջև և հատուկ ձայնի անդրադարձման միջոցով չափել ծովային խորությունները։

Նավերի վթարները կանխելու համար վտանգավոր տեղերն ոգտագործվում են ձայնական ազդանշանների։ Փարոսների, ժայռերի և նման այլ տեղերի վրա կատուցվում են տարբեր տարբերությունների ձայնական էներգիայի ճառագայթիչներ։ Դրանց ամենատարածված տեսակը հանդիսանում է ստորջրյա պոկը, վորի լեզվակը շարժման մեջ է դրվում խտացած ոդի միջոցով, ելեկտրական հոսանքով կամ ավտոմատիկորեն՝ ծովային ալիքների հարվածով։ Նրա տատանման հաճախականությունը մեկ վայրկյանում հասցվում է մինչև 1200 տատանման, իսկ ազդեցության հեռավորությունը՝ մինչև 20 կմ։

Վարժություններ 2.

1. Ի՞նչքան ժամանակում է կատարվում ձայնի տարածումն ոդում 1 կմ հեռավորության վրա 0° դեպքում։

2. Դիտողից ինչպիսի հեռավորության վրա կ տեղի ունեցել կայծակը, յեթե դիտողը վորսալ առաջին հարվածը լսել է կայծակի առկայծումից 10 վայրկյան հետո (ոդի ջերմաստիճանն է 15°)։

3. Վորքա՞ն է լճի լայնությունը, յեթե մյուս ափից ձայնը ոդի միջով 10 վայրկյանով ավելի ուշ է յեկել, քան ջրով։ Պատ. 4300 մ։

4. Վորքա՞ն է ձայնի արագությունը նյութի մեջ, յեթե ձայնը նրանում անցնում է 46 մետր տարածությունը 0,001 վայրկյանում։

5. Տատանումների թիվը 1 վայրկյանում հավասար է 512-ի։ Ի՞նչի կ հավասար ալիքի յերկարությունն ոդում 0°-ի դեպքում։

6. Վայրկյանում քանի՞ տատանում է կատարում ձայնական ալիքը, յեթե նրա յերկարությունն ոդում 338 $\frac{\text{մ}}{\text{վայրկ.}}$ արագության դեպքում հավասար է 33 սմ-ի։ Պատասխանը տալ ամբողջ թվերով։

7. Ձայնական ալիքի տատանման պարբերությունը հավասար է 0,004 վայրկյանի։ Գտնել ալիքի յերկարությունն ոդում 0°-ի դեպքում։

8. Ալիքի յերկարությունն ոդում 17 սմ է (340 $\frac{\text{մ}}{\text{վայրկ.}}$ արագության դեպքում)։ Գտնել ձայնի տարածման արագությունը մարմնի մեջ, վորում տատանումների միևնույն թվի դեպքում, ինչ է ոդում, ալիքի յերկարությունը հավասար է 102 սմ-ի։ Պատ. 2040 մ

9. Կարո՞ղ է արդյոք ձայնը հաղորդվել վոչ առաձգական մարմիններով միջոցո՞վ։

10. Ինչպիսի ազդեցություն են ունենում ձայնի լսելիության վրա վարագույրները ու փափուկ կահավորանքը սենյակում։

11. Ինչից է առաջ գալիս բազմապատիկ արձագանքը լեռներում։

12. Ինչից է առաջ գալիս վորոտը։

ՀԱՐՑԵՐ

1. Ինչն է ձայնի պատճառը։

2. Ինչպես է տարածվում ձայնն ոդի մեջ։ Ձայնի կետային աղբյուրից։

3. Ճերմակ՞ակը, ինչ ընդհանական ալիքներ են ոդում, ջրում և պինդ մարմիններում։

4. Ինչպես չափել ձայնի արագությունը։ Ինչի կ հավասար այդ արագությունն ոդի համար։

5. Ի՞նչ բան է հերցը և ինչը չափելու համար է գործածվում այդ միավորը։

6. Հաճախության ինչպիսի՞ սահմաններում են գտնվում լսելի ձայնատարածությունները։

7. Ի՞նչից է կախված ձայնի ուժեղությունը։

8. Ի՞նչ բան է ձայնի լսելիության սահմանը։

9. Ինչից է կախված ձայնի բարձրությունը։

10. Ցերը և ինչպե՞ս է կատարվում ձայնի անդրադարձումը։

11. Ի՞նչն է կոչվում ձայնի զարկումներ և ինչից կարող է այն առաջանալ։

12. Ի՞նչն է կոչվում մարմնի սեփական տոն։

13. Ի՞նչն է կոչվում մարմնի հիմնական տոն։

14. Ի՞նչն են կոչվում մարմնի վերին ներդաշնակ տոներ։

15. Ի՞նչից է կախված ձայնի տեմբրը։

16. Ի՞նչումն է կայանում ձայնական ռեզոնանսը։

17. Ինչպիսի կարելի կլինեք ձայնական ռեզոնանսի ոգնությամբ ուսումնասիրել ձայնական ալիքի յերկարությունը կամ տատանման հաճախությունը։

Գրականություն. Зернов, Колебания и волны. „Звук и музыка", Массовый вечерный Университет МГУ. Красиков, Ухо. Беликов, Речь и слух. Ржевкин, Слух и речь в свете современных исследований. Внуков, Физика в обороне страны. Брэгг, Мир звука. Вуд. звуковые волны и их применение. Флемминг, Волны в воде, воздухе, в эфире.

II. ՋԵՐՄՈՒԹՅՈՒՆ ՅԵՎ ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ՖԻԶԻԿԱ

1. ՋԵՐՄԱՅԻՆ—ԿՆԵՐԳԻԱ

36. Ջերմության ուսումնասիրության զարգացումը։ Մեխանիկայի բաժնում մենք տեսանք, վոր արտադրական գործունեությունը դեռ շատ հին ժամանակներում մարդկությանը հասցրեց այն բանին, վոր նրանք ծանոթացան մեխանիկական յերևույթներին։ Դեռ մեր օրերից հինգ հազար տարի առաջ բուրժերի՝ այդ համաշխարհային վիթխարի կոթողների կառուցումը պահանջում եր մեքենաների գործադրում։ Հնադարյան մեծ պատերազմները, այն ժամանակվա մեծ քաղաքների պաշարումը կատարվում եր բարդ մեխանիկական հարմարանքների ոգնությամբ։ Առևտրի և արդյունաբերության զարգացումն ավելի ու ավելի յեն բարձրացնում պահանջը դեպի գիտությունը, վորը XVI—XVII դարերի սահմանում պսակվեց գալիլեյ-նյուտոնյան մեխանիկայի որենքների գյուտով։

Մինչ XVII դարը հնարված մեքենաները և տրանսպորտի միջոցները շարժման մեջ դնելու համար բացառապես ոգտվում եյին նախ սարուկների, ապա վարձու բանվորների մկանային եներգիայից, նրանց հետ նաև կենդանիների և, ավելի նվազ չափով, քամու և ջրի մեխանիկական եներգիայից (Ջրագործ Միջին Ցեվրոպայում հանդես յեկավ մոտավորապես IV դարի վերաբում, իսկ հողմագործը՝ XI դարի սկզբներին)։

Արդյունաբերության զարգացումը բարձրացրեց պահանջը դեպի մեծ տաղը։ Հնադարյան հանքագործությունն սկսում է լայնանալ, բացվում են նոր հանքեր, խորացվում են հները։ Հանքերի խորացումն ավելի ու ավելի յե դժվարացնում հանքերի մեջ ներծծվող ջրերը դեռևս յերկար դար քաշելու գործը։ Ավելի հզոր շարժիչների պահանջ է զգացվում, քան կենդանի եյակներն եյին իրենց մկանային եներգիայով։ Տեխնիկական վորոնումներն ուղղվում են բնության յերևույթների մի այլ բնագավառի՝ ջերմության ոգտագործման վրա։

Մարդն իր գոյության առաջին որից ոգտվում եր արևի եներգիայից իր կոչից առանց վորևե ջանք գործադրելու։ Մարդը ջերմության տեխնիկական սկսեց տիրապետել միայն այն ժամանակները, հայտնաբերելու որվանից։ Իզուր չե, վոր այս գյուտը հիմք է դրել մարդկության անտեսական զարգացմանը և անջնջելի հետք է թողել մարդկային մտավոր զարգացման վրա։ Անհրաժեշտ է նշել, վոր ջերմության այս առաջին յուրացումը

տեղի էր ունենալ մեխանիկական էներգիան շփման միջոցով ջերմության փոխարկելու ձևով։

Ջերմային էներգիայի կիրառության ընդարձակման հետևյալ քայլը կատարվեց II դարում, երբ Հերոնը կառուցեց այն շարժիչը, որը շարժման մեջ էր մտնում գոլորշու ուժությամբ, այսինքն հակառակը, ջերմությունը վերածեց մեխանիկական էներգիայի։

Բայց Հերոնի դարում, ճորտերի դարում և մկանային եժան էներգիայի հաջորդ դարերում չկատարելագործված, քիչ ոգտակար շոգեշարժիչը, լինելով, չկարողացավ մրցել մեխանիկական էներգիայի այլ աղբյուրների հետ։ Դրա հետևանքով ինչպես շարժիչը, այնպես էլ իր խոշ՝ ջերմության հատկությունները դուրս մնացին գիտա-տեխնիկական մտքի ուշադրությունից և հետաքրքրություններից։ Ծով միայն XVII դարում, երբ արդեն համարյա ավարտված էր կլասիկ մեխանիկայի ստեղծումը և երբ, ինչպես ասացինք սկզբում, բացահայտ կերպով զգացվեց մեխանիկական էներգիայի անբավարար լինելը՝ ճող հանքագործության և ստղծավորված մանուֆակտուրայի պահանջները բավարարելու համար, միայն այդ ժամանակ գիտա-տեխնիկական միտքը դիմեց ջերմային երևույթների ուսումնասիրությանը։

XVII դարի մոտավորապես կեսերին հոլանդացի Դրեբբելին պատրաստում է համեմատաբար ճշգրիտ ջերմաչափ՝ պղնձաջրասպի լուծույթից։ XVII դարի սկզբից վերսկսվում են շոգեմեքենաների հնարելու փորձերը։ Պապինը XVII դարի վերջերում արտադրական շրջաններից պատվեր է ստանում՝ կառուցելու ավելի նպատակահարմար շոգեմեքենա, քան նախկին հնարած մեքենաներն էին։ Նրան է պատկանում ջրի գոլորշու հատկությունների ուսումնասիրությունը և մխոցավոր շոգեմեքենայի մոդելի կառուցումը։ 1712 թվ. ն հանդես է եկավ Նյուկոմենի և Կաուլի մեքենան, որը և երկար ժամանակ գործադրվում էր հանքահորերում։ 1714 թվին Ֆարենհայտը ջերմաչափ պատրաստելու համար ոգտագործում է սնդիկ։ 1730 թվին Ռեոմյուրը և 1741 թվին Ցելսիուսը պատրաստում են իրենց ջերմաչափները։

1757 թվին Բլեկը, ոգտագործելով ջերմատևիճանը չափելու բավականաչափ ճշգրիտ միջոցները՝ երևան է բերում տեսակարար ջերմունակության հասկացողությունը և հայտարերում է թաքնված ջերմությունը։ Այս հայտարերումները և դիտողությունները բավականաչափ լայնացրին ջերմության մասին եղած տեղեկությունները։ Բլեկի աշակերտ Ուատտը, հենվելով այս գոլորի վրա, 1764 թվին կատարելագործություն մտցրեց շոգեմեքենայի կառուցվածքի մեջ, միացնելով շոգեկոնդենսային և շոգեդանդային առանձին սառնարան և սրանով իսկ շոգեմեքենային տվեց այն տեսքը, որով նա հիմնականում պահպանվում է մինչև մեր որերը։ Այդ ժամանակվանից շոգեմեքենան կիրառություն սկսեց վոչ միայն հանքագործության մեջ, այլև գործարանայ ն արդյունաբերություններում, ցամաքային և ջրային տրանսպորտում։ Շոգեմեքենան, ստեղծվելով տեխնիկայի պահանջների համաձայն, ինքը խոշորագույն աղբեցություն գործեց արտադրության զարգացման վրա վոր համար և շոգեմեքենայի դյուտի հաջորդ դարը կոչվեց գոլորշու դար։

Ջերմային երևույթների որենքների փորձնական ուսումնասիրության

հետ միաժամանակ ընթանում էր նաև նրանց տեսական մեկնաբանությունը։ XVII դարում խոշորագույն ֆիզիկոսները՝ Բոյլը, Նյուտոնը՝ ջերմությունն ընդունեցին վորպես շարժման մի ձև, լրիվ համաձայնվելով գործնական այն փաստերի հետ, վոր ջերմությունը կարելի է առանձնացնել շփման և հարվածի դեպքում՝ ի հաշիվ մեխանիկական էներգիայի և, ընդհակառակը, ի հաշիվ ջերմային էներգիայի կարելի է առանձնացնել մեխանիկական էներգիա այն ժամանակվա չկատարելագործված շոգեշարժիչներում։ Բայց XVIII դարի սկզբում (մոքի ընդհանուր ուղղության հետ կապակցված) ջերմության նկատմամբ առաջ է գալիս այն տեսակետը, վոր ջերմությունն իրենից ներկայացնում է հատուկ անկշիռ մի մարմին, վորը կոչվում էր ջերմածին։ Բոլոր մարմինն էլ մարմնի ջերմատևիճանը, երբ նրա մեջ լցվում է ջերմածին, և ցածրանում է, երբ նրա քանակը մարմնի մեջ նվազում է։ Այդ տեսակետի արտայոլումն են հանդիսանում մինչև այժմ գործածվող ջերմունակությունն (նմանությունների անոթների ունակության հետ հեղուկների նկատմամբ) և թաղնված ջերմություն արտահայտությունները։

Բայց զարգացումը շարունակող տեխնիկան ընդհանրապես և ջերմոտեխնիկան մասնավորապես ստիպեցին այդ պատկերացումը ջերմային երևույթների մասին, վորոնք էլ երևան եկին լինել ջերմածին—հատուկ մատերիայի հատկացողության հետևանքով։

Նախքան ջերմության մասին առաջներում լեզած ուսմունքը նորով փոխարինելուն անցնելը, նախևառաջ դասընթացից հիշենք այն մեծությունները, վորոնք մտցված են լեղել ջերմային երևույթները քննությունը հարմար կատարելու վոչ մի առնչություն չունեն ջերմության տեսության հետ։

37. Ջերմության քանակի միավորը։ XVIII դարում ջերմության ուսմունքի առաջացման սկզբից արդեն հատատված էր ջերմության քանակի չափման միավորը—կալորիա[1]։

Կալորիա կոչվում է ջերմության այն քանակը, վոր պահանջվում է 1 գ բորած ջուրը 1° տաքացնելու համար[2]։

Կալորիայի կրճատ նշանակումն է՝ կալ։

1000 կալորիան կազմում է 1 կիլոկալորիա։

Կիլոկալորիայի կրճատ նշանակումն է կ կալ։

Կիլոկալորիան ջերմության այն քանակն է, վոր անհրաժեշտ է 1 կիլոգրամ բորած ջուրը 1° տաքացնելու համար[3]։

38. Նյութի տեսակարար ջերմունակությունը։ Ծխելիական նախնական դասընթացից հայտնի է, վոր տարբեր նյութերը միևնույն պայմաններում տաքանալու համար տարբեր քա-

1) Լատիներեն կալոր (calor)—ջերմ բառից։

2) 19,5°-ից մինչև 20,5°։

3) Մեկ գրամ կամ մեկ կիլոգրամ ջուր 1° տաքացնելիս արտադրվում է համապատասխան քանակի կալորիա։

նակի ջերմունակությունն են պահանջում. ընդհակառակը, այլ հավասար պայմաններում, միևնույն քանակի ջերմունակությունն առանձին նրանք տարբեր առաձգանի յեն տաքանում։

Տարբեր նյութերի տաքացման ունակությունը բնութագրելու համար ընդունված է հատուկ մեծություն, որը կոչվում է տեսակարար ջերմունակություն։

Նյութի տեսակարար ջերմունակությունը չափվում է ջերմության այն քանակով, որ պահանջվում է 1 գ նյութը 1° տաքացնելու համար։

Նույն քանակի ջերմություն է պատաղվում, երբ 1 գ նյութը առնում է 1°։

Տեսակարար ջերմունակության միավորը կլրում է

$$\text{կալորիա} \Big/ \text{գրամ աստիճան} \left(\frac{\text{կալ}}{\text{գ-աս}}\right) \text{անունը։}$$

Հեշտ է ըմբռնել, որ նյութի տեսակարար ջերմունակությունը բնութագրող թիվը մեում է նույնը, յեթե նրան արտահայտենք $\frac{\text{կիլոկալորիա}}{\text{կիլոգրամ-աստիճան}} \left(\frac{\text{կկալ}}{\text{կգ-աս}}\right)$։

32. Ջերմահաշվի բանաձեվը տաքացման յեվ սառեցման դեպքում։ Սկզբնական դասընթացից հայտնի յե, որ յեթե 1 գ կապարի համար տեսակարար ջերմունակությունը $0{,}03 \frac{\text{կալ}}{\text{գ-աս.}}$ է, ապա 100 գ կապարը 1° տաքացնելու համար պահանջվում է 100 անգամ ավելի շատ ջերմաքանակ, քան 1 գրամի տաքացման համար, այսինքն $3 \frac{\text{կալ.}}{\text{աս.}}$։ 100 գրամ կապարը 50° տաքացնելու համար կծախսվի 50 անգամ ավելի ջերմություն, այսինքն $0{,}03 \cdot 100 \cdot 50 = 150$ կալ.։

Հետևաբար, ջերմության այն քանակը, որ անհրաժեշտ է տվյալ մարմինը վորոշ աստիճան տաքացնելու համար, ստացվում է հետևյալ յերեք բազմապատկիչների բազմապատկման միջոցով՝

Տեսակարար ջերմունակություն × մարմնի մասսա × ջերմաստիճանների տարբերություն։

Յերկաթի տեսակարար ջերմունակությունը՝ $c=0{,}1$, արույրինը՝ $c_1=0{,}09$, ջրինը՝ $c_2=1$։

Կալորամետրի մեջ իջեցնելուց առաջ տաքացած մարմնի անհայտ ջերմաստիճանը նշանակենք x-ով։

Սառչող մարմնից անջատված ջերմությունը $Q=cm(x-\Theta)$։

Տաքացվող մարմինների ստացած ջերմությունը կալորամետրինը $Q_1=c_1m_1(\Theta-t_1)$, ջրինը՝ $Q_2=c_2m_2(\Theta-t_1)$։

$$Q=Q_1+Q_2,\ cm(x-\Theta)=(c_1m_1+c_2m_2)(\Theta-t_1),$$
$$0{,}1\cdot 100(x-45)=(0{,}09\cdot 90+1\cdot 250)(45-16),$$
$$10x-450=7634{,}9,\ 10x=8134{,}9,\ x=814,\ t=814^\circ.$$

Վարժություններ 3.

1. Պրիմուսի վրա տաքացված է 2 լ ջուր 16°-ից մինչև 100°, 15 րոպեի ընթացքում։ Ծուբաքանչյուր րոպեում ջուրը ընդունում է նույն քանակությամբ ջերմություն (յենթադրվում է, որ տաքացումը հավասարաչափ է)։ Պաս. 11,2 կ. կալ.

2. Վիթքան ջերմություն է անհրաժեշտ 40 կգ կապարը 10°-ից մինչև 320° տաքացնելու համար։

3. Մեկ կգ յերկաթի ջերմաստիճանը 600°-ից իջավ 24°։ Ինչքան ջերմություն անջատվեց։

4. Վաննայի մեջ լցված է 300 լիտր ջուր, որի $t=10^\circ$։ Նույն վաննայի մեջ ինչքան տաք ջուր պետք է ավելացնել, յեթե $t_2=90^\circ$-ի, որպեսզի խառնուրդի ջերմաստիճանը՝ $\Theta=35^\circ$։ Պաս. 136 լ.

5. 20 լիտր ջուրը, որի $t_1=12^\circ$-ի, խառնված է 40 լիտր ջրի հետ, որի $t_2=80^\circ$։ Վորոշել խառնուրդի վերջնական ջերմաստիճանը, յեթե խառնելու ժամանակ 100 կ.կալ. անցել է ոդի մեջ։ Պաս. $\approx 56^\circ$։

6. Վորոշել արույրի տեսակարար ջերմունակությունը, յեթե 100° 400 գ արույրը իջեցնելով 14°-ի 300 լիտր ջրի մեջ, նրա ջերմաստիճանը բարձրացնում է 23,5°։

7. Գտնել 500 գ ծանրություն ունեցող յերկաթի կտորի սկզբնական ջերմաստիճանը, յեթե 10°-ի 500 գ ջրի մեջ իջեցնելով՝ նրա վերջնական ջերմաստիճանը հավասարվում է 18,9°։ Պաս. 100°։

8. Ինչքան ջերմություն է անհրաժեշտ, որպեսզի $10\times5\times3$ մետր չափումներ ունեցող սենյակի ոդի ջերմությունը 7°-ից բարձրացնել 16°-ի, յեթե պատերի միջով ջերմության կորուստը կազմում է 10%։ Պաս. $\approx 4{,}65$ կկալ

9. Ինչ հարաբերության մեջ են գտնվում ջերմության այն քանակները, որոնք պահանջվում են միևնույն ծավալով պղինձն ու չուգունը հավասար ատիճան տաքացնելու համար։

41. Ջերմությունը վորպես ենեργիայի տեսակ։ Դեռ XVIII դարի վերջում արված էին մի շարք դիտողություններ, վորոնք չէին կարող բացատրվել ջերմածնային տեսությամբ։

Ռումֆորդը 1798 թ. ուշադրություն դարձրեց, վոր թնդանոթի փողաբերանը փորելու ժամանակ առաջանում է զգալի քանակությամբ ջերմություն։ Ցերը փորվող մետաղի կտորը և պայլիկոնն իջեցրին ջրի մեջ, ջրի ջերմաստիճանը յերկու ժամից հետո բարձրացավ մինչև յեռման ատիճան։

Ջերմածնի կողմնակիցները այս տաքացումը փորձում էին բացատրել նրանով, վոր տաշեղները ունեն փոքր տեսակարար ջերմունակություն և, հետևաբար, արտադրում են ավելորդ ջերմածին։ Սակայն այդ տեսությունը ժխտվեց չափումների միջոցով և պարզվեց, վոր մետաղի ամբողջ կտորը և նրա տաշեղն ունեն միևնույն ջերմունակությունը։

Ռումֆորդը յեկավ այն յեզրակացության, վոր ջերմությունն իրենից ներկայացնում է շարժման մի տեսակը։

Ջերմածնի տեսությանը հետադասում՝ 1799 թ. հարված հասցրեց Դեվին։ Նա վերցրեց սառցի յերկու կտորներ՝ —2° ջերմաստիճանում, տեղավորեց անոդ տարածության մեջ և շփեց իրար հետ։ Սառցի կտորները շփումից հալվեցին։ Ջրի տեսակարար ջերմունակությունը մեծ է սառցի տեսակարար ջերմունակությունից։ Հետևաբար, այս հալումը չի կարելի բացատրել ջերմածնի անջատումով, այստեղ ջերմությունն առաջանում է կատարած աշխատանքի հաշվին։

Զշարունակելով այս հարցի քննարկումը պատմական առումով, այժմ մենք կարող ենք բազմաթիվ ապացույցներ հավաքել, վորոնք ցույց կտան աշխատանքի ծախսման հետևանքով ջերմության առաջացումը և աշխատանքի ատացումը ի հաշիվ ջերմության։ Ցնվ իրոք, բնական և հարցնել, ինչի՞ է վերածվում մարմնի կինետիկական եներգիան այն դեպքերում, յերբ չկա մարմնի կամ նրա մասերի հետագա տեղաշարժի տեղափոխություն, որինակ՝ վոչ առաձգական մարմնի գետին ընկնելու դեպքում

յերբ մուրճը հարվածում է յերկաթի կտորին, յերբ մարմինը շարժվում է շփումով, յերբ գնդակը կպչում է սենյակի պատին և այլն։ Գնդակը պատին հարվածելիս ձայն է լսվում։ Բայց, յեթե հաշվենք առաջացած ձայնային եներգիան, ապա նա զգալի չափով պակաս կլինի գնդակի կինետիկ եներգիայից։ Ուշադրություն դարձնելով գնդակը, կտեսնենք, վոր նրա ջերմաստիճանը բարձրացել է։ Տաքացման համար անհրաժեշտ ջերմաքանակն առաջանում է ի հաշիվ շոշող մարմնի կինետիկ եներգիայի, վորը չի ոգտագործվել այլ ճանապարհներով։ Կինետիկ եներգիան ջերմայինի ձևափոխումից տեխնիկան ոգտվում է շատ հին ժամանակներից. մուրճահարը իր մկանների եներգիան վեր է ածում բարձրացվող մուրճի պոտենցիալ եներգիայի։ Ցերբ մուրճն ընկնում է մի կտոր յերկաթի վրա, նրա պոտենցիալ եներգիան վեր է ածվում կինետիկ եներգիայի։ Հարվածի մոմենտին, յերբ վերանում է մուրճի շարժումը, նրա կինետիկ եներգիան վեր է ածվում ջերմության, վորի հետևանքով տաքանում է թե յերկաթի կտորը, թե մուրճը (այնուամենայնիվ կինետիկ եներգիայի մի մասը վեր է ածվում այլ տեսակի եներգիաների,— ձայնական եներգիայի, մուրճի մեջ տեղի ունեցող առաձգական փոփոխության պոտենցիալ եներգիայի, վորն առաջացնում է մուրճի հետ-թռիչքը, անջատվող մասերի շարժման եներգիայի, խփվող մարմնի դեֆորմացիայի աշխատանքի)։

Բոլոր մեխանիզմների մեջ կա կամ գլորման կամ սահելու շփում. դրա համար բոլոր ատրգավորումների մեջ կինետիկ եներգիայի մի մասն անխուսափելիորեն ծախսվում է շփումը հաղթահարելու համար. այս եներգիայի հաշվին շփվող մասերի միջև առաջանում է ջերմություն։ Այսպես են տաքանում բոլոր անիվների առանցքները. վատ յուղելու հետևանքով, այսինքն բավականաչափ շփման դեպքում, հնարավոր է անգամ առանցքակալների այրումը. տաքանում են ռելսերը, վորոնց վրայով անցնում է գնացքը. աշխատանքի դեպքում տաքանում են ղողոնները, ռանդաները, գայլիկոնները (բուրզինները), կացինները և այլ գործիքները։ Վոչ մի մեքենա չի տալիս 100%-ային ոգտակար գործողություն։ Մեքենան շարժման մեջ դնող աշխատանքի և ոգտակար աշխատանքի տարբերությունը մեծ մասամբ

վեր է ածվում ջերմության Միայն մեխանիզմների մեջ չէ, որ կինետիկ էներգիան ծախսվում է շփումները հաղթահարելու համար և վեր է ածվում ջերմության։ Ամեն մի մարմին, որ շարժվում է դիմադրող միջավայրում, իր կինետիկ էներգիայի մի մասը կորցնում է տաքանում է նրա հաշվին։ Այսպես կոչված՝ ընկնող աստղերն ըստ էության վոչ այլ ինչ են, եթե վոչ նյութի մանրիկներ, վորոնք տարածված են միջմոլորակային տարածության մեջ, և ընկնելով երկրագնդի մթնոլորտի մեջ, իրենց շարժման ընթացքում հանդիպում են դիմադրության, կորցնում են իրենց կինետիկ էներգիայի մի մասը և նրա հաշվին տաքանում են ջերմության այնպիսի քանակություն, վորից այրվում են ոդի մեջ 100-ից մինչև 200 կմ բարձրության վրա, իրենց հետևից թողնելով շիկացած ոդի հետքեր, վորոնք վայր ընկնող աստղերի տպավորություն են թողնում։ Ինչպես նշված է, նախամարդը կարողացավ փայտի երկու կտորներ իրար հետ շփելով կրակ առանալ՝ ջերմության վերածելով շարժվող մարմինների կինետիկ էներգիան։

Այսպիսով, դիմադրությամբ տեղի ունեցող ամեն մի շարժմանը զուգակցում է կինետիկ էներգիայի վերածումը ջերմության։

Մյուս կողմից, ջերմությունը կարող է վերածվել աշխատանքի։ Արեգակի ջերմությունը տաքացնելով ջուրը կամ հողի միջոցով՝ ոդը, աշխատանք է կատարում՝ վեր բարձրացնելով ջրի գոլորշիները և ոդը, մթնոլորտում առաջացնելով այն վերամբարձ հոսանքները, վորոնք պատճառ են հանդիսանում քամիների, նրա կինետիկ էներգիայի և երկրի վրա՝ ջրի շրջապտույտի։

Ջերմության նույնանման փոխանցումը աշխատանքի՝ իրականանում է մարդու կողմից հնարած մեքենաների ոգնությամբ։ Բոլորին հայտնի շոգեմեքենաները և ներքին այրման շարժիչները ջերմության անընդհատ ձևափոխում են կատարում՝ փոխառնելով վառելանյութերից վեր են ածում այն մեխանիկական էներգիայի։ Հենց այստեղ անհրաժեշտ է նշել, վոր վոչ մի երևույթի մեջ մարմնի հաղորդած ջերմությունն ամբողջապես չի կարող վերածվել աշխատանքի, այլ դեպքում ջերմության մի մասն անխուսափելիորեն ցրվում է տարածության մեջ։ Ջերմային մեքենաները լավագույն դեպքում իրենց ստացած ջեր-

մության միայն մեկ երրորդն են վերածում աշխատանքի։ VII դասարանի ֆիզիկայի դասընթացից դուք իմացել եք, վոր ներքին էներգիան վեր է ածվում ջերմության, այժմ դուք իմացաք, վոր ջերմությունը վեր է ածվում աշխատանքի և ընդհակառակը։ Հետագայում դուք կծանոթանաք այն բանի հետ, վոր ջերմային հոսանքի հաշվին կարելի է առանալ ելեկտրական հոսանք, այսինքն դարձյալ ելեկտրական էներգիա։

Տարբեր տեսակի էներգիաների նման փոխադարձաբար փոխանցումը ջերմության և ջերմության փոխանցումը աշխատանքի, մեզ բերում է հետևյալ եզրակացությանը, վոր ջերմությունը էներգիայի մի տեսակն է։ Էներգիայի այս տեսակը կոչվում է ջերմային էներգիա։

42. Ջերմության մեխանիկական համարժեքը։ *Մեխանիկական էներգիայի և ջերմության փոխադարձ վերածման նկատմամբ ունեցած վորակական դիտումները դեռ հիմքեր չեին տալիս ջերմության գիտական թեորիայի համար։ Անհրաժեշտ էր պարզել, գոյություն ունի արդյոք վորոշ քանակական հարաբերություն ծախսված մեխանիկական էներգիայի քանակի ու առաջացած ջերմաքանակի մեջ և ընդհակառակը։ Միայն այս հարաբերության վորոշակի և հաստատուն լինելու հանգամանքը կարող էր հաստատել այն դրույթը, վոր ջերմությունը էներգիայի մի տեսակն է։*

Այս հարաբերությունը բնութագրելու համար ընդունված է հատուկ մեծություն, վորը կոչվում է ջերմության մեխանիկական համարժեք (եկվիվալենտ)։

Ջերմության մեխանիկական համարժեքը մի մեծություն է, վորը չափվում է մեխանիկական աշխատանքի այն քանակով, վորն անհրաժեշտ է ծախսել մեկ միավոր ջերմաքանակ ստանալու համար։

Ձեթի ծախսած աշխատանքի քանակը նշանակենք A-ով, այդ աշխատանքի հաշվին ստացված ջերմաքանակը Q-ով, ջերմության մեխանիկական համարժեքը J-ով, ապա՝

$$J = \frac{A}{Q} \qquad (V)$$

Դիրմանացի դոքտոր Ռոբերտ Մայերը առաջիններից մեկն էր, որ 1842 թ. վորոշեց (տեսականորեն) ջերմության մեխանիկական համարժեքը:

Նրանից հետո այս մեծությունը վորոշվեց բազմաթիվ փիզիոնների կողմից՝ ամենաբազմազան ձևերով: Այս բնագավառում հատկապես շատ աշխատեց (մոտ 10 տարի) անգլիացի ֆիզիկոս Ջեմս Ջոուլը՝ իր աշխատանքն սկսելով 1840 թվից:

Այժմ ջերմության մեխանիկական համարժեքի համար՝ վորպես ավելի ճշգրիտ՝ ընդունվում են հետևյալ մեծությունները.

Մխավորների տեխնիկական սիստեմում $J = 427 \frac{կ\,Գմ}{կ.\,կալ.}$; MTS սիստեմում $J = 4{,}19 \frac{կ.\,Ջոուլ}{կ.\,կալ}$:

Հակադարձաբար, յերբ ջերմությունը վեր է ածվում աշխատանքի, իմացիվ յուրաքանչյուր կիլոկալորիա ջերմության ստացվում է 427 կ Գմ աշխատանք:

Ջերմության մեխանիկական համարժեքի հակադարձ մեծությունը կոչվում է աշխատանքի ջերմային համարժեք:

Աշխատանքի ջերմային համարժեքը մի մեծություն է, վորը չափվում է ջերմության այն բանակով, վորն անհրաժեշտ է մեկ միավոր աշխատանք ստանալու համար:

Յերթե A միավոր աշխատանք կատարելու համար ծախսվել է Q միավոր ջերմություն, ապա միավոր աշխատանքի համար կպահանջվի $\frac{Q}{A}$ միավոր ջերմություն:

Յերթե աշխատանքի ջերմային համարժեքը նշանակենք B-ով, ապա

$$B = \frac{Q}{A} = \frac{1}{J}.$$

Մխավորների տեխնիկական սիստեմում $B = 0{,}00234 \frac{կ.\,կալ}{կ\,Գմ}$.

MTS սիստեմում $B = 0{,}24 \frac{կ\,կալ}{կ\,Ջոուլ}$ կամ $0{,}24 \frac{կալ}{Ջոուլ}$:

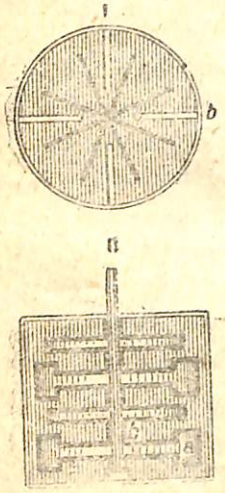
43. Ջերմության մեխանիկական համարժեքի վորոշումը Ջոուլի կողմից: Անգլիացի ֆիզիկոս Ջոուլը առաջիններից մեկն էր, վոր (1847 թ.) վորոշեց ջերմության մեխանիկական համարժեքը: Այս մեթոդի դեպքում շիման ուժերը հաղթահարող աշխատանքը վեր է ածվում ջերմության: Համարժեքը հաշվելու համար պետք է վորոշել կատարված աշխատանքը և ստացված ջերմաքանակը: Ջերմաքանակը չափվում է կալորիմետրի ոգնությամբ, վորը ձևափոխվում է այնպես, վոր նրա մեջ հեշտ լինի շիման առեղծվելը: Այս նպատակի համար կալորիմետրի միջով անցնում է մի առանցք (նկ. 41), վորին ամրացված են 4-ական թիակներ a, ամեն մի ուղղաձիգ հարթության վրա. այս թիակները տեղավորվում են կալորիմետրի պատերին պատրաստված միջկելուստային b տարածություններում: Կալորիմետրը լցվում է հեղուկով, որինակ՝ անդիկով: Թիակների պտտման դեպքում շարժման մեջ է դրվում անդիկը, վորի մեջ շարժման ժամանակ առաջ է գալիս շիում, վորից էլ տաքանում է հեղուկը:



Ջոուլ[1])
(1818—1889)

[1]) Ջոուլ Ջեմս Պրեսկոտը վորձնականորեն վորոշեց ջերմության մեխանիկական համարժեքը, գտավ էլեկտրական հոսանքի եներգիայի փոխանցումը ջերմության, հաշվեց ջրածնի մոլեկուլի շարժման արագությունը և դրանով հիմք դրեց գազերի կինետիկ տեսությանը, Վ. Թոմսոնի հետ միասին փորձնականորեն ապացուցեց, վոր գազերի մասնիկների միջև գոյություն ունեն ձգողական ուժեր՝ վաղ հասակից զբաղվելով էլեկտրամագնիսական հետազոտությամբ, էլեկտրամագնիսի ոգնությամբ ստացավ շատ ուժեղ մագնիսական դաշտ, նկատելով յերկաթյա և նիկելյա ձողերի յերկարացումը մագնիսանալիս:

կալորիմետրի մեջ դրված ջերմաչափով չափվում է սկզբնական ջերմաստիճանը՝ $t_1°$, և վերջնական ջերմաստիճանը՝ $t_2°$։ Առանցքի շարժման համար նրա A թմբուկի (նկ. 42) վրա միևնույն ուղղությամբ փաթաթված լարեր (шнур) են փաթաթում, որոնք դուրս են գալիս թմբուկի մակերեսի երկու հակադիր կետերից։ Լարերի ազատ ծայրերին, որոնք քաշված են D և C ճախարակներից, կախված են F և E հավասար ծանրոցները, որոնց յուրաքանչյուրը կշռում է P կիլոգրամ։ Ծանրոցների անկման դեպքում երկու լարերն էլ միաժամանակ թմբուկից քանդվում են և նրան պատում միևնույն ուղղությամբ։ Ծանրոցների անցած h մեծ ճանապարհը կարող է չափվել B և G մասշտաբներով։ Դիմադրության շնորհիվ ծանրոցների անկումը հավասարաչափ է։ Յուրաքանչյուր ծանրոցները 2P ընդհանուր ծանրությամբ անցնում են h մեծ ճանապարհ, ապա կատարված աշխատանքը՝ $A=2Ph$։



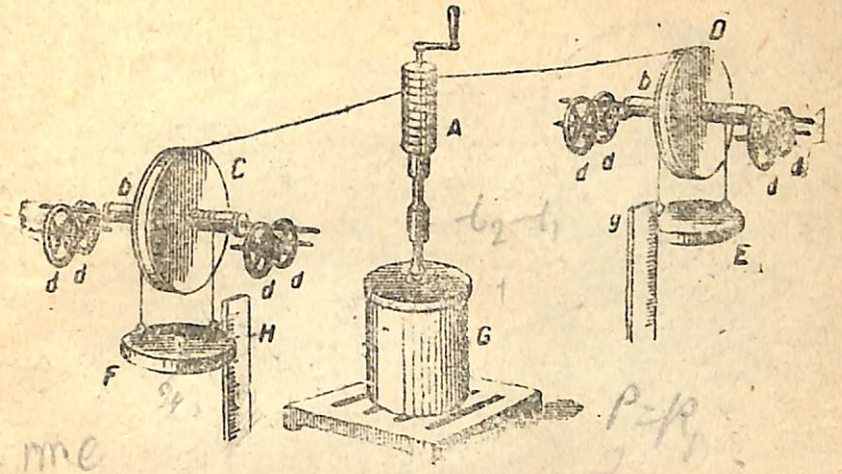
Նկ. 41. Ջոուլի կալորիմետրի I հորիզոնական, II ուղղաձիգ կտրվածքը

Ծանրոցների հավասարաչափ անկման դեպքում ծախսված աշխատանքը շփման միջոցով վեր է ածվում ջերմության։ Եթե անդիկի մասսան նշանակենք m-ով, կալորիմետրի, առանցքի և թիակների մասսան՝ m_1-ով, անդիկի, տեսակարար ջերմունակությունը՝ c-ով, իսկ միատոմ տեսակարար ջերմունակությունը՝ c_1-ով, ապա ստացված ջերմության քանակը՝

$$Q=mc(t_2-t_1)+m_1c_1(t_2-t_1)=$$
$$=(mc+m_1c_1)(t_2-t_1),$$

այստեղից կարելի է հաշվել

$$J=\frac{A}{Q}=\frac{2Ph}{(mc+m_1c_1)(t_2-t_1)}.$$



Նկ. 42. Ջոուլի փորձի կառուցվածքը ջերմության մեխանիկական համարժեքի վրոշման համար

44) Էներգիայի փոխակերպման մեջ պահպանման օրենքի տարածումը ջերմային երեվույթների վրա։ Այսպիսով, բնության յերևույթների մեջ անընդհատ տեղի է ունենում մեխանիկական և ջերմային էներգիաների փոխադարձ կերպափոխում։ Դիտական մանրակրկիտ չափումները ցույց են տվել, որ այդ փոխանցումները տեղի են ունենում հաստատուն հարաբերություններով։

427 կԳմ մեխանիկական էներգիայի քանակությունը հավասարամեծ է, համարժեք է ջերմային էներգիայի կիլոգրամ-կալորիային (4,19 ջոուլը համարժեք է 1 կալ)։

Այսպիսով այդ չափումները ցույց տվին, որ էներգիայի յերկու ձևերի փոխադարձ կերպափոխման դեպքում էներգիան չի կորչում և չի ստեղծվում։

Այդ տեսակետից ջերմային յերևույթների ուսումնասիրությունը թույլ է տալիս ընդհանրացնելու վերևում հաստատված մեխանիկական պրոցեսների էներգիայի պահպանման օրենքը տարածելով նաև ջերմային յերևույթների դեպքում։

Այդ օրենքի ընդհանրացումը կատարված է խոշորագույն ֆիզիկոսներ Ռոբերտ Մայերի (1842 թ.), Ջոուլի (1845 թ.),



Հելմհոլց [1]
(1821—1894)



Մայեր [2]
(1814—1887)

1) Հերման Հելմհոլցը ծնվել է Բեռլինին մոտ՝ Պոտսդամում։ Կրթությամբ լինելով բժիշկ՝ նա 1849 թվին կենդանաբերդում կեղել է ֆիզիոլոգիայի և անատոմիայի պրոֆեսոր։ Իր նշանավոր աշխատություններով նաև ֆիզիոլոգիայի, ապա ֆիզիկայի բնագավառներում առաջ է քաշվում է XIX դարի կերկրորդ կեսի ֆիզիկոսների մեջ բարձում է առաջին տեղը։ 1847 թ. նա տեսականորեն հաստատեց բնության հիմնական օրենքը՝ էներգիայի պահպանման օրենքը։ Հենվելով այս օրենքի վրա՝ նա հայտագործեց էլեկտրոմագնիսական լինդուկցիայի օրենքը։ Մացրեց տարբական էլեկտրական լիցքի՝ էլեկտրոնի հասկացողությունը և սահմանումը։ Մշակեց հեղուկի մեջ տեղի ունեցող պտույտի շարժման տեսությունը, վորը դրված է ցիկլոնների և յեղանակի գիտության հիմքում ոդերևութաբանության մեջ։ Ստեղծեց գույների և ձայնի ըմբռնման ուսմունքը։ Մասնավորապես ձայնի ուսմունքում հիմնավորեց ռեզոնանսի ուսմունքի ժամանակակից տեսությունը, տվեց ձայնի տեմբրի բացատրությունը, ձայնի կոնսոնանսը և դիսոնանսը, իր հնարած ռեզոնատորների ոգնությամբ տվեց ձայնավոր հնչյունների անալիզը և ապա կամերտոնների ոգնությամբ՝ հնչյունների սինթեզը։ Նա հնարեց ակնահայելի (офтальмоскоп)՝ գործիք, վորով վորոշվում է աչքի զանազան մակերևույթների կորությունը, վորը դարձավ բժշկական կաբինետների պատկանելիությունը, զարգացրեց աչքի ակկոմոդացիայի տեսությունը և ստեղծեց գույների ըմբռնման տեսությունը։ Նա ապացուցեց, վոր ներվի միջով զգեխը տարածվում է մեծ արագությամբ, սակայն վոչ անվերջ արագ, ինչպես կարծում էին նրանից առաջ։ Ցերկրաչափական ակսիոմաների մասին իր աշխատություններում նա պնդում էր այն միտքը, վոր ակսիոմաները հանդիսանում են մարդկության բազմադարյան փորձերի հետևանք։

2) Ռոբերտ Մայերը կրթությամբ բժիշկ էր, Ջոուլից մեկ տարի և

Հելմհոլցի (1847 թ.), Վ. Թոմսոնի (1848 թ.) աշխատություններում։

Ընդհանուր ձևով, էներգիայի պահպանության և փոխակերպման օրենքը կարող է արտահայտվել հետևյալ բանաձևով։

> **Բնության յերևույթների մեջ էներգիան չի ստեղծվում կամ չի ոչնչացնում, այլ միայն փոխակերպվում է մի ձևից մյուսին՝ համապատասխան բանաձևով։**

Էներգիայի պահպանության և փոխակերպման օրենքը մեթոդոլոգիական մեծ նշանակություն ունի։ Այս օրենքի մշտական կիրառությունն առանձին մասնավոր յերևույթների վերլուծման դեպքում ստեղծում և հաստատվածություն բնական յերևույթների անխափան որինաչափության մեջ և դատարկում է խիստ գիտական մտքի ուղղությունն։

Գիտական մտքի ուղղությունը լավագույն հենարան է ծառայում ընդդեմ աշխարհի նկատմամբ կրոնական վերաբերմունքի։ Կրոնը յենթադրում է մի եյակի գոյություն, վոր մի ժամանակ է բնական յերևույթների ընթացքին, իր կամքով ազդում է մարդու կյանքի վրա։ Այստեղից էլ բոլոր կրոններում գոյություն ունի հավատ հրաշքին, վորպես այդ եյակի կամքի արտահայտություն։ Այն միտքը, վոր դատարկված է էներգիայի պահպանման ընդհանուր օրենքի հիման վրա, բնության բոլոր յերևույթների որինաչափության վրա, բնության մեջ տեղ չի գտնի առածուն և հրաշքը ճանաչելու համար և դրանով իսկ կքանդի այն հողը, վորի վրա հենված են բոլոր կրոնների հիմքերը—բարձր եյակի և նրա կամքի արտահայտության՝ հրաշքի մասին ուսմունքը։

Էներգիայի պահպանության օրենքը՝ ջերմության աշխատանքի փոխակերպվելու և հակառակը կիրառումով՝ կոչվում է թերմոդինամիկայի առաջին օրենք։

Թերմոդինամիկան ֆիզիկայի մի մասն է, վոր ընդ-

Հելմհոլցից հինգ տարի առաջ ձևակերպեց էներգիայի պահպանման օրենքը և 1842 թվին տեսականորեն հաշվեց ջերմության մեխանիկական համարժեքը։

դրկում և ջերմաէջյան մասին ուսմունքը, որպես ուսմունք ենթդիայի մասին:

Ջերմաէջյան բնույթի ուսումնասիրության հետագա քայլը կարելի է կատարել նյութի մոլեկուլային կառուցվածքի ուսմանը հիման վրա:

45. Լաբորատոր աշխատանք **4. Նյութի տեսակարար ջերմունակության վորոշումը:**

Դործիքներ՝ 1) կալորամետր, 2) կշեռք՝ իր կշռաքարերով, 3) ջերմաչափ, 4) ջեռոց, 5) զանազան մետաղների կտորներ և հեղուկներով սրվակներ:

Առաջադրություն 1. Վորոշել մարմնի տեսակարար ջերմունակությունը կարծր վիճակում:

Աշխատանքի ընթացքը: 1. Դոնք հետազոտվող մարմնի մասան:

2. Մասան և մյուս ավյալները գրի առնք հետևյալ աղյուսակում.

Փորձի №	Կալորամետրի մասսան գրամներով	Կալորամետրի մասսան և ջուր	Ջրի մասսան	Մարմնի մասսան	Կալորամետրի և ջրի ջերմաստիճանը	Մարմնի ջերմաստիճանը	Խառնուրդի վերջ. ջերմաստիճանը	Տեսակարար ջերմունակությունը	Միջին %

3. Հետազոտվող մարմինը թելից կապելով իջեցրնք ջեռոցի մեջ, պահելով 10—15 րոպե:

4. Դոնք կալորամետրի (ներսի անոթի) մասսան:

5. Կալորամետրը կշռեցնք ջրով լի և վորոշեցնք ջրի քաշը:

Ծանոթություն. Փոխանակ ջուրը կշռելու, նրա մասսան կարելի է վորոշել ծավալի միջոցով:

6. Կալորամետրի ներսի գլանը դրնք դրսի գլանի մեջ:

7. Խառնիչով խառնել կալորամետրի ջուրը և վորոշել կալորամետրի ու ջրի ջերմաստիճանը:

8. Կալորամետրի և ջրի ջերմաստիճանը վորոշելուն պես, տաքացրնք ջեռոցի ջերմաստիճանը, ջեռոցից շուտ հանել մարմինը և մտցնել կալորամետրի մեջ:

9. Կալորամետրի ջուրը խառնիչով խառնելուց հետո նշեցնք ամենաբարձր ջերմաստիճանը. դա կլինի վերջնական ջերմաստիճանը:

10. Ստացված ավյալներով վորոշեցնք մարմնի տեսակարար ջերմունակությունը:

11. Համեմատեցնք ստացած արդյունքները աղյուսակի ավյալների հետ և գտնք սխալի տոկոսը:

12. Մյուս մարմինների հետ էլ կատարեցնք չափումներ:

Առաջադրություն 2. Վորոշեցնք վորևե հեղուկի տեսակարար ջերմունակությունը:

1. Գտնք մի մետաղի կտորի մասսան, մետաղ, վորի տեսակարար ջերմունակությունը հայտնի է:

2. Աշխատանքի մյուս ավյալները և մասսան գրանցնք աղյուսակում: Գրանցման սխեման կազմեցնք ինքնուրույն:

3. Կշռեցնք կալորամետրի ներսի անոթը:

4. Կալորամետրի մեջ լցրնք այնքան հեղուկ, վոր վերցրած մետաղն ամբողջապես ուղղի հեղուկի մեջ և գտնք նրա մասսան դրամներով:

5. Վորոշեցնք հեղուկի ջերմաստիճանը, զգուշությամբ նրան խառնելով խառնիչով նախքան տաքացրած մարմինը կալորամետրի մեջ իջեցնելը:

6. Հեղուկի ջերմաստիճանը վորոշելուց անմիջապես հետո դնեցնք ջեռոցի ջերմաստիճանը, ջեռոցից արագությամբ դուրս քաշնք տաքացված մարմինը և նրան խորասուզնք հեղուկի մեջ:

7. Հեղուկը խորասուզված մարմնի հետ խառնեցնք խառնիչով և վորոշեցնք վերջնական ջերմաստիճանը:

8. Վորոշեցնք հեղուկի տեսակարար ջերմունակությունը:

9. Ստացված արդյունքը համեմատեցնք աղյուսակի ավյալների հետ և գտնք սխալի տոկոսը:

46. Լաբորատոր աշխատանք **5. Ուժեղ տաքացած մարմնի ջերմաստիճանի վորոշումը կալորամետրական եղանակով:**

Դործիքներ՝ 1) կալորամետր, 2) կշեռք իր կշռաքարերով, 3) մետաղի մի փոքրիկ կտոր՝ 50—100 գ (կերկաթ), 4) մի կտոր լար, ծայրը այնպես կտացրած, վոր նրանով հնարավոր լինի բռնել մետաղի կտորը, 5) ջերմաչափ:

1. Կշռել կալորամետրի ներթի գլանը և արդյունքը գրանցել հետևյալ աղյուսակում:

Փորձի №	Կալորամետրի մասսան	Կալորամետրի մասսան Ջրով	Ջրի մասսան	Ջրի ջերմաստիճանը	Մետաղի կտորի մասսան	Մետաղի տեսակարար ջերմունակությունը	Հաստուքդի ջերմաստիճանը	Տաքացված մետաղի կտորի մասսան

2. Կալորամետրը լցրեք սառը ջրով:

3. Կալորամետրը կշռեք ջրով և վորոշեցեք ջրի մասսան:

4. Կշռեցեք մետաղի կտորը:

5. Մետաղի կտորը վերցրեք լարով և այն տեղավորեցեք ջեռոցի կամ ապիրատրոցի բոցի մեջ:

6. Տաքացրեք մի քանի րոպե:

7. Վորոշեցեք կալորամետրի մեջի ջրի ջերմաստիճանը, խառնելով այն խառնիչով:

8. Ջրի ջերմաստիճանը վորոշելուց հետո անմիջապես կալորամետրը մոտեցրեք ջեռոցին և մետաղի տաքացած կտորը արագությամբ իջեցրեք ջրի մեջ:

9. Հեռացրեք կալորամետրը, ջուրը խառնիչով խառնեցեք և վորոշեցեք նրա վերջնական ջերմաստիճանը:

10. Ի՞նչպիսի ջերմաստիճան ուներ մետաղը տուղվելուց առաջ:

47. Ջերմային եներգիայի աղբյուրները: Մենք տեսանք, վոր ջերմային եներգիան կարող է ստացվել ի հաշիվ ծախսված մեխանիկական եներգիայի: Հարվածը, շփումը, սեղմումը, ծռումը և մեխանիկական ուրիշ գործողությունները մեխանիկական եներգիան փոխարկում են ջերմային եներգիայի:

Ջերմության զգալի մասն ստացվում է ի հաշիվ ճառագայթային եներգիայի:

Ճառագայթային եներգիա կոչվում է այն եներգիան, վոր ճառագայթների տեսքով արձակում են բոլոր մարմինները ամեն մի ջերմաստիճանում: Ցերը մարմնի ջերմաստիճանն անցնում է 500°-ից, նրա արձակած ճառագայթային եներգիան սկսում է աղդել աչքի վրա և ըմբռնվում է վորպես լույս (տվյալ դեպքում վորպես կարմիր լույս): Մոտ 1200°-ում մարմնի արձակած եներգիայի այն մասը, վորն աղդում է աչքի վրա, առաջացնում է սպիտակ լույսի տպավորություն: Մարմինների արձակած ճառագայթային եներգիան, բացի լուսական աղդեցությունից, առաջ է բերում նաև ուրիշ աղդեցություններ, վորոնք նկարագրված են դասընթացի յերրորդ մասում:

Ցերը մարմնի արձակած ճառագայթային եներգիայի վորևե մասը կլանվում է մի ուրիշ մարմնի կողմից, վորի վրա նա ընկնում է, մեծ մասամբ վեր է ածվում ջերմային եներգիայի, տաքացնելով կլանող մարմինը:

Յերկիրը Արևից հսկայական քանակությամբ ճառագայթային եներգիա յե ստանում: Յերկրի մակերևույթի այն մասի վրա, վոր արևի ճառագայթների նկատմամբ ուղղահայաց դիրք ունի, յուրաքանչյուր 1 սմ² վրա 1 րոպեում ընկնում է համարյա 1 փոքր կալորիա, կամ 4,19 ջոուլ[1]) եներգիա: Կարևի յե պատկերացնել, թե վորքան մեծ է ճառագայթային եներգիայի այն ամբողջ քանակությունը, վոր տարվա ընթացքում ընկնում է յերկրագնդի ամբողջ մակերեսի վրա: Մյուս արև-աստղերից ստացված ճառագայթային եներգիան, համեմատած արևի ճառագայթման հետ, աննշան է[2]): Արևից Յերկրին հասնող ճառա-

---

1) Մենոլորտի սահմանում ընկնում է 1,94 $\frac{\text{կալ}}{\text{սմ}^2 \text{ րոպե}}$ (արևի հաստատուն):

2) Բոլոր աստղերի և մոլորակների համատեղ առաքած եներգիան կազմում է արեգակնային առաքման $\frac{1}{30,000,000}$ մասը (ըստ Նյուկոմբի): Ջերմային հոսույթը յերկրագնդի խորքերից, նրա մակերեսի յուրաքանչյուր քառակուսի սանտիմետրի վրա տարեկան կազմում է ընդամենը 55 փոքր կալորիա, արեգակնային ճառագայթման մոտավորապես տասհազարերորդական մասը, վոր արևը տալիս է նույն տարածությանը:

գայթային եներգիայի մոտավոր չափով եներգիա կլանվում և ամբողջ մթնոլորտի ոդի կողմից։

Արևից ստացվող եներգիայի մի զգալի մասն անոդուստ և կորչում մարդկանց և յերկրի համար, նա անդրադառնում է Յերկրից և ցրվում տարածութեյան մեջ։

Մյուս մասը կլանում է յերկիրը և նրա մեջ փոխարկվում է ջերմութեյան, վորի շնորհիվ յերկիրը պահպանում է իր մակերեսի միջին տարեկան ջերմաստիճանը, մոտավորապես 15°։ Ջերմութեյունը, վորն ստացվում է ի հաշիվ այդ կլանված ճառագայթային եներգիայի, առաջ և բերում ջրի գոլորշիացում, վեր է բարձրացնում ջրային գոլորշիները և պահպանում է յերկրագնդի մակերեսի վրա գոյութեյուն ունեցող ջրային շրջապատուկը, վոր մասերից և գետակներից ու գետերից ջրի հոսանքը։ Հենց նա էլ ստեղծում է շրջապատուկ մթնոլորտում, վորը հանդես է գալիս քամիների ձևով։

Հոսող ջրի և քամու կինետիկ եներգիան իրեն ծագումով պարտական է այն ջերմային եներգիային, վոր կլանում է յերկիրը արևի ճառագայթային եներգիայից։

Յերկրագնդի վրա հիդրավլիկ հզորութեյունը (հոսող ջրի հզորութեյունը) մոտ 800 000 000 ձիու ուժի չի հավասար։ Մարդն իր արտադրական գործունեյութեյան ընթացքում լայն չափով ոգտվում է, իսկ հետագայում ավելի լայն չափերով կոգտվի ջրի և քամու կինետիկ եներգիայից, մեքենաները շարժման մեջ դնելու համար։ Հետևաբար կարելի չի ասել, վոր նա իր ջրային և հողմային կառուցվածքներում վերջին հաշվով ոգտագործում է արեգակնային եներգիան։

Այն ջերմութեյունը, վորին փոխարկվում է արևից կլանած ճառագայթային եներգիան, մասամբ կրկին վեր է ածվում ճառագայթային եներգիայի և յերկրի կողմից վերստին ճառագայթվում է տիեզերական տարածութեյան մեջ, մի հանգամանք, վոր արտահայտվում է յերկրի մակերևույթի վորոշ մասերի ջերմաստիճանի անկումով, այն ժամանակամիջոցներում, յերբ արևից յերկրի վրա ընկնող ճառագայթային եներգիան կամ կրճատվում է և կամ բոլորովին դադարում ընկնելուց, այսինքն՝ ձմեռը և գիշեր ժամանակ։

Յերկրի վրա ընկնող ճառագայթային եներգիայի մի ավելի

վոքը մի մասը փոխարկվում է եներգիայի մի նոր տեսակի, այն է՝ քիմիական եներգիայի։

Քիմիական եներգիա կոչվում է այն եներգիան, վոր յերկնքի և գալիս նյութերի քիմիական փոխակերպութեյունների ժամանակ։ Որինակ՝ վորպեսզի ածխաթթու գազի մոլեկուլը քայքայվի իր բաղադրիչ մասերի, պահանջվում է գզալի քանակութեյամբ եներգիա (8000 փոքր կալորիա՝ ածխածնի յուրաքանչյուր գրամի համար)։ Ուստի ածխածնի մեկ ատոմը և թթվածնի 2 ատոմը, վորոնք ընդունակ են միանալու իրար հետ, ոժանդակ են նույն քանակութեյամբ եներգիայի պաշարով (պատճենյիալ եներգիայի մի տեսակը), վորը և կոչվում է քիմիական եներգիա։ Ջրածնի ատոմը և քլորի ատոմը, յերբ իրար հետ միացած են, իրարից բաժանելու համար պահանջվում է 600 կալորիա եներգիա՝ քլոր ջրածնի յուրաքանչյուր մեկ գրամի համար։ Ջրածնի ատոմը և քլորի ատոմը, վորոնք ձգտում ունեն միանալու, ունեն քիմիական եներգիայի պաշար։ Նրանց միացման ժամանակ քլոր ջրածնի յուրաքանչյուր գրամի գոյացման դեպքում քիմիական եներգիան վեր է ածվում ջերմայինի և արտադրվում է 600 կալորիա։ Այսպիսով քիմիական ուրիշ յերևույթների մեջ ևս մարմինները, կամ դրանից եներգիա չեն կլանում և փոխարկվում նոր առաջացող մարմինների քիմիական եներգիայի և կամ ընդհակառակը, տալիս են իրենց քիմիական եներգիան՝ վերածելով այն գլխավորապես ջերմային եներգիայի (և նրա միջոցով եներգիայի այլ ձևերի)։

Քիմիական եներգիայի չի վերածվում ճառագայթային եներգիայի այն յերրորդ մասը, վորի մասին հիշատակված է վերևում։

Բլորոֆիլի հատիկները, վորոնք ծառերի տերևներին, բույսերին կանաչ գույն են տալիս, կլանելով արևի ճառագայթային եներգիան, նրա միջոցով քայքայում են ոդի մեջ պտնվող ածխաթթու գազի մոլեկուլները։ Թայքայման ժամանակ թթվածինը հեռանում է, իսկ ածխածինը մնում է բույսի մեջ, առաջ

ելրող այն չափով, ինչ չափով ճառագայթային էներգիա չի ծախսվել նրանց առաջացման վրա։

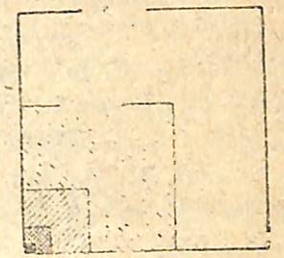
Երբ առեղծվում են պայմաններ, երբոնք նպաստում են ածխածնի մի ատոմի միացմանը թթվածնի յերկու ատոմի հետ, այսինքն յերբ ակռվում է, այսպես կոչված, այրումը, ապա մոլեկուլների այդ զույգի քիմիական էներգիան վեր է ածվում ջերմայինի, և յուրաքանչյուր 1 գրամ ածխածնի այրումից առանում է ավելի քան 8000 փոքր կալորիա ջերմություն։

Ածխածնային միացությունների ոգտագործումը վրալեռ վառելանյութ՝ հիմնված է այն իրողության վրա, որ ածխածնային միացությունները քիմիական էներգիայի մեծ պաշար ունեն, և այդ պաշարը հեշտությամբ է վերածվում ջերմային էներգիայի։ Այս ձևով տեխնիկան վորպես վառելանյութ ոգտագործում է փայտը, տորֆը, ածուխը, նավթը և թերթաքարը։ Տորֆը, ածուխը և նավթը առացվում են մեռած բույսերի պրոցեսների դանդաղ վերականգնման հետևանքով, իսկ նավթը՝ նաև կենդանական պրոցեսների վերականգնման, ինչպես և զգալի ճնշման ու թթվածնի առկայության պայմաններում։ Սրանցից յուրաքանչյուրի հիմնական վառվող նյութը քիմիական էներգիայի պաշար է պարունակում, որ մի ժամանակ կուտակված է յեղել ի հաշիվ արևի ճառագայթային էներգիայի։

Այսպիսով, ինչպես ջրի և քամու էներգիան, այնպես և վառելանյութերի էներգիան արեգակնային էներգիայի մի ձևափոխությունն է ներկայացնում։

Բայց բույսերն իրենց վրա ընկնող արեգակնային էներգիայի շատ աննշան մասն են յուրացնում։ Բույսի բուռն աճման շրջանում կանաչ տերևը, վորպես ամենաբարձր ոգնման՝ կարող է յուրացնել իր վրա ընկնող ճառագայթման 8% միայն (8% ֆիզիոլոգիական ոգնման է)։ Միջին յուրացումն իջնում է ճառագայթման մոտ 2%-ին (2% յուրացման տեխնիկան ոգնման է)։ Իսկ յեթե վերցնենք ճառագայթային այն էներգիան, վոր ընկնում է ամբողջ ցամաքի և վոչ միայն բուսականությամբ ծածկված մասի վրա, ապա նրա հարաբերությամբ ոգտագործման տոկոսն իջնում է մինչև 0,15-ի։

Յերկրի վրա ընկնող ամբողջ արեգակնային ճառագայթային էներգիայի (1,34 · 10^{24} փոքր կալ ամբողջ տարվա ընթացքում) և բույսերի կողմից յուրացված նրա մասի համեմատական չափերի մասին կարելի է գաղափար կազմել հետևյալ դիագրամայից, վոր վերց է առնված Վ. Մ. Շուլգինի «Արևի էներգիան» գրքից (նկ. 43)։



Նկ. 43 Արեգակնային էներգիայի ոգտագործումը։

Յեվ ապա յերկրագնդի վրա բուսականության կողմից յուրացված ճառագայթային էներգիան մինչև այժմ մոտ 10 անգամ գերազանցում է այն էներգիան, վոր մարդկությունն առանում է վառելանյութից և ջրերի անկումից։

Արեգակնային էներգիան բույսերի միջոցով ձևափոխվում է մի ուրիշ ճանապարհով ևս։ Բույսերը կեր են ծառայում կենդանիների համար և նրանց մեջ կուտակված արեգակնային էներգիան վեր է ածվում կենդանու օրգանիզմի էներգիայի։ Գիշատիչ կենդանիները իրենց էներգիան վերցնում են այն կենդանիների մարմինների արեգակնային էներգիայի պաշարից, վորոնց ընդհանրապես նրանք անվում են։ Ինչը մարդը իր էներգիան առանում է յերկու աղբյուրից՝ կենդանական և բուսական աննդից։ Այսպիսով կենդանի օրգանիզմում տեղի է ունենում էներգիայի ձևափոխման հետևյալ ընթացքը։ Նրա մեջ մտնում է արեգակնային ճառագայթային էներգիան քիմիական էներգիայի ձևով վորպես կենդանական կամ բուսական աննդի ածխածնային միացություններ։ Այդ ածխածնային միացություններն ոքսիդացնում են ներշնչած թթվածնի հաշվին, և այս դեպքում քիմիական էներգիան վեր է ածվում ջերմային էներգիայի։ Որգանիզմի ջերմային էներգիան վեր է ածվում որգանիզմի որգանների էներգիայի (շնչառություն, որտի աշխատանք և այլն)։ Նրա մի զգալի մասը ծախսվում է տարածության մեջ ճառագայթման վրա (այդ կոբուսաը փոքրացնելուն են ծառայում հագուստները և բնակարանները), ներշնչած ոդը տաքացնելու, մարմնի մակերեսից ջուրը գոլորշիացնելու վրա։ Յեվ միայն փոքր մասը (15—

20% -ը)[1] վեր է ածվում ոգտակար աշխատանքի, որը մարդու կողմից ոգտագործվում է իր արտադրական կարիքների համար։

48. Վառելացուցչի յեվ սննդի ջերմատարողունակությունը։ Վառելանյութի յուրաքանչյուր կիլոգրամն այրվելիս արտադրում է վորոշակի քանակությամբ մեծ կալորիա ջերմություն։ Այս թիվը կոչվում է վառելանյութի ջերմատարողունակություն։ Ճիշտ այդպես էլ սննդի ամեն մի կիլոգրամին, այրվելով որգանիզմի մեջ կամ նրանից դուրս, արտադրում է վորոշակի թվով մեծ կալորիա ջերմություն։ Վերջին թիվը կոչվում է սննդի ջերմատար ունակություն կամ կալորիականություն։

Վառելացուցչի ջերմատար ունակություն կոչվում է կիլոկալորիաների այն քանակը, որ արտադրվում է մեկ կիլոգրամ վառելացուցչի այրվելիս։

Սննդի ջերմատար ունակություն կոչվում է կիլոկալորիաների այն քանակը, որ արտադրվում է 1 կիլոգրամ սննդանյութի այրվելիս։

Յեթե այրվող վառելանյութի քանակը նշանակենք m-ով, ջերմատար ունակությունը՝ q-ով և վառելանյութին այրելուց առաջված ջերմաքանակը՝ Q-ով, ապա ջերմաքանակը հավասար կլինի ջերմատար ունակության և վառելանյութի մասսայի արտադրյալին, այսինքն՝

$$Q = qm։$$

Տարբեր տեսակի վառելանյութերին իրար հետ համեմատելու համար ընդունում են այսպես կոչված պայմանական վառելանյութ, որի ջերմատար ունակությունն է 7000 $\frac{կ.կալ}{կգ}$։

Հետևյալ աղյուսակում բերված են տարբեր վառելանյութերի ջերմատար ունակությունները և նրանց համեմատությունը պայմանական վառելանյութի հետ (կալորիականության համարժեքներ)[2]։

1) Կարճ ժամանակամիջոցներում կարող է վերածվել աշխատանքի։

2) Աղյուսակը կազմված է ըստ «Տեխնիկական էնցիկլոպեդիայի տեղեկագրքի», հ. III։

Վառելանյութի տեսակը	Մարկա	Ջերմատար ունակությունը կիլոկալորիաներով մեկ կիլոգրամի համար	Համարժեք
Պայմանական վառելանյութ	—	7000	1,00
Դոնեցի քարածուխ	К	7005	1,00
» անտրացիտ	АП	7230	1,03
Մերձմոսկովյան ածուխ	С	3000	0,43
Չելյաբինսկի ածուխ	—	4755	0,68
Կուզնեցկի (Լենինյան) ածուխ	—	6765	0,98
Սուչանական » »	—	6970	0,99
Փայտ	—	3005	0,43
Տորֆ (տարբեր ջրշանների համար միջինը)	—	3500	0,50
Սուրախանի նավթ	—	10900	1,50
Բալախանի նավթ	—	10500	—
Բենզին	—	11230	—
Կերոսին	—	11659	—
Մեքենայի յուղ	—	10899	—
Վառվող գազեր	—	8000—9000	—

Վարժություն 4.

1. Թվեցեք լեն մակերեսին ընկնող ճառագայթային էներգիայի բոլոր հնարավոր փոխոխություններն։

2. Թվեցեք այն ամեն ներգիայի բոլոր հնարավոր փոխոխությունները, որ անձրև և տալիս վոլոխով գետի ափունքներին։

3. Գտեք պլեմոտոր ոգտակար գործողության գործակիցը, յեթե $t=16°$ ջերմություն ունեցող 3 լիտր ջուր, որ լցված է 1 կգ կշիռ ունեցող պղնձե ամանի մեջ, մինչև յեռման աստիճան տաքացնելու համար հարկավոր է այրել 80 գրամ կերոսին։ Պղնձի տեսակարար ջերմունակությունը հավասար է $0,09 \frac{կալ}{գ.աստ}$։ Պատ. ≈ 29,5%։

4. Շոգեքարշի յուրաքանչյուր ձիաուժի վրա մեկ ժամում գործադրվում է 1,5 կգ Դոնեցի ածուխ։ Գտեք շոգեքարշի ոգտակար գործողության գործա-

կիլոգրամ, յուղի ածխի ջերմարար ունակությունը հավասար է 7000 $\frac{\text{կգ. կալ}}{\text{կգ}}$։

Պատ. 60%։

5. Հաշվեցեք, թե վորքան նավթ է գնում 240 ձիու ուժ հզորություն ունեցող շոգեմեքենան 1 ժամ բանեցնելու համար, յեթե մեքենայի ոգտակար գործողության գործակիցը՝ $\eta=12\%$-ի, իսկ նավթի ջերմարար ունակությունն է 10500։ Պատ. 120 կգ։

6. Քանի՞ կիլոմետր ճանապարհ գնալու համար ավտոբուսին կբավականացնի 10 կգ բենզինը, յեթե շարժիչի ոգտակար գործողության գործակիցը՝ $\eta=15\%$, ավտոբուսի կշիռն է 3 տոննա, շփման գործակիցը խճուղու մակերևույթի հետ՝ 0,02, իսկ բենզինի ջերմարար ունակությունն է 11200։ Պատ.≈120 կմ։

7. 40 ձիու ուժ ունեցող ավտոմոբիլը, $\eta=20\%$ ոգտակար գործողության գործակցով, 16 կգ բենզինի պաշար ունի։ Քանի՞ կիլոմետրի կբավականացնի այդ պաշարը 60 $\frac{\text{կմ}}{\text{ժամ}}$ արագության դեպքում։ Պատ.≈85 կմ

8. Կապարն գնդակը թռչում է 200 $\frac{\text{մ}}{\text{վրկ}}$ արագությամբ։ Քանի՞ աստիճան նա կտաքանա, յեթե հանկարծ կանգ առնի և նրա ամբողջ էներգիան գործադրվի այն տաքացնելու վրա։ Կապարի տեսակարար ջերմունակությունն է 0,03 $\frac{\text{կալ}}{\text{գ. աստ}}$։ Պատ. 160։

9. Վիրքան կնստի 1 լիտր ջրի տաքացումը 20°-ից մինչև 100° մի յեռարանի մեջ, վորի մասսան 1,5 կգ է, տեսակարար ջերմունակությունը՝ 0,12 $\frac{\text{կալ}}{\text{գ. աստ}}$ և ոգտակար գործողության գործակիցը՝ 60%, յեթե էներգիայի մեկ հեկտոլիտր-ժամը արժե 1,6 կոպ.։ Պատ.≈2,9 կոպ.։

10. Թուջե ձողը ծածկելիս՝ նրա անցքի մեջ լցված ջուրը քանակով 5 կգ է և ջերմաստիճանով $t=10^0$ 5 րոպեում յեռաց։ Գտեք ծակիչ մեքենայի հզորությունը ձիաուժերով արտահայտած, արհամարհելով ջերմային կորուստները։ Պատ. 8,5 ձիաուժ։

11. 400 000 կիլոգրամ կշռող գնացքը, վոր գնում էր 45 $\frac{\text{կմ}}{\text{ժամ}}$ արագությամբ, արգելակներով կանգնեցրին։ Ի՞նչ քանակությամբ ջերմություն առաջացավ արգելակներում։ Պատ.≈9148 մեծ կալ

12. Գոլորշու ճնշումը շոգեմեքենայի գլանի մեջ հավասար է $p=9\ \frac{\text{կգ}}{\text{սմ}^2}$։ Մխոցի մակերեսը $s=300$ սմ², մխոցի քայլը (ход поршня) $l=100$ սմ, քաշանիվի պտույտների թիվը մեկ րոպեում հավասար է 60-ի, մեքենայի ոգտակար գործողության գործակիցը $\eta=12\%$-ի։ Գտեք նավթի այն քանակը, վոր 1 ժամում գործադրվում է՝ ա) ամբողջ մեքենայի վրա, բ) յուրաքանչյուր ձիաուժի վրա։ Նավթի ջերմարար ունակությունը հավասար է 10 000 $\frac{\text{կգ կալ}}{\text{կգ}}$։ Պատ.≈38 կգ։

13. Գտնել դիզել-մոտորի ոգտակար գործողության գործակիցը, եթե նրա յուրաքանչյուր ձիաուժի վրա 1 ժամում ծախսվում է 0,2 կգ նավթ. 10 000 $\frac{\text{կգ կալ}}{\text{կգ}}$ ջերմարար ունակությամբ։ Պատ.≈03։

14. Քանի՞ ձիաուժի է հավասար ջրի հոսանքի հզորությունը, յեթե մի վայրկյանում հոսում է 5,6 մ³ ջուր՝ 2,4 $\frac{\text{մ}}{\text{վրկ}}$ արագությամբ։ Ցետ մեկ վայրկյանում վորքան ջերմություն պետք է գործադրել այդպիսի հզորություն առեղծելու համար։ Պատ.≈22 ձիաուժ։

15. Հաշվեցեք Մաքսիմ գնդացրի ոգտակար գործողության գործակիցը, յեթե գնդակի քաշն է 9,6 գ, նրա վրա ունեցած լիցքը՝ 3,2 գրամ, իսկ սկզբնական արագությունը՝ 880 $\frac{\text{մ}}{\text{վրկ.}}$, վառոդի ջերմարար ունակությունն է 900 $\frac{\text{կալ}}{\text{գ}}$։ Պատ.≈31%։

16. Քանի՞ կալորիայի է հավասարամեծ մեկ ձիաուժ աշխատանքը մեկ ժամում։ Պատ.≈632 կգ կալ։

17. Գտեք պրիմուսի հզորությունը ձիաուժերով, յեթե նրա վրա 10 րոպեում 2 $\frac{1}{2}$ լիտր ջուրը տաքացել է 0°-ից մինչև 100°, հաշվելով վոր ամբողջ էնէրգիան ծախսվել է տաքացնելու վրա։

18. Ի՞նչքան կնստի 0°-ի մեկ լիտր ջրի տաքացումը ալյումինի կաթսայի մեջ, վորի մասսան 500 գ, յեթե պրիմուսի ոգտակար գործողության գործակիցը 30% է, վերոնշյալ կերոսինի տեսակարար կշիռը՝ 0,8 $\frac{\text{գր}}{\text{սմ}^3}$, նրա ջերմարար ունակությունը՝ 11000 $\frac{\text{կալ}}{\text{կգ}}$ և լիտրի արժեքը՝ 47 կոպեկ, իսկ ալյումինե տեսակարար ջերմունակությունը հավասար է 0,22 $\frac{\text{կալ}}{\text{գ. աստ}}$։

19. Ինչքա՞ն կնստի 1 լիտր ջուրը 20°-ից մինչև 100° տաքացնելը ջեռոցի մեջ, վորի մասսան է 1,5 կգ, տեսակարար ջերմունակությունը՝ 0,12 $\frac{\text{կալ}}{\text{գր. աստ}}$ և ոգտակար գործողության գործակիցը՝ 60% յեթե մեկ հեկտոլիտր ժամը արժե 2 կոպեկ։

ՀԱՐՑԵՐ

1. Ինչ է կալորիան և կիլոկալորիան:
2. Ինչ է նյութի տեսակարար ջերմունակությունը:
3. Ինչպես է կոչվում նյութի տեսակարար ջերմունակության միավորը:
4. Ինչ է մարմնի ջերմունակությունը:
5. Ինչպես հաշվել ջերմության այն քանակը, որ պահանջում է տվյալ մարմնի մասսան տվյալ թվով աստիճան տաքացնելու համար:
6. Ինչպիսի քանակով և արտահայտում այն ջերմաքանակը, որ պահանջվում է մարմինը տաքացնելու կամ արձակվում է նրանից նրա սառչելու դեպքում:
7. Ինչ բան է կալորամետրական հավասարումը և ինչի վրա է հիմնված նրա կազմումը:
8. Ինչպես հաշվել ջրի յերկու քանակների խառնուրդի ջերմաստիճանը և դրա համար ինչպիսի տվյալներ են հարկավոր:
9. Ինչպես հաշվել մարմնի տեսակարար ջերմունակությունը, դրա համար ինչպիսի տվյալներ են անհրաժեշտ և ինչպե՞ս կարելի է դրանք ստանալ:
10. Ինչ յերևույթներ են հիմք ծառայում ընդունելու համար, որ ջերմությունը ենթադրյալ մի տեսակն է:
11. Ինչն է կոչվում ջերմության մեխանիկական համարժեք:
12. Ծարքեր սխառեների ինչպիսի՞ միավորներով և արտահայտվում ջերմության մեխանիկական համարժեքը:
13. Ինչն է կոչվում աշխատանքի ջերմային համարժեք:
14. Ծարքեր սխառեների ինչպիսի՞ միավորներով և արտահայտվում աշխատանքի ջերմային համարժեքը:
15. Ինչումն է կայանում ջերմության մեխանիկական համարժեքի վրա Ջոուլի:
16. Ինչումն է կայանում ենթադրյալ փոխակերպման և պահպանման օրենքը: Թվեցեք օրինակներ:
17. Ինչ է վառելանյութի ջերմատար ունակությունը:
18. Ինչ միավորներով և արտահայտվում վառելանյութի ջերմատար ունակությունը:
19. Ինչ է պայմանական վառելանյութը:
20. Ինչպիսի՞ և հաշվվում և ինչ բանաձևով է արտահայտվում ջերմության այն քանակը, որ ստացվում է վառելանյութի այրումից:

---

2. ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ԸՆԴԼԱՅՆՈՒՄԸ ՋԵՐՄՈՒԹՅՈՒՆԻՑ

49. Ստուգիցեցեք գծային յեվ ծավալային ընդարձակումը: Բազմաթիվ փորձերը ցույց են տալիս, որ տարբեր մարմիններ միևնույն և հավասար ջերմաստիճանի փոփոխման պայմաններում տարբեր չափով են փոփոխվում: Որինակ, յեթե միևնույն չափերն ունեցող յերկաթյա և պղնձյա թիթեղները գամենք ծայրերից (նկ. 44), ապա տաքացման դեպքում նրանք կընդունեն կոր տեսք, վորտեղ պղինձը կլինի ուռուցիկ մասում, իսկ սառեցման դեպքում՝ դուրս վոր մասում: Այս փորձը ցույց է տալիս, վոր պղինձը և յերկաթը տարբեր չափով են ընդարձակվում:



Նկ. 44. Պղնձից և յերկաթից գամված թիթեղի ձևումը տաքացնելիս և սառեցնելիս:

Բանի վոր տարբեր մարմինների ընդարձակումը տարբեր է, ապա այս հատկության ուսումնասիրության համար ընդունվում են հատուկ մեծություններ, վորոնք կոչվում են ընդարձակման գործակիցներ:

Բանի վոր կարծր մարմինները կարող են ունենալ յերեք, ձողի, հեծանի, խոզովակի, ոլորի և այլ նման ձևեր, վորոնց համար մի ուղղությունը (յերկարությունը) կարող է անհամեմատ մեծ լինել, քան նրա մյուս չափերը (հաստությունն և լայնությունն), ապա կարծր մարմինների նկատմամբ պետք է հաշվի առնել ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում միայն գծային ընդարձակումը—չափի փոփոխությունը միայն մի ուղղությամբ:

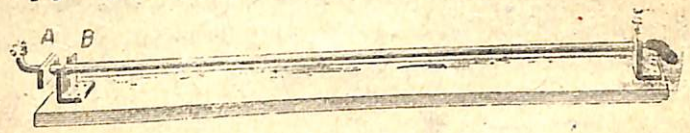
Մնացած բոլոր կարծր մարմինների համար, վորոնց վորևե չափը չի զերազանցում մյուս ուղղությունների չափերին, ինչպես և հեղուկների ու գազերի համար, վորոնք միշտ վտակված են լինում անոթներում, նկատի յե առնվում ծավալային ընդարձակումը—ծավալի փոփոխությունը:

Ինչ վերաբերում է հեղուկների ընդարձակմանը, ապա նրանց անոթների մեջ տաքացնելիս կարելի յե նկատել միայն, այսպես կոչված, թվացող ծավալային ընդարձակումը—հեղուկի իրական ծավալի տարբերությունը, վորը համապատասխանում է ջերմաստիճանի տվյալ փոփոխությանը և այն ծավալին, վորն ընդունել է անոթը նույն ջերմաստիճանի դեպքում: Հեղուկի իրական ընդարձակումը կարելի յե հաշվել այդ տվյալներով:

50. Լաբորատոր աշխատանք 6. Պինդ մարմնի գծային ընդարձակման գործակցի չափումը

Գործիքներ. 1) *Լերմանոովի գործիքը (նկ. 45), 2) մի քանի մետաղյա խողովակներ, յուրաքանչյուրը մոտ 1 մետր երկարությամբ, որոնք իրենց ծայրերից մեկում ունեն մեկական թիթեղ՝ խողովակին ուղղահայաց ամրացված, 3) մետրական մաղաշար՝ միլիմետրական բաժանումներով, 4) հաստաչափ, 5) կոլբ, 6) յեռոտանի, 7) այրոց, 8) ռետինե խողովակներ, 9) բաժակ՝ ջուրը հավաքելու համար, 10) ջերմաչափ (ընդհանուր բոլոր խմբերի համար):*

Աշխատանքի ընթացքը. 1. *Մաղաշարով՝ մինչև 1 մմ ճշտությամբ չափեցեք խողովակի սկզբնական երկարությունը*



Նկ. 45. Լերմանոովի գործիքը՝ գծային ընդարձակման գործակիցը չափելու համար:

նը՝ նրա մի ծայրից մինչև մյուս ծայրին ամրացված թիթեղը (l_0), նշեցեք խողովակի սկզբնական ջերմաստիճանը t_1^0 (սենյակի ջերմաստիճանը) և այդ ավյալները գրի առեք աղյուսակում:

2. *Խողովակը հագցրեք գործիքի մեջ այնպես, որ խողովակի թիթեղը (A) և գործիքինը (B) մոտ գտնվեն իրար. խողովակի մյուս ծայրը C պտուտակով ամրացրեք գործիքի յերկրորդ թիթեղին: Հաստաչափով չափեցեք A և B թիթեղների արտաքին յեզրերի միջև յեղած հեռավորությունը և ստացած թիվը գրի առեք աղյուսակում:*

3. *Կոլբայի մեջ լցրեք նախորոք պատրաստված սառ ջուրը, կոլբան ռետինե խողովակով միացրեք մետաղե խողովակի հետ, յեռացրեք կոլբայի մեջ լցված ջուրը և թաց թողեք գոլորշին մետաղե խողովակի միջով, խողովակից ջուրը հավաքեցեք բաժակի մեջ:*

4. *Յեռացնելն սկսելուց մոտավորապես 10 րոպե անց, յերբ կարելի յե համոզված լինել, որ մետաղե խողովակն ընդունել և յեռացող ջրի ջերմաստիճանը[1]), հաստաչափով կրկին անգամ չափեցեք թիթեղների արտաքին յեզրերի միջև յեղած հեռավորությունը և հաստաչափի յուցումները գրի առեք աղյուսակում: Աղյուսակում գրի առեք նաև մետաղե խողովակի վերջնական ջերմաստիճանը՝ t_2^0, այն ընդունելով հավասար յեռացող ջրի ջերմաստիճանին, այսինքն՝ 100^0-ի[2]):*

5. *Հաստաչափի վերջնական յուցումից հանելով նրա սկզբնական յուցումը, գտեք ամբողջ խողովակի յերկարացման չափը. հաշվեցեք նաև, թե վորքանով և փոփոխվել խողովակի ջերմաստիճանը փորձի ընթացքում:*

6. *Հաշվեցեք, թե վորքան և յերկարել խողովակը 1^0 տաքանալու հետևանքով:*

7. *Հաշվեցեք խողովակի սկզբնական յերկարության այն մի միավորին բաժին ընկնող աճը, խողովակը 1^0 տաքանալու ժամանակ:*

Խողովակի նյութը	Սկզբնական ջերմաստիճանը, t_1^0	Սկզբնական երկարությունը l_0	Հաստաչափի սկզբնական ցուցմունքը	Վերջնական ջերմաստիճանը t_2^0	Հաստաչափի վերջնական ցուցմունքը	Ցուցմունքների տարբերությունը Δl	Ջերմաստիճանների փոփոխությունը $t=t_2-t_1$	Ցուցմունքների տարբերությունը 1 մմ երկարության համար $\frac{\Delta l}{l}$	Ցուցմունքների տարբերությունը 1 մմ համար 1^0 տաքանալու դեպքում $\frac{\Delta l}{t l_0}$	Գծային միավոր

8. Համեմատեցեք ձեր հաշված գործակիցն աղյուսակային գործակցի հետ և վորոշեցեք սխալի տոկոսը. այդ անելիս նկատի ունեցեք, վոր ձեր փորձի ժամանակ վորպես խողովակի սկզբնական յերկարություն ընդունված եր այն յերկարությու-

---

[1]) Դրանում համոզվելու համար կարելի յե հաստաչափով մի քանի անգամ չափել A և B թիթեղների հեռավորությունն իրարից: Յերբ այդ հեռավորությունները դադարում են փոփոխվելուց, կարելի յե ընդունել, վոր խողովակի ջերմաստիճանը հավասար և յեռացող ջրի ջերմաստիճանին:

[2]) Հավացման առաջն առնելու համար խողովակը փաթաթում են մահուդով:

նը, վոր խողովակն ուներ սենյակի ջերմաստիճանում և վոչ թե պերը առաջիանում,

9. Նույն փորձը կատարեցնեք այլ նյութերից պատրաստված խողովակի հետ։

51. Պինդ մարմինների գծային ընդարձակման գործակից բանաձևը։ Յերեք մեր սրամտությանն առկ լինելին ավյալներ, վոր 1,5 մետր յերկարություն ունեցող յերկաթյա ձողը 0°-ից մինչև 20° տաքացնելիս յերկարել է 0,36 մմ, իսկ 1,2 մետր յերկարություն ունեցող պղնձյա ձողը 0°-ից մինչև 15° տաքանալիս յերկարել է 0,31 մմ, ապա անմիջականորեն բացարձակ ընդարձակման թվերով՝ 0,36 և 0,31 մմ-ով մենք չեյինք կարողանա համեմատել մեկ և մյուս նյութերի ընդարձակելիությունը։ Համեմատումը կլիներ հնարավոր, յեթե մենք յերկարության փոփոխությունը հաշվելիս նկատի ունենայինք միատեսակ սկզբնական յերկարություն և ջերմաստիճանի միատեսակ փոփոխություն։ Հաշվենք թե մեկը, թե մյուս նյութի յուրաքանչյուր մետրի յերկարության փոփոխությունը 1° տաքացնելու դեպքում՝

յերկաթի համար $\frac{0{,}0003\text{ մետր}}{1{,}5\text{ մ}\cdot 20\text{ աստ.}} = 0{,}000012\ \frac{1}{\text{աստ.}}$,

պղնձի համար $\frac{0{,}0003\text{ մետր}}{1{,}2\text{ մետր}\cdot 15^0} = 0{,}000017\ \frac{1}{\text{աստ.}}$։

Այս հաշիվը ցույց է տալիս պղնձի մեծ ընդարձակելիությունը։ Ստացված մեծությունները կոչվում են գծային ընդարձակման գործակիցներ։

Գծային ընդարձակման գործակից կոչվում է այն թիվը, վոր ցույց է տալիս, թե քանի մետրով 0°-ում վերցրած մարմնի սկզբնական յերկարությանն ամեն մի մետրը, յերբ մարմինը տաքացվում է 1°։

Պինդ մարմինների գծային ընդարձակման գործակիցը չափվում է հատուկ սարքերով և ըստ հետևյալ սխեմայի։ Նախ չափվում է ավյալ նյութից պատրաստված ձողի սկզբնական յերկարությունը l_0, 0° ջերմաստիճանում։ Ապա չափվում է նրա յերկարությունը l_t, t^0 ջերմաստիճանում։ $l_t - l_0$ տարբերությունը հանելով

նանում է ամբողջ ձողի յերկարության աճումը t^0 տաքացնելուց։ $\frac{l_t - l_0}{t}$ քանորդը ցույց է տալիս ամբողջ ձողի յերկարության աճումը 1° տաքացնելու հետևանքով, իսկ $\frac{l_t - l_0}{l_0 t}$ քանորդը տալիս է ձողի սկզբնական յերկարության յուրաքանչյուր միավորի աճումը 1° տաքացնելու հետևանքով, այսինքն հանդիսանում է ավյալ նյութի գծային ընդարձակման գործակիցը։ Յեթե այդ գործակիցը նշանակենք α, ապա

$$\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}.$$

Պինդ մարմինների գծային ընդարձակման գործակիցները, ինչպես յերևում է հաջորդ աղյուսակից, շատ փոքր են[1]),

Յերկաթ	0,000012	Պատին	0,000009
Արույր	0,000018	Ոսկի	0,000011
Պղինձ	0,000017	Ապակի	0,000010

52. Մարմնի յերկարության բանաձևը վորևե ջերմաստիճանում։ Գծային ընդարձակման գործակից $\alpha = \frac{l_t - l_0}{l_0 t}$ բանաձևից կարելի է գտնել, վոր $l_t = l_0 + \alpha t l_0$, կամ

$$l_t = l_0(1 + \alpha t) \qquad (VI)$$

$1 + \alpha t$ յերկանդամը կոչվում է գծային ընդարձակման բինոմ։ Այստեղից մարմնի յերկարությունը վորևե ջերմաստիճանում հավասար է 0°-ում նրա ունեցած յերկարությանը՝ բազմապատկած գծային ընդարձակման բինոմով։

Այս բանաձևով կարելի է վորոշել l_t, l_0, α և t մեծություններից վորևե մեկը, յեթե մնացած յերկուքը տրված են։

---

[1]) Մարմիններից տարբեր սահմաններում 1^0 տաքացնելիս, օրինակ՝ 0°-ից մինչև 1°, կամ 50°-ից մինչև 51°, կամ 100°-ից մինչև 101° գործակիցները համարյա միևնույնն են մնում։ Հետևաբար ընդարձակման ճշգրիտ գործակիցներ կարող ենք համարել մարմնի ջերմաստիճանից անկախ։ Աղյուսակում բերված են միջին գործակիցները։

Ո ր ի ն ա կ ն ե ր։ 1. Պղպատե հենձանը $t_1=15^0$ *ջերմաստիճանում ունի* $l_{15}=10,5$ *մետր երկարություն։ Գտնել նրա երկարությունը՝* l_{50}, *եթե* $t_2=50^0$-*ի։*

Լուծումն ընդհանուր ձևով։

$$lt_1=l_0(1+\alpha t_1),\ lt_2=l_0(1+\alpha t_2),$$

$$lt_2=\frac{lt_1(1+\alpha t_2)}{1+\alpha t_1},\ lt_2=lt_1[1+\alpha(t_2-t_1)]^1),$$

$$l_{50}=10,5(1+0,000011\cdot 35)=10,504\ \text{մետր}^1)$$

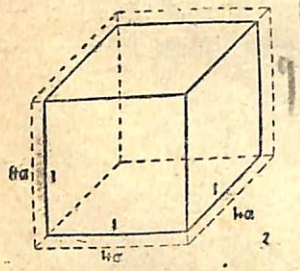
2. Պղպատե կամուրջի երկարությունը՝ $l_0=400$ *մետրի* 0^0-*ում. վորքանո՞վ կփոխվի այդ երկարությունը, եթե ջերմաստիճանը փոփոխվի* $t_1=-20^0$-*ից մինչև* $t_2=+40^0$։

$$lt_2=l_0(1+\alpha t_2),\ lt_1=l_0(1+\alpha t_1),\ lt_2-lt_1=l_0\alpha(t_2-t_1),$$

$$l_{40}-l_{-20}=400\cdot 0,000011\cdot 60=0,264\ \text{մետր։}$$

53. Մարմինների ծավալային ընդարձակման գործակցի բացատրությունը։

Ծավալային ընդարձակման գործակիցը կոչվում է այն թիվը, որը ցույց է տալիս, թե իր վրա մասով ի փոխվում 0^0-*ում վերցրած մարմնի սկզբնական ծավալի քանի միավոր ծավալը, եթե մարմինը տաքանում է* 1^0։



Նկ. 46.

Ծավալային ընդարձակման գործակիցը վորոշելու համար պետք է չափել մարմնի ծավալը՝ V_0-*ն* 0^0-*ում և* Vt-*ն* t^0-*ում։ Այն ժամանակ* V_t-V_0 *տարբերությունը ցույց կտա մարմնի ծավալի աճումը՝* t^0 *տաքանալու հետևանքով։* $\frac{V_t-V_0}{t}$ *քանորդը ցույց կտա ամբողջ մարմնի ծավալի աճումը՝* 1^0 *տաքանալու հետևանքով։ Իսկ* $\frac{V_t-V_0}{V^0t}$ *քանորդը ցույց կտա մարմնի* 0^0-*ում ունեցած սկզբնական ծավալի ամեն մի միավորի աճումը՝ նույնպես* 1^0 *տաքանալու հետևանքով։*

Այդ քանորդը կոչվում է մարմնի ծավալային ընդարձակման գործակից։

Այդ գործակիցը նշանակենք β-*ով, ապա*

$$\beta=\frac{V_t-V_0}{V_0t}.$$

Այս կերպով հաշվում են հեղուկների և գազերի ծավալային ընդարձակման գործակիցները։

Երկարության կամ ծավալի յուրաքանչյուր միավորը 1^0 *տաքացնելիս փոքրանում է մի մեծությամբ, որը թվապես հավասար է գծային կամ ծավալային գործակցին։ Պինդ մարմինների համար ծավալային գործակիցները կարելի է հաշվել։ Դժվար չէ ապացուցել, որ ամեն մի պինդ մարմնի ծավալային ընդարձակման գործակիցը երեք անգամ մեծ է նույն մարմնի գծային ընդարձակման գործակցից։*

Ցեղ իրոք, եթե մի պինդ մարմնից մի խորանարդ կտրենք (նկ. 46), որի կողմը 0^0-*ում հավասար է երկարության մեկ միավորի, ապա նրա ծավալը* 0^0-*ում հավասար կլինի 1-ի։ Այդ խորանարդը* 1^0 *տաքացնելու դեպքում նրա յուրաքանչյուր կողը պետք ավելանա* α-*ով և դառնա* $1+\alpha$, *իսկ ամբողջ ծավալը պետք աճի* β-*ով և դառնա* $1+\beta$։ *Այդ ժամանակ ըստ խորանարդի ծավալի բանաձևի.*

$$1+\beta=(1+\alpha)^3,\ 1+\beta=1+3\alpha+3\alpha^2+\alpha^3;$$

Քանի որ բոլոր պինդ մարմինների գծային ընդարձակման գործակիցները միավորի հարյուրհազարերորդական մասից մեծ չեն, ապա նրանց քառակուսիները (α^2) *և խորանարդները* (α^3) *կարտահայտվեն այնպիսի մասերով, որոնք գործնական ճշտության սահմաններից դուրս են գտնվում. հաշվումների ժամանակ այդպիսի մասերը սովորաբար դեն են գցվում։ Փոխանակ այդ մասերը յուրաքանչյուր առանձին հաշվի ժամանակ դեն գցելու, կարելի է նախորոք դուրս գցել բանաձևի համապատասխան անդամները։ Այն ժամանակ կստանանք*

$$\beta=3\alpha;$$

Հեղուկների ծավալային ընդարձակման գործակիցները

Ջուր	0,00018	*Սնդիկ*	0,00018
Կերոսին	0,0010	*Սպիրտ*	0,0011
Ցուղ (ձիթապտղի)	0,00050	*Եթեր*	0,0017

1) $1+\alpha t_2$-*ը* $1+\alpha t_1$-*ի վրա բաժանելիս քանորդը սահմանափակվում է երկու անդամով։*

54. Պարունակի ծավալի բացածելը ժոռեմե ջերմաստիճանում։ Ծավալային ընդարձակման գործակցի բանաձևից՝ $\beta = \frac{V_t - V_0}{V_0 t}$ կարելի է գտնել, որ $V_t = V_0 + \beta t V_0$, կամ

$$V_t = V_0(1+\beta t) \qquad (VII)$$

$1+\beta t$ մեծությամբ կոչվում է ծավալային ընդարձակիչ։ Այստեղից, մարմնի ծավալը որևէ ջերմաստիճանում հավասար է 0^0-ում նրա ունեցած ծավալին բազմապատկած ծավալային ընդարձակման բինոմով։

55. Պարունակների խտության փոփոխությունը ջերմաստիճանի փոփոխության հետևանքով։ Մարմնի խտությունը հավասար է նրա ծավալի միավորի մեջ պարունակված մասնաքանակով։ Ենթադրենք մարմնի m մասնան 0^0-ում զբաղեցնում է V_0 ծավալ, նույն մասնան t^0 կզբաղեցնի $V_t = V_0(1+\beta t)$ ծավալը։ Ենթադրենք այդ մարմնի խտությունը 0^0-ում նշանակենք D_0, իսկ t^0-ում D_t, այդ դեպքում $D_0 = \frac{m}{V_0}$ և $D_t = \frac{m}{V_0(1+\beta t)}$։ Վերջին հավասարությունից մարմնի մասնան չի փոխվում, հետևապես

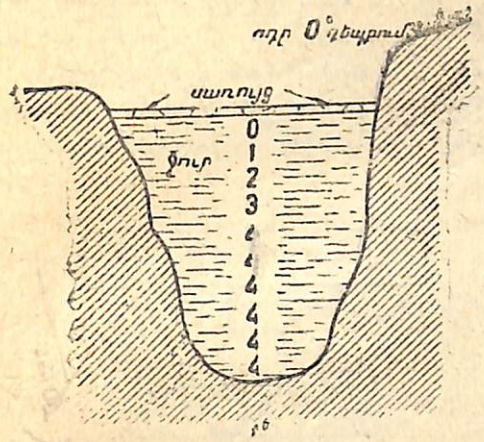
$$\frac{D_t}{D_0} = \frac{m \cdot V_0}{V_0(1+\beta t) \cdot m} \quad \text{և} \quad \boxed{D_t = \frac{D_0}{1+\beta t}} \qquad (VIII)$$

Հետևաբար հյութի խտությունը որևէ ջերմաստիճանում հավասար է 0^0-ում նրա ունեցած խտությանը՝ բաժանած ծավալային ընդարձակման բինոմի վրա։

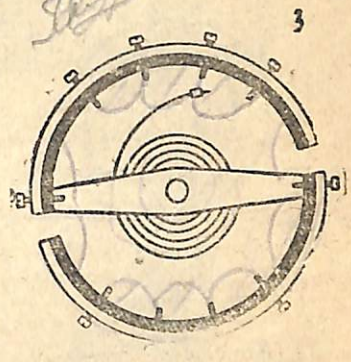
Նույնպիսի առնչությամբ կապված են նաև մարմինների տեսակարար կշիռները՝ տարբեր ջերմաստիճաններում։

Ցերը ջերմաստիճանը բարձրանում է, մարմինների խտությունն ու տեսակարար կշիռը փոքրանում են, իսկ ցերը ջերմաստիճանին իջնում է, նրանք մեծանում են։ Բացառություն կազմում է ջուրը, որ ամենամեծ խտությունն ունի 4^0-ի բնական հատկության ժամանակ։

Ջուրը 4^0-ից բարձր տաքացնելիս և 4^0-ից ցածր մինչև 0^0 սառեցնելիս ընդարձակվում է։ Վերջին հանգամանքը խոշոր նշանակություն ունի ջրային կենդանիների և բույսերի գոյության համար։ Ջրի շերտերը 4^0-ից ցածր սառչելիս, չնայած որ



Նկ. 47. Ջերմաստիճանի բաշխումը խորը լճի մեջ ձմռանը, ուղղաձիգ դծով



Նկ. 48. Հավասար ճոճանակին անիվը ժամացույցների մեջ։

վելի սառն են, բայց ավելի փոքր խտություն ունեն, չեն իջնում ջրամբարների տակ, այլ մնում են մակերևույթին։ Դրա համար էլ ձմեռ ժամանակ սառը ջրամբարներում հաստատվում է ջերմաստիճանի այնպիսի բաշխում, որ ցույց է տրված նկ. 47-ում, և այդ ապահովում է բոլոր ջրային կենդանիների գոյությունը ցուրտ եղանակների ամբողջ ընթացքում։

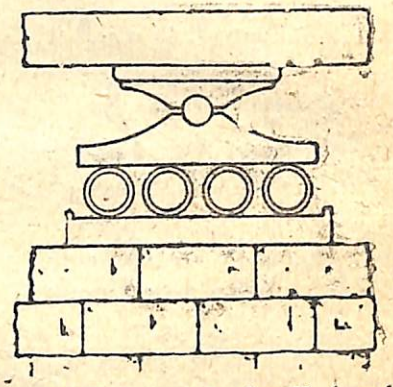
56. Ջերմային ընդարձակման օգտագործումը տեխնիկայում։ Մարմինների ջերմային ընդարձակման տեխնիկական օգտագործման մասին բազմաթիվ օրինակներ են բերված նախորդ դասընթացում, բայց կանգ առնենք նաև հետևյալի վրա։

1. Հավասար ճոճանային անիվը ժամացույցների մեջ։ Ջերմային ջերմաստիճանից ամառայինին անցնելիս ճիշտ աշխատող ժամացույցի ճոճանային անիվը կընդարձակվի (նկ. 48), նրա շառավիղը կաճի, կանոնավորող զսպանակի առաձգականության ուժը կնվազի, իսկ ժամացույցը հետ կընկնի։ Ժամանակի ընթացքն անփոփոխ պահելու համար, այսինքն՝ անիվի շառավիղն անփոփոխ պահելու համար նրան պատրաստում են յեր-

կու դամված մետաղներից, վորոնցից ներքին մետաղն ունենում է ընդարձակման ավելի փոքր գործակից, քան արտաքինը։ Դրանից ջերմաստիճանի բարձրացման հետ միաժամանակ տեղի է ունենում մետաղների ընդարձակումը և ազատ ծայրերի վոլորումն անիվի մեջ։ Ընդարձակման գործակիցները և չափերը կարելի է այնպես ընտրել, վոր այս երկու հակադիր ազդեցու-



Նկ. 49. Ցերկմետաղյա թիթեղի ոգտագործումը վորպես ազդանշանարար։



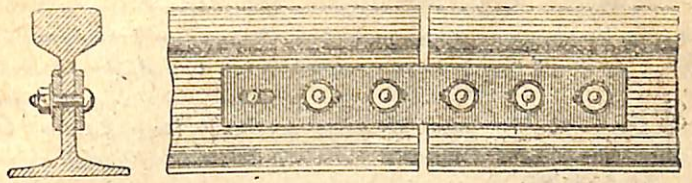
Նկ. 50. Մետաղյա կամուրջի ծայրի տակ անվակավոր հենարան։

թյուններից ժամանակ ներքին շառավիղը միա անփոփոխ։

2. Ջերմակայունացնավորիչ։ Տարբեր ընդարձակում ունեցող երկու մետաղներից դամված թիթեղի շարժական ծայրը շփվում է երկու տարբեր էլեկտրական շղթաների երկու տարբեր կոնտակտների միջև (նկ. 49)։ Թիթեղի մյուս ծայրը նույնպես անշարժ ամրացված է և մտցված շղթայի մեջ։ Ջերմաստիճանի բարձրացման ժամանակ թիթեղը կորանալով սեղմվում է մի կոնտակտին և շղթայի մեջ մտցնում հոսացող գործիքը։ Ջերմաստիճանի իջեցման ժամանակ նա կորանում է հակառակ կողմը, սեղմվում է մյուս կոնտակտին, վորը նկարի մեջ չի արտահայտված, և շղթայի մեջ է մտցնում յեռացնող գործիքը։

Այսպիսով կարող է պահպանվել հաստատուն ջերմաստիճան։

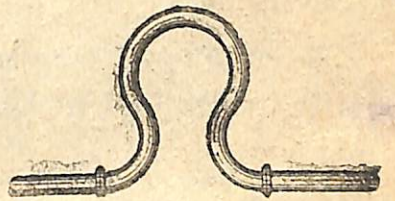
Նույն գործիքը կարող է աստիճանավորվել վորպես ջերմաչափ։ Նրանցից կարելի է ոգտվել վորպես հրդեհի ազդարար,



Նկ. 51.

վորը մտցնում են էլեկտրական շղթայի մեջ հրդեհի ժամանակ։ Ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում ազդանշանները հաղորդում է հրշեջ կայանին։

Լայնացումը հաշվի է առնվում կամուրջների կառուցման ժամանակ և մետաղյա այլ կառուցվածքներում (նկ. 50. գլանակները), մետաղյա մասերի կամ ռելսերի դամման ժամանակ (նկ. 51, յերկայնական անցքեր բոլտերի համար), շոգեառը խողովակների դրման դեպքում (նկ. 52, խողովակ-կոմպենսատորի կորացած մասերը)։



Նկ. 52. Անաձգական կոնպենսատորներ շոգեառը խողովակներում։

Վարժություններ 5.

1. Ցաքանալիս մարմինների ընդարձակման և սառելիս՝ սեղմվելու վերաբերյալ որինակներ բերեք ձեր առօրյա դիտողություններից և տեխնիկայից։

2. Ի՞նչ գործիք է, վոր հիմնված է մարմինների ընդարձակման վրա։

3. Մարմինների վոր վիճակը —պինդ, հեղուկ, թե՞ գազային վիճակն է ավելի հարմար ջերմաչափ պատրաստելու համար և ինչու։

4. Ձևի ինչ փոփոխություն տեղի կունենա, յերբ տաքացնենք յերկաթի ու պղնձի հավասար չերտերից կազմված թիթեղը, յերբ այդ չերտերը յերկարությամբ դասավորված են իրար վրա և ամրացված ծայրերից։

5. Բնության մեջ ինչ նշանակություն ունի ջրի այն առանձնահատկությունը, վոր նրա ամենամած խտությունն ստացվում է 4°-ում։

6. Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունեն ընդարձակման բնութագրերը

7. Պողպատե ռելսի յերկարությունը 0°-ում հավասար է 8 մետրի. վիրքան կփոխվի նրա յերկարությունը, յեթե ջերմաստիճանը փոփոխվի—25°-ից մինչև+35°։

Պաս. 5,76 մմ։

8. Պողպատե ռելսի յերկարությունը 35°-ում հավասար է 8,00336 մետրի։ Այդ ջերմաստիճանում ռելսերը դրված են իրարից 2 մմ հեռավորության վրա։ Ի՞նչպիսի բացվածք կստացվի առանձին ռելսերի միջև—15°-ում։

Պաս. 6,8 մմ։

9. Յերկաթի հեռագրալարի նվազագույն յերկարությունը հեռագրասյուների միջև—30°-ում հավասար է 20 մ-ի։ Վիրքան կերկարի հեռագրալարը +32° տաքանալուց։

Պաս. 15 մմ։

10. Կիևի մոտ Դնեպրի վրա ձգված պողպատե կամուրջը 1082 մետր յերկարություն ունի 0°-ում։ Վիրքան կփոխվի նրա յերկարությունը, յեթե ջերմաստիճանը—10°-ից բարձրանա մինչև+20°։

Պաս. 35.7 սմ։

11. 12 լիտր տարողություն ունեցող անոթը լցված է 0° ջերմաստիճանի կերոսինով։ Քանի՞ գրամ կերոսին կթափվի անոթից, յեթե նա տաքանա մինչև 20°։ Անոթի ընդարձակումը հաշվի չպետք է առնել կերոսինի համար

$D_0 = 0{,}8 \frac{գ}{սմ^3}$։

Պաս. 188 գ։

12. Հաշվեցնք ջրի խտությունը 0°-ում։

Պաս. 0,9993։

13. Հաշվեցնք 1 մ³ պղնձի կշիռը 400°-ում $\left(D_0 = 8{,}9 \frac{գ}{սմ^3} \right)$

Պաս. 8,83 կգ

14. Կապարի մի կտոր 0°-ում ունի 100 սմ³ ծավալ, իսկ 200°-ում՝ 101,74 սմ³։ Գտնել կապարի գծային ընդարձակման գործակիցը։

Պաս. 0,000029։

15. Ի՞նչ ծավալ ունի 100 գրամ անդիկը 200°-ում $\left(D_0 = 13{,}6 \frac{գ}{սմ^3} \right)$։

Պաս. 7,6 սմ³։

16. Վիրքան և կշռում 1 լիտր սպիրտը 20°-ի բարեխառնության մեջ $\left(d^0 = 0{,}78 \frac{գր}{սմ^3} \right)$։

Պաս. 763 գր։

17. 0°-ից մինչև վիր աստիճանը պետք է տաքացնել պլատինի կտորը, վորպեսզի նրա ծավալը մեծանա 0,01-ով

Պաս. 370°։

18. Ի՞նչ տրամագիծ կունենա 1906 գրամ կշիռ ունեցող պղնձե գունդը 300° ջերմաստիճանում։

Պաս. 3,7 սմ։

Հ Ա Ր Ց Ե Ր

1. Ի՞նչն է կոչվում գծային և ծավալային ընդարձակման գործակից։
2. Ի՞նչպես և վորոշվում պինդ մարմինների գծային ընդարձակման գործակիցը։
3. Վիրն և գծային ընդարձակման գործակցի բանաձևը։

4. Ինչպիսի և հաշվվում պինդ մարմինների ծավալային ընդարձակման գործակիցը։
5. Հեղուկ մարմինների ընդարձակման գործակիցների ի՞նչ մեծություններ են համեմատական պինդ մարմինների գործակիցների հետ։
6. Ի՞նչպես և ծավալային ընդարձակման բանաձևը։
7. Ի՞նչպես և փոփոխվում մարմնի խտությունն ու տեսակարար կշիռը տվյալ մարմնի ջերմաստիճանի փոփոխության հետ։

III. ՄՈԼԵԿՈՒԼԱՅԻՆ ՅԵՐԵՎՈՒՅԹՆԵՐԸ ԳԱԶԵՐԻ, ՀԵՂՈՒԿՆԵՐԻ ՅԵՎ ՊԻՆԴ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՄԵՋ

1. ՄՈԼԵԿՈՒԼՅԱՐ-ԿԻՆԵՏԻԿ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

57. Մոլեկուլ: Ջերմային յերևույթները սերտորեն կապված են նյութի կառուցվածքի հետ: Ըստ ժամանակակից դիտության տվյալների՝ յուրաքանչյուր մարմին կազմված է մանրագույն մասնիկներից, որոնք կոչվում են *մոլեկուլներ:*

Մոլեկուլ կոչվում է տվյալ ջերմաստիճանում և տվյալ ճնշման տակ ինքնուրույն գոյություն ունեցող նյութի այն ամենափոքր քանակը, որ ոժտված է այդ նյութի հիմնական ֆիմիական հատկություններով:

Ի՞նչպիսի դիտողություններից կարելի յե պատկերացում կազմել մոլեկուլների գոյության մասին:

Դիտողությունների մի խումբը մեզ ցույց և տալիս, որ մարմինն ընդունակ և բաժանվելու շատ փոքրիկ մասերի:

Ամեն մեկն իր առօրյա դիտողություններից գիտե, որ սեղանի վրա թափված յեթերի մի քանի կաթիլը հոտ և արձակում ամբողջ շենքում, որի ծավալը հարյուր խորանարդ մետր և: Այդպես և նաև ուժեղ հոտ ունեցող ամեն մի գազ, որինակ, քլորը, որը յեթե պատահաբար բաց և թողնվում քիմիական լաբորատորիայում, հոտն զգացվում և մեծ տարածության վրա: Յեթե սենյակում թողնենք նավթալինի մի քանի կտոր, որոնք ոգտագործվում են բրդյա շորերը ցեցից պաշտպանելու համար, ապա և նրա հոտը յերկար ժամանակ կզգացվի սենյակում: Հոտի զգացողությունը հնարավոր և միայն այն դեպքում, յերբ նյութի մասնիկն ազդում և մարդու հոտառության զգայարանի վրա: Մեծ շենքերի վրևև տեղում այս կամ այն հոտի զգացումը ցույց և տալիս, որ այդտեղ այդպիսի մասնիկներ կան: Շատ չնչին քանակության նյութից մեծ տարածության

մեջ հոտի տարածվելը վկայում և, որ վերցրած նյութն ընդունակ և բաժանվելու մանրագույն մասերի: Նմանապես հեշտ և համոզվել, որ յեթե 1 սմ² թանաքն ածվի 12—15 լիտր ջրի մեջ, ապա նրանով կներկվի ամբողջ ջուրը: Ներկումը կախված և նաև նրանից, որ ջրի վորևե թափանցիկ տեղում գտնվում և ներկվող մարմնի մասնիկը: Վերջապես, ժամանակակից միկրոսկոպներում կարելի յե դիտել մինչև 0,0001 մմ յերկարություն ունեցող մարմիններ և հաճախ այդպիսի մարմինները հանդիսանում են վորևե միկրոորգանիզմի որգաններ և իրենց հերթին բաժանվում են բաղադրիչ մասերի:

Այսպիսով, մասամբ կյանքի դիտումները, գլխավորապես դիտական հետազոտությունները բերում են այն յեզրակացության, որ նյութը անկախ այն վիճակից, որում նա գտնվում և, ընդունակ և բաժանվելու չափազանց մանր մասերի:

Բայց այս դիտումների քննարկման դեպքում հետևյալ հարցն և առաջանում. անսահմանն և արդյոք այդպիսի շատ փոքր մասերի բաժանվելը, թե գոյություն ունի բաժանման սահման:

Կարելի յե այսպիսի փորձ կատարել. մաքուր ջրի շատ մեծ մակերեսի վրա գցում են յուղի փոքրիկ կաթիլ. նա տարածվում և մակերեսի վրա և առաջացնում և լայն խալ, յուղի շերտն անընդհատ բարակում և: Մինչդեռ նախքան ջրի ամբողջ մակերեսը յուղային թաղանթով ծածկվելը յուղի տարածվելը կանգ և առնում: Սա նշանակում և, որ բարակումը, այսինքն բաժանելիությունն ուղղաձիգ ուղղությամբ հասավ իր սահմանին, չնայած վոր տարածվելու համար պայմանները—ազատ ջրային մակերեսը—պահպանվում և: Այս սահմանը հանդիսանում և մոլեկուլը:

Հեշտ իրականանալի այս ընտումը համընկնում և բազմաթիվ դիտական տվյալների հետ, որ բոլոր մարմինները՝ պինդ, հեղուկ և գազային, կազմված են մոլեկուլներից:

Գիտական հաշվումները ցույց են տալիս, որ մոլեկուլի չափերը չափազանց փոքր են, կազմում են միլիմիկրոնի [1] / տասներորդ մասը: 1 սմ³ ոդում 0° և նորմալ մեկ մթնոլորտային ճնշման դեպքում պարունակվում և $2{,}7 \cdot 10^{19}$ մոլեկուլ:

---

1) 1 միլիմիկրոն (մμ) հավասար և 0,001 միկրոնի (μ), կամ 0,000001 մմ:

Այն տեսությունը, որ նյութի մոլեկուլային կառուցվածքի հիման վրա բացատրում է նյութի և նրա մեջ տեղի ունեցող երևույթների հատկությունը, կոչվում է մոլեկուլյար տեսություն:

Չնայած մոլեկուլն անմիջական դննումների համար աչքով կամ ոպտիկական գործիքներով անմատչելի է, բայց այն բազմաթիվ փորձնական հետազոտություններով:

Մոլեկուլն իր հերթին բաժանվում է մասերի, որոնք կոչվում են ատոմներ:

Ատոմը քիմիական տարրի այն ամենափոքր քանակն է, որ մտնում է տվյալ տարրի մոլեկուլի կամ նրա զանազան միացությունների կազմության մեջ: Ատոմն ինքը բավականին բարդ կառուցվածք ունի, ինչպես այդ պարզված է գիտության կողմից XX դարում: Նրա կառուցվածքի մասին կարելի կլինի դադափար կազմել նրա բաղադրիչ մասերի հետ ծանոթանալուց հետո միայն, դասընթացի հետագա բաժիններում:

58. Մարմնի մոլեկուլները բաժանված են միջմոլեկուլային տարածություններով: Ընդունելով, որ բոլոր մարմինները կազմված են մոլեկուլներից, ընականաբար հարց է ծագում, ինչպես են դասավորված մոլեկուլները մարմնի մեջ. համաձայն են լցնում ամբողջ տարածությունը, թե իրարից բաժանվում են դատարկ արանքներով: Սրան պատասխան են տալիս դննումները և փորձերը:



գ. 53. Սպիտակը և ջուրը խառնելուց ծավալը փոքրանում է:

1. Հոտ արձակող գազի տարածվելն ամբողջ շինքում ցույց է տալիս, որ նրա մոլեկուլներն իրարից կարող են գտնվել մեծ հեռավորություններով. արանքներ գոյություն ունեն նաև ոդի մոլեկուլների միջև, որի մեջ տարածվում է գազը:

2. Բոլոր մարմինների սեղմվելը ճնշումն ավելացնելու ժամանակ, չափազանց ուժեղ և արտահայտվում գազերի նկատմամբ և ավելի թույլ և հեղուկների ու պինդ մարմինների նկատմամբ: Դա հեշտությամբ հասկանալի է դառնում, եթե ընդունենք միջմոլեկուլային տարածությունները, և դժվար բացատրելի՝ եթե ընդունենք, որ ամբողջ մարմինը համատարած լցնում է ամբողջ ծավալը:

3. Բացի սեղմվելուց, մարմնի ձևի ուրիշ փոփոխությունները ևս—սառքը, ճկվելը, ոլորումը—նույնպես բերում են մոլեկուլների միջև եղած արանքների գոյության մասին:

4. Բոլոր մարմինների այն հատկությունը, որ տաքանալիս ընդարձակվում են և սառչելիս սեղմվում, դարձյալ նույն եզրակացությանն է բերում:

5. Միջմոլեկուլային տարածության գոյությունն ապացուցվում է նաև հետևյալ փորձով:

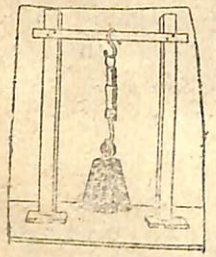
Լցրեք ապակյա խողովակի մեջ կիսով չափ ջուր, որի տրեկտությունն է 1 մետր և արտաքինն է մոտ 2 սմ (նկ. 53), իսկ նրա վրա զգուշությամբ լցրեք նեղկված սպիրտ այնպես, որ բաժանման սահմանը ջրասյան վերին սահմանը նշեցեք ռետինե ողակով կամ սոսնձապատ թղթե ժապավենով: Ապա մի քանի անգամ խողովակը սպիրտով շրջեցեք դանդաղ ցած և հակառակը. խողովակը դարձյալ ոդակով դեպի վեր դնելով կարելի կ՚նկատել, որ խառնուրդի վերին սահմանն այժմ ավելի ցածր է կանգնած, քան մինչև խառնելը: Հետևաբար, խառնուրդի ծավալն ավելի փոքր է խառնվող նյութերի ծավալների գումարից: Ծավալի այդպիսի փոքրացումը ցույց է տալիս այն, որ այժմ մոլեկուլները վերախմբավորվեցին ավելի խիտ կազմված խմբերի, որը հնարավոր է միայն մոլեկուլների միջև ազատ արանքների առկայության դեպքում:

Բոլոր դննումները բերում են այն եզրակացության, որ մարմինների մեջ մոլեկուլները մեկը մյուսից որոշ հեռավորության վրա են գտնվում:

59. Հարակցություն: Եթե մարմինը բաղկացած է առանձին մոլեկուլներից, որոնք բաժանված են արանքներով, ապա ինչու՞ նրանք չեն ցրվում և մարմինը (բացի գազերից) պահպանում է իր ծավալը, իսկ կարծր մարմինը՝ նաև իր ձևը: Հայտնի է, որ ապակե ձողը կոտրելու, տախտակից մի կտոր կտրելու, մետաղյա լարը կտրելու և ընդհանրապես այս կամ այն միջոցով կարծր մարմնի մի մասը բաժանելու համար մեծ ուժ պետք է գործադրել:

Այս յերևույթը ցույց է տալիս, որ մարմնի մոլեկուլների միջև գոյություն ունեն ուժեր, որոնք պահում են այդ մոլեկուլներին իրարից որոշ հեռավորությունների վրա։ Մարմնի մոլեկուլների միջև փոխազդեցությամբ գործող ուժերը կոչվում են հարակցական ուժեր[1]։ Յեթե փորձենք վերականգնել ջարդված մարմնի ամբողջականությունը, նրա անջատված մասերը կպցնելով իրար, ապա սովորաբար այդ մեզ չի հաջողվի. դրանից պետք է յեզրակացնել, որ հարակցական ուժերը միայն շատ փոքր անջատ հեռավորությունների վրա են գործում։ Այդ տարածության սահմաններից դուրս նրանք այնքան արագ են նվազում, որ հայտաբերվել չեն կարող։

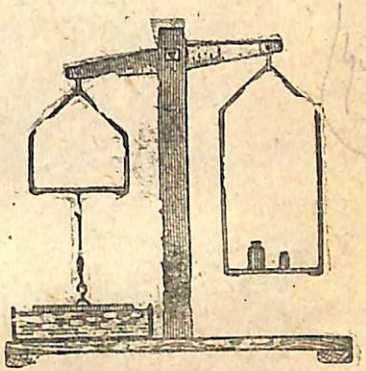
Յեթե այդ հեռավորությունն ընդունենք վորպես շառավիղ և այդ շառավիղով մի գունդ պատկերացնենք, ապա բոլոր մոլեկուլները, որոնք կարող են փոխազդեցության մեջ լինել մեր յերևակայական գնդի կենտրոնում տեղավորված մոլեկուլի հետ, պետք է գտնվեն այդ գնդի ներսում։ Այն գունդը, որն ընդգրկում է իր կենտրոնում տեղավորված մոլեկուլի հետ փոխազդեցության մեջ գտնվող բոլոր մոլեկուլները, կոչվում է մոլեկուլային ազդեցության ոլորտ։ Փորձնական ավյալների հիման վրա կատարված հաշվումների համաձայն՝ մոլեկուլային ազդեցության ոլորտի շառավիղը փոքր է $6 \cdot 10^{-6}$ սմ-ից[2]։



Նկ.54. Կապարի յերկու գլանների հարակցությունը դիմանում է կշռաքարերի ծանրությանը։

Բայց հնարավոր չե՞ ալդպիսի փորձնական ճանապարհով յերևան բերել հարակցական ուժերի ազդեցությունը, մարմնի խղված մասերը բավականաչափ մոտեցնելով իրար։

1. Հարակցությունը պինդ մարմինների մեջ։ Կապարե գլանի ծայրերից յերկու ոճակ անցկացրեք. հետո գլանակով մեջտեղից գլանը կտրեք և կարած մասերն անմիջապես մոտեցրեք իրար, այդ անելիս գլանի կտորներն ուժեղ կերպով սեղմեք մեկը մյուսի վրա այնպես, որ ոչի հետքեր չմնան կտրվածքի մեջ, և յերկու մասերը վորքան կարելի յե կիպ մոտենան իրար։ Յեթե կտրված գլանը դեռ չի աքսիդացել[1], և ոչի շերտը բոլորովին դուրս է մղված նրա միջից, յերկու մասերը կրկին կմիանան՝ կազմելով մի նոր ամբողջություն։ Այժմ կարելի յե գլանը վերին ոճակից ուղղությամբ կախել հենարանից (նկ. 54), իսկ ստորին ոճակից կախել ծանրություն և գլանը կդիմանա այդ կախված ծանրությանը, կարծես թե նա կտրված չի յեղել։



Նկ. 55. Հարակցությունը հեղուկի շերտերի միջև։

Նույն կերպ, հարակցության յերևույթ կարելի յե առաջացնել նաև ուրիշ կակուղ մարմինների նկատմամբ, ինչպիսին մոմը, կաուչուկը և այլն։

2. Հարակցությունը հեղուկների մեջ։ Իմանալու համար, թե հարակցություն գոյություն ունի արդյոք հեղուկի մոլեկուլների միջև, կատարում են հետևյալ փորձը. կշեռքի նժարից թելի միջոցով մի ապակե թիթեղ ենք կախում, այնպես որ նա հորիզոնական դիրք ընդունի, և նախորոք խնամքով մաքրում ենք նրան փոշուց և ուրիշ նյութերի հետքերից, այնպես հավասարակշռելով նրան, որ նա կշեռքի վրա ունենա հորիզոնական դիրք։ Ներքևից նրան մոտեցնում ենք ջրով լցված կարճ և լայն մի անոթ, մինչև որ թիթեղի ստորին մակերևույթը շոշափվի ջրի հետ (նկ. 55)։ Յեթե այնուհետև անոթը փոքր ինչ իջեցնենք հենարանի վրա, ապա ապակե թիթեղը ձգվելով ջրի կողմից՝ նույնպես կիջնի ներս հետ, կշեռքի հավասարակշռությունը

[1]) Այդ ուժերը պետք է տարբերել ձգողական ուժերից. ըստ ժամանակիս տեսակետների մոլեկուլային ուժերն էլեկտրական ծագում ունեն։ Յերբ մոլեկուլները որոշ սահմանից ավելի են մոտենում իրար, նրանց միջև սկսում են գործել մոլեկուլային ուժերը, որոնք արդելք են հանդիսանում բոլոր մոլեկուլների անմիջական հպմանը միմյանց հետ։

[2]) $10-6=0{,}000001$, ընդհանրապես $10-n=\frac{1}{10^n}$։

[1]) Յեթե աքսիդացում է տեղի ունեցել կամ կեղտոտվել է, պետք է դանակով լավ մաքրել յերեսը։

կխախտվի և այսպիսով յերևան կգա հարակցության ուժը: Այդ ուժը չափելու համար պետք է ջրով լցված անոթը դնել մի պատվանդանի վրա և մեծ զգուշությամբ մանրազնդակ լցնել մյուս նժարի մեջ (սկզբում շատ, իսկ հետո՝ հատ-հատ) մինչև վոր թիթեղը ջրից պոկվի: Պոկվելուց հետո թիթեղի ատորին մասկերևույթը գննելիս կնկատենք, վոր նա ծածկված է ջրի կաթիլներով, հետևաբար խզումը տեղի է ունեցել ջրի յերկու շերտերի միջև:

Նույն վորձը կարելի է կրկնել և ուրիշ հեղուկների նկատմամբ, որինակի համար վերցնել ցինկե կամ պղնձե թիթեղները և շփման մեջ դնել սնդիկի հետ:

3. Հարակցությունը գազերի մեջ: Ինչ վերաբերում է գազերին, ապա առաջին հայացքից այնպես է թվում, թե չի կարելի խոսել հարակցության գոյության մասին նրանց մոլեկուլների միջև, քանի վոր նրանց մոլեկուլները շատ հեշտությամբ հեռանում են իրարից, այն էլ մեծ տարածությամբ: Սակայն գազերի ընդարձակման և սեղմման յերևույթների ուսումնասիրությունը կողմնակի ճանապարհով մեզ բերում է այն յեզրակացության, վոր գազերի մեջ ևս թեև աննշան չափով, այնուամենայնիվ հարակցական ուժեր գոյություն ունեն:

60. Դիֆֆուզիա: Շատ բնական է հարց տալ, արդյոք մոլեկուլները մեկը մյուսի նկատմամբ գտնվում են հարաբերական հանգիստ վիճակում՝ արտաքին անփոփոխ պայմանների դեպքում, թե այս դեպքում նրանց միջև տեղի է ունենում հարաբերական տեղափոխություն:

Փորձերը ցույց են տալիս, վոր շատ դեպքերում իրար հետ շփման մեջ գտնված յերկու տարասեռ մարմինների մոլեկուլներն անցնում են այդ մարմինների սահմանից և թափանցում մեկը մյուսի մեջ:

Մի մարմնի թափանցումը մյուսի մեջ, առանց վորևե արտաքին ուժի ազդեցության, կոչվում է դիֆֆուզիա[1]):

Այժմ ծանոթանանք դիֆֆուզիայի յերևույթի հետ մարմնի տարբեր վիճակների դեպքում:

[1]) Դիֆֆուզիա անունը ծագում է լատինական դիֆֆունդերե բայից, վոր նշանակում է տարածել:

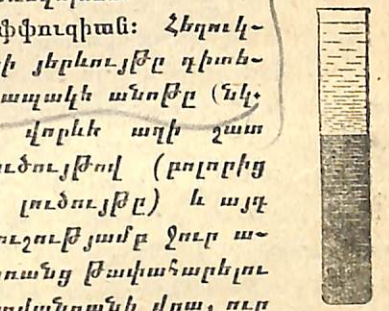
1. Գազերի դիֆֆուզիան: Յեթե ածխաթթու գազով լցնենք մի ապակե գլան (նկ. 56) և վերևից նրա վրա դնենք ոդով լցված մի ուրիշ գլան այնպես, վոր յերկու գլանների անցքերն ընկնեն իրար վրա, ապա մի վորոշ, համեմատաբար կարճ ժամանակամիջոցից հետո վերևի գլանի մեջ քնկուզ և կրաջրի կամ վառվող մոմի ոգնությամբ կարելի կլինի յերևան բերել ածխաթթու գազի առկայությունը:



Նկ. 56. Հարմարանք գազերի դիֆֆուզիան հայտնաբերելու համար

Աննշան կարճ ժամանակից հետո յերկու անոթների մեջ կատարվի ոդի և ածխաթթու գազի մի հետաքրքիր խառնուրդ: Այս վորձը ցույց է տալիս, վոր ավելի ծանր գազի՝ ածխաթթու գազի մոլեկուլները ներքևից տեղափոխվում են վերև, իսկ ավելի թեթև գազը՝ ոդը վերևից տեղափոխվում է ներքև, չնայած յերկու գազերի սեղմնական դասավորությանը, ծանրը թեթևից ներքև—ըստ Արքիմեդի որենքի պետք է հակադրվեր խառնվելուն:

2. Հեղուկների դիֆֆուզիան: Հեղուկների մեջ դիֆֆուզիայի յերևույթը դիտելու համար կարելի է ապակե անոթը (նկ. 57) կիսով չափ լցնել վորևե աղի շատ թունդ ու գունավոր լուծույթով (ըոլորից լավ և պղնձարջասպի լուծույթը) և այդ լուծույթի վրայից զգուշությամբ ջուր ավելացնելով, անոթն առանց թափահարելու տեղավորել վորևե պատվանդանի վրա, ուր նա լինի անշարժ դրության մեջ: Սկզբում ջրի և լուծույթի բաժանման սահմանը շատ վորոշակի կլինի, սակայն այդ սահմանին մոտիկ գտնվող ջրի շերտն ակռում է աստիճանաբար կապտել, իսկ լուծույթը գունաթափվում է: Վորոշ ժամանականց գույնի այդ փոփոխությունը բաժանման սահմանից ավելի ու ավելի հեռու է տարածվում և նրա պայծառությունը նվազում է, մի քանի շաբթից կամ ամսից հետո գլանի բարձրությունից կախված խառնուրդը համասեռ է դառնում: Այստեղ ևս ավելի ծանր լուծույթը, հակառակ այն հավասարակշռության



Նկ. 57. Հեղուկների դիֆֆուզիան

պայմաններին, վորոնց մեջ նա սկզբից դրված լեր չեղել, տեղա-
փոխում և դեպի վեր, իսկ թեթևը՝ դեպի ներքև։

3. Պինդ մարմինների դիֆֆուզիան։ Պինդ մարմինների դիֆֆուզիայի վորձը պարապմունքի ժամանակ չի կարելի կա-
տարել, քանի վոր նրա տևողությունը չափվում է տարիներով։ Գիտական հետազոտությունները ցույց են տվել, վոր յեթե մի քանի ամուր սեղմենք տարբեր մետաղների յերկու կտոր-
ներ՝ որինակ՝ վոսկու (խտությունը 19) և կապարի (խտությու-
նը 11) և ավելի ծանր մետաղը տեղավորենք ներքևում, ապա յերկար ժամանակ անցնելուց հետո կապարի սահմանային շեր-
տում կհայտնվեն վոսկու հետքեր, իսկ վոսկու նույն շերտերում՝ կապարի հետքեր։ Այս փորձը ևս ցույց է տալիս, վոր հակառակ ծանրության ուժի աղեցության, ավելի ծանր մարմնի մոլե-
կուլները ներքևից բարձրանում են դեպի վերև, իսկ թեթև մարմնի մոլեկուլները՝ վերևից ներքև։

Վորքան դիֆֆուզվող մարմինների ջերմաստիճանը բարձր լինի, այնքան արագ կկատարվի դիֆֆուզիան։

4. Դիֆֆուզիայի յերևան գալը բնության մեջ։ Բոլոր դեպքե-
րում, յերբ յերկրագնդի վրա արտադրվում է ավելի ծանր գազ, որի-
նակ՝ ածխաթթու գազը յերկրի ճեղքվածքներից, գործարանների ծխնելույզներից, հրաբուխներից, այդ գազը չի մնում իրեն դուրս յեկած տեղում, այլ դիֆֆուզվում է ոդի մեջ, վորի հետևանքով պահպանվում է մթնոլորտի միատեսակ կազմությունը՝ սկսած յերկրագնդից մինչև վորոշ սահմանային բարձրություն։ Այդպես ել կարող է դիֆֆուզիա տեղի ունենալ տարբեր գազերի լուծույթ-
ներում հոդի մեջ։

61. Բրոունյան մոլեկուլային շարժում։ Մոլեկուլների շարժումն անմիջականորեն դիտել հնարավոր չէ, վորովհետև մո-
լեկուլն ինքը, նույնիսկ ամենաուժեղ միկրոսկոպով պինդված աչ-
քի համար՝ անմատչելի յե։ Այնուամենայնիվ նա հաստատվում է բազմաթիվ կողմնակի դիտողություններով։ Նրանց մեջ անգ-
լիացի բուսաբան Բրոունի դեռ 1827 թ. կատարած դիտողու-
թյունները համարյա նույնարժեք են մոլեկուլների շարժում-
ներն անմիջականորեն տեսնելուն։

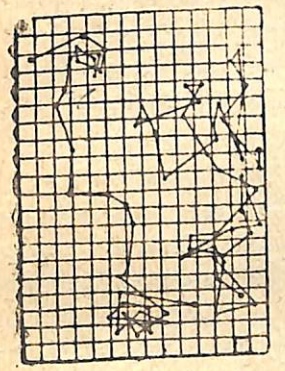
Ցեթե ջրի մեջ մի վորևե թեթև փոշի խառնենք, որինակ՝ գումիգուտի ներկ, և այդ ջրից մի կաթիլ, նրանից կախված

մանրադիտակով՝ տեղավորենք մանրադիտակի ծածկապակու տակ, ապա կտեսնենք, վոր մանրադիտակով տեսանելի փոշու այդ մաս-
նիկները (ավելի մեծ են, քան մոլեկուլները) գտնվում են դիզ-
դագաձև տրայեկտորիաներով անընդհատ շարժման մեջ։

Մոլեկուլների անկանոն շարժման հետևանքով՝ մոլեկուլնե-
րի հարվածները տվյալ մոմենտում մասնիկի վրա բոլոր կողմե-
րից կարող են հավասար չլինել։ Այս դեպքում մասնիկի շար-
ժումը տեղի կունենա չհավասարակշռված հարվածի ուղղությամբ, ժամանակի հաջորդ մոմենտում մասնիկը կարող է այդպիսի չհավասարակշռված հարված ստանալ մի ուրիշ կողմից և նրա շարժումը կփոխի իր ուղղությունը։ Մեկ միավոր ժամանա-
կամիջոցում շարժման այդպիսի բազմաթիվ փոփոխություննե-
րը, վոր տեղի յեն ունենում հրվող մասնիկի հետ, նրան տալիս են դողալու բնույթ։

Ստուգիչ փորձերը ցույց տվին, վոր այդ շարժումը յերբեք չի ընդհատվում և կախում չունի վորևե արտաքին՝ մեխանիկա-
կան, ելեկտրական կամ այլ պատճառից, բայց նրա ուժգնությունը կապ-
ված է ջերմաստիճանի բարձրացման հետ։

Գիտնական Պերրենը յուրա-
քանչյուր $\frac{1}{2}$ րոպե մի անգամ նշել
է այն դիրքը, վոր ջրի կաթիլի մեջ կախված այդ մասնիկներից մեկն ընկնում և մանրադիտակի դաշտում և նշված կետերը միացրել է ուղիղ-
ներով. 58-րդ նկարը թույլ է տալիս դատելու մասնիկի հաջորդական տե-
ղափոխությունների մասին մի վորոշ ժամանակի ընթացքում և, հետևաբար, մոլեկուլների հարվածների համապատ-
ուղղության մասին, վորոնք շարժման մեջ են դնում մասնիկին։



Նկ. 58. Նյութի մասնիկի անցած ճանապարհը 30 վայրկյանում, բրոունյան շարժման մեջ։

Նման դիտողություններ կարելի յե կատարել նաև գազի հետ, վորի մեջ փոշեցած են վորևե մարմնի մանրագույն մասնիկները (փոշի կամ ոդի մեջ մառախուղի կաթիլները)։

Այս փորձերի ոգնությամբ մենք համարյա ընդհատ մոնիտում ենք մոլեկուլների շարժման անմիջական դիտողությանը։

62. **Կինետիկ տեսություն։** Հեղուկ և կարծր մարմինների (սառույց, յող, կամֆորա, նաֆթալին) անընդհատ տեղի ունեցող գոլորշիացումը, շատ տարածված դիֆֆուզիայի յերևույթը և բրոունյան շարժումը բավականին հիմք են տալիս ընդունելու համար մոլեկուլային անընդհատ շարժում բոլոր յերեք վիճակներում։ Դրա համար էլ մատերիայի կառուցվածքի վերաբերյալ ժամանակակից ուսմունքը հանդում է հետևյալ հիմնական դրույթյանը. մարմինները կազմված են մոլեկուլներից, որոնք գտնվում են անընդհատ շարժման մեջ։

Դիֆֆուզիայի դանդաղությունը պինդ մարմինների մեջ և նրանց ձևի ու ծավալի ինայունությունը յենթադրել են տալիս, որ պինդ մարմինների մոլեկուլներն ընդունակ են անցնել շատ կարճ հավասարակշռության դիրքի շուրջը։ Դիֆֆուզիայի արագությունը հեղուկների մեջ և նրանց դյուրաշարժությունը յեզրակացնել և տալիս, որ այդտեղ մոլեկուլներն ավելի մեծ տարածություն են անցնում, ավելի մեծ արագությամբ և որ հեղուկների մեջ մոլեկուլների խմբերն ընդունակ են տեղափոխվելու մեկը մյուսի նկատմամբ։ Գազերի շատ արագ դիֆֆուզիան և նրանց ընդարձակվելու հատկությունն ստիպում են ընդունելու, որ գազի մոլեկուլները գտնվում են անընդհատ համընթաց շարժման մեջ՝ բոլոր հնարավոր ուղղություններով։ Այդ ուղղված շարժումների ժամանակ հնարավոր են մոլեկուլների բախումները մեկը մյուսի հետ, կամ անոթի պատի հետ, յերբ գազը պարփակված է անոթի մեջ. ամեն մի բախման դեպքում մոլեկուլը փոխում է իր ուղղությունը։

63. **Ջերմային վիճակի բացատրությունը ըստ մոլեկուլային կինետիկ տեսության։** Գիտի որ ջերմաստիճանի բարձրացման հետ բարձրանում է նաև դիֆֆուզիայի արագությունը, ապա պետք է ընդունել, որ մոլեկուլների շարժման արագության և մարմնի ջերմաստիճանի մեջ կապ գոյություն ունի։ Բարձրացնել մարմնի ջերմաստիճանը՝ նշանակում է մեծացնել մոլեկուլների շարժման արագությունը։

Յերբ մենք որևե յեղանակով մեծացնենք մոլեկուլների

շարժման արագությունը, ապա մարմնի ջերմաստիճանը կբարձրանա

Մարմնի ջերմային վիճակը կապված է նրա մոլեկուլների անկանոն շարժման հետ։

Ջերմային յերևույթները կապված են նաև մարմնի մոլեկուլների մեխանիկական շարժման հետ, բայց ջերմությունը չի կարելի ամբողջապես նույնացնել մոլեկուլային մեխանիկական շարժման հետ։ Յուրաքանչյուր առանձին մոլեկուլի շարժումը չի առաջացնում ջերմային յերևույթ։

Ջերմային յերևույթներ առաջացնելու համար շարժման մեջ մոլեկուլների բազմության մասնակցությունն անհրաժեշտ է, բայց և այդ մեծ քանակությունը կամ բազմությունը ևս բավարար չէ ջերմային յերևույթներ առաջացնելու համար։ Մոլեկուլների ջերմային շարժումը անկանոն, քաոսային է. որևե ուղղություն չկա, որ մոլեկուլների շարժումը գերակշռի. բոլոր ուղղությունները համահավասարական ու համարժեք են շարժման համար։

Այս պատողությունից պարզ է, որ ջերմային էներգիան մեխանիկական էներգիայի հետ համեմատած ավելի բարդ ձևի էներգիա է։

Մեխանիկական շարժումն իր բոլոր որոշքներով կարող է տեղի ունենալ, յեթե շարժում լինի, այսինքն՝ կինետիկ էներգիա ունենա թեկուզ մի մոլեկուլը, կամ նույնիսկ նրա մասը։

Ջերմային էներգիայի գոյության համար անհրաժեշտ է վերջ միայն մեխանիկական շարժման առկայությունը, այլև այնտեղ պետք է լինի շարժման մասնակցողների բազմությունն և նրանց շարժումների քաոսականությունն։ Այս յերկու նոր հատկանիշները բերում են այն բանին, որ ջերմային շարժումը չի յենթարկվում մեխանիկայի օրենքներին. նրանց հայտաբերումը պահանջում է հետազոտման ուրիշ ձևեր, քան նրանք, որոնք կիրառվեցին մեխանիկայի ուսումնասիրության ժամանակ։

Այն դրույթի հաստատումը, թե մարմնի ջերմությունը կապված է մոլեկուլի կինետիկ էներգիայի հետ, մեզ կհանդիպի ջերմային յերևույթների մոտակա քննության ժամանակ։ Բայց արդեն

գեն մի յերևույթ, վորի մասին հիշատակվեց վերևում, սրա մեջ գտնում է իր բացատրությունը։ Մենք տեսանք, վոր մարմինների կինետիկ էներգիան միշտ, թեկուզ և մասամբ, փոխարկվում է ջերմային էներգիայի։

Մարմնի մեխանիկական շարժման ժամանակ նրա բոլոր կետերը գծում են վորոշակի հետագծեր։ Համընթաց շարժման դեպքում՝ ուղղահեռ գծեր, պտտական շարժման դեպքում՝ համակենտրոն շրջագծեր և այլն (յեթե հաշվի չառնել այն շեղումը, վոր տեղի յե ունենում մոլեկուլային շարժումների հետևանքով)։

Կինետիկ էներգիան ջերմային փոխարկվելիս այդ ճշգրիտ կազմակերպված շարժումները վերածվում են անկանոն, անկազմակերպ շարժումների։

Ջրանի վոր դիմադրության առկայության դեպքում կինետիկ էներգիան միշտ փոխարկվում է ջերմային, ապա կարելի յե ասել, վոր բնության մեջ կազմակերպված շարժումները ինքնըստինքյան փոխարկվում են անկանոն, քաոսային շարժումների։

Յերբ առկա յեն բազմաթիվ մոլեկուլներ, ապա ամեն մի ուղղությամբ շարժումների առաջանալն ավելի հավանական է, քան բոլոր մոլեկուլների միաժամանակ շարժումը մի վորոշակի ուղղությամբ։ Հրապարակի վրա ինքնըերեն թողած մարդկային հազարավոր ամբոխի մեջ յերբեք ինքնուրույն կերպով այդ բոլոր մարդկանց շարժում վորոշակի ուղղությամբ չի առաջանա։ Անգամ կազմակերպված յերթը, յերբ դադարում է հրահանգը, վեր է ածվում անկանոն շարժման։ Շարժման յերկու տեսակներից՝ կանոնավոր և անկանոն, ավելի քան հավանական է քաոսայինը։



Մ. Վ. Լոմոնոսով
(1711—1765)։

Հենվելով այս կշռադատումների վրա, կարելի յե ասել, վոր ջերմային էներգիան ներքև։ գրեցեք ջրի ջերմաստիճանը $t_0°$ և խողովակի բաց ծայրից մինչև անդիման ալյան վերին ծայրը յեղած հեռավորությունը l_0 պայմանական միավորներով հաշվեցեք ոդի ծավալը՝ $V_0=L-l-l_0$։

3. Անոթը աղատեցեք հալվող սառույցից կամ սառը ջրից և նրա մեջ տաք ջուր լցրեք։ Ջերմաչափին ու խողովակը կրկին տեղավորեցեք անոթի մեջև, գրի առեք ջերմաստիճանն ու խողովակի բաց ծայրից մինչև անդիման վերին մակարդակը յեղած հեռավորությունը՝ l_1, հաշվեցեք ոդի նոր ծավալը՝ $V=L-l-l_1$։

4. Կրկնեցեք չափումները ջրի տարբեր ջերմաստիճանների ժամանակ—մինչև 40°-ի սահմաններում։

5. Չափումների արդյունքները գրի առեք աղյուսակում.

Խողովակի յերկարությունը՝ L=.... մմ, անդիման ալյան յերկարությունը l=....մմ։

Խողովակի ծայրից մինչև անդիման ակիզբը յեղած հեռավորությունը $t_0°$-ի պայմաններում՝ l_0=....մմ։

Սկզբնական ջերմաստիճանը՝ $t_0°$=....

Սկզբնական ծավալը՝ $V_0=L-l-l_0$։

Փորձի №-ը	Ջերմաստիճանը t_0	Խողովակի ծայրից մինչև յերկար դիման հեռավորությունը l_1	Ոդի ծավալը $V=L-l-l_1$	V_0-V տարբերությունը	Ջերմաստիճանների տարբերությունը $t-t_0$	$\beta=\frac{V_0-V}{V_0(t-t_0)}$
1						
2					Միջինը	

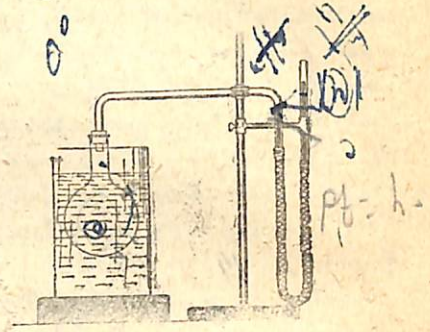
71. Գազերի ճնշման ջերմային գործակիցը։ Յերբ գազը պարփակված է անոթի մեջ (որինակ՝ պողպատե ռումբի մեջ, թթվածինն և ուրիշ գազեր արտադրող գործարաններում), այն ժամանակ ջերմաստիճանը փոփոխելիս գազի ծավալը չի փոփոխվում (անոթի ծավալն աննշան փոփոխությունը հաշվի չի առնվում)։ Այսպիսի դեպքում ջերմաստիճանի փոփոխության հետ փոփոխվում է գազի ճնշումը։

Գազի ճնշման կախումը ջերմաստիճանից կարող է ուսումնասիրվել հետևյալ փորձի ոգնությամբ։ Ոդով կամ ուրիշ գազով

1) Մեխայիլ Վասիլևիչ Լոմոնոսովը հանճարեղ բնագետ եր, ռուս առաջին գիտնականը, ռուս առաջին ակադեմիկը։ Կատարելագործության և հասարակական մի քանի ավյալների հետևանքով, վորոնք ընթանում եր նրա գիտական աշխատանքը, նրա գաղափարները գիտության հետագա զարգաց-

լցված սրվակը միացնում ենք մի մանոմետրի հետ, մյուս հետ վորպես հեղուկ ծառայում է սնդիկը (նկ. 66)։

Սրվակը տեղավորում ենք հալչող սառցով լցված անոթի մեջ, վորի ջերմաստիճանը, հետևաբար և սրվակի մեջ պարփակված գազի սկզբնական ջերմաստիճանը հավասար է 0°-ի։ Մանոմետրի շարժական ծորակը տեղափոխելով այնպես ենք անում, վոր սնդիկի մակարդակը յերկու ծայրերի մեջ գտնվի միևնույն բաձրության վրա։ Այն ժամանակ գազի ճնշումը p_0, վորի տակ գտնվում է գազը սրվակի մեջ, հետևաբար գազի ճնշումն անոթի պատերի վրա հավասար կլինի մթնոլորտային ճնշմանը։ Վորևե ցույց կնշում ենք գազի և սրվակի բաժանման սահմանը և այսպիսով վորոշում գազի սկզբնական ծավալը։ Այնուհետև սրվակը հանելով առաջին անոթից, այն տեղավորում ենք մի յերկրորդ անոթի մեջ, վոր լցված է սառը ջրով։ Կրկին տեղափոխելով մանոմետրի շարժական ծունկը, սնդիկը մանոմետրի յերկրորդ ծնկի մեջ բերում ենք ցուցիչի մոտ, սահիկով, վոր գազն ընդունի իր նախկին ծավալը։ Սակայն այժմ սնդիկի այուների մակարդակները մանոմետրի յերկու խողովակներում միևնույն բարձրության վրա չեն գտնվի, բայ ծնկի մեջ սնդիկի մակարդակը վորևե h մեծությամբ ավելի բարձր կլինի, քան այն ծնկի մեջ, վոր միացված է գազի հետ։ Հետևաբար գազն այժմ ունի մի նոր ճնշում p_t, վոր հավասար է մթնոլորտային և h բարձրությամբ սնդիկի սյան ճնշումների գումարին։ Չափելով ջրի ջերմաստիճանը՝ t, կարելի է հաշվել, թե գազի 0_0-ում ունեցած սկզբնական ճնշման յուրաքանչյուր միավորն իր վրա մասին և ածում, յերբ գազի ջերմաստիճանը բարձրանում է 1°։



Նկ. 66. Գործիք գազի ճնշման և ջերմաստիճանի կապն ուսումնասիրելու համար

Այն թիվը, վոր ցույց է տալիս, թե գազի 0°-ի դեպքում ունեցած սկզբնական ճնշման յուրաքանչյուր միավորն իր վոր մասին և ածում, յերբ գազը տաքանում է 1° հատատուն

ճնշման տակ, կոչվում է գազի ճնշման ջերմային գործակից։

Ճնշման գործակիցների առաջին չափումը կատարել է ֆրանսիացի Շարլը 1787 թվին, վորը գտավ, այսպես կոչված, Շարլի օրենքը. հաստատուն ծավալի դեպքում բոլոր գազերի ճնշումների ջերմային գործակիցները միմյանց հավասար են։

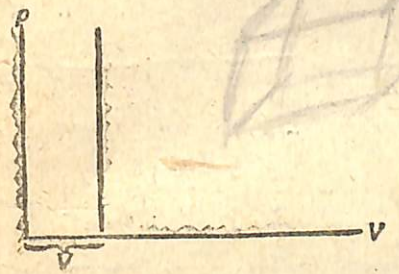
Յեթե ճնշման գործակիցը նշանակենք β-ով, ապա

$$\beta = \frac{p_t - p_0}{p_0 t} \text{ կամ } \boxed{p_t = p_0(1+\beta t).} \qquad (XI)$$

Ծավալային ընդարձակման գործակիցը հաստատուն ճնշման դեպքում և ճնշման ջերմային գործակիցը հաստատուն ծավալի դեպքում արտահայտվում են այնպիսի թվերով, վորոնք համընկնում են իրար հետ։

Շարլի օրենքը նույնպես մոտավոր է։

Գազերին հատատուն ծավալի դեպքում տաքացնելու V ծավալի միևնույն արժեքին համապատասխանում է ճնշման բազմաթիվ արժեքներ։ Յեթե աբսցիսների առանցքի վրա տեղերեք ծավալի արժեքները, իսկ օրդինատների առանցքի վրա համապատասխան արժեքները, ապա այս դեպքում ճնշման և ծավալի փոխադարձ կապն արտահայտող գրաֆիկը իրենից կներկայացնի մի ուղիղ, վորը զուգահեռ է օրդինատների առանցքին (նկ. 67)։



Նկ. 67. Իզոխորա

Այս գրաֆիկը կոչվում է իզոխոր։

72. Իդեալական գազ։ Ինչպես արդեն վերևում ցույց տվինք, բոլոր գազերը շեղվում են Բոյլ-Մարիոտի և Շարլ-Գեյ-Լյուսակի օրենքներից։ Յերբ անփոփոխ ճնշումն զգալի չափով մեծանում է, գազի տվյալ մասսայի նորմալ ծավալն ար-

1) Իզոս—հավասար, խորա—տեղ։

դեն դադարում է ճնշմանը հակադարձ համեմատական կերպով փոփոխվելուց, մյուս կողմից՝ գազի ջերմային գործակիցները առաջին ջերմաստիճաններում հաստատուն չեն մնում։ Այն գազը, որ ճշտությամբ յենթարկվում է յերկու գազային որենքներին, կոչվում է «իդեալական գազ»։ Իրենց հատկություններով իդեալական գազին ամենից ավելի մոտ են ջրածինը և հելիումը։

73. Գազային ջերմաչափ։ Պարագրաֆ 71-ում նկարագրված գործիքը (նկ. 66) կարող է ծառայել վորպես գազային ջրածնային ջերմաչափ։ Սրվակը շիման մեջ են դնում այն մարմնի հետ, վոր ջերմաստիճանը ցանկանում են չափել, հետո նկարագրված ձևով շարժելով մանոմետրի ծնկերը, ստիպում են, վոր գազը պահպանի հաստատուն ծավալը, ապա ըստ մթնոլորտային ճնշման և անդրիկի սյուների տարբերության չափում են գազի ճնշումը սրվակի մեջ, գազի ջերմաստիճանը հաշվում են ըստ նրա ճնշման՝ (XI) բանաձևի ոգնությամբ։ Գազային ջերմաչափով ոգտվում են գիտական հետազոտությունների ժամանակ, և նրա հետ համեմատում են մնացած ջերմաչափերը։

74. Բացարձակ ջերմաստիճան։ Բանաձևից (XI) յերևում է, վոր հաստատուն ծավալում գտնված գազի ճնշումը կնվազի ջերմաստիճանի նվազման հետ միասին։ Այսպես, յեթե գազը ավյալ ծավալում 0_0-ի դեպքում ունի $1\frac{կգ}{սմ^2}$ ճնշում, ապա $t=-1^0$-ում նրա ճնշումը հավասար կլինի $1\cdot\left(1-\frac{1}{273}\right)=\frac{272}{273}$, $t=-10^0$-ի դեպքում ճնշումը հավասար կլինի $\frac{263}{273}$, $t=-100^0$-ի դեպքում ճնշումը հավասար կլինի $\frac{173}{273}$ և այլն։

Բնականորեն հարց է առաջանում. գազի ճնշումը հաստատուն ծավալում ինչ ջերմաստիճանում կարող է հավասարվել 0-ի։ Այդ ջերմաստիճանը նշանակելով x-ով և յենթադրելով վոր $p_t=0$, (XI) բանաձևից կստանանք՝

$$0=p_0(1+\beta x),\ 1+\beta x=0^1),\ x=-\frac{1}{\beta},\ \beta=\frac{1}{273},\ x=-273^0;$$

Հետևաբար, -273^0C-ի ջերմաստիճանում գազի ճնշումը կա-

դող է հավասարվել 0-ի։ Գազի ճնշումը արդյունք է նրա մոլեկուլների շարժման և սրվակի յե ունենում անոթի պատերին բաղխվելու հետևանքով։ Այսպիսով պետք է հաշվել, վոր—273^0-ում պետք է դադարի մոլեկուլների համընթաց շարժումը։ Դրա համար էլ—273^0C ջերմաստիճանն ընդունվում է վորպես բացարձակ գերո ջերմաստիճան։ Ջերմաստիճանները, վորոնք հաշվվում են բացարձակ գրոյից, կոչվում են բացարձակ։

Յեթե ջերմաստիճաններն ըստ Ցելսիուսի հավասար են -110^0, -20^0, 0^0, $+37^0$, $+100^0$, $+150^0$, ապա բացարձակ ջերմաստիճանները համապատասխանաբար հավասար կլինեն՝ 163^0, 253^0, 273^0, 310^0, 373^0, 423^0։ Ընդհանրապես, յեթե ըստ Ցելսիուսի ջերմաստիճանը նշանակենք t-ով, իսկ համապատասխան բացարձակ ջերմաստիճանը T-ով, ապա այդ թվերի միջև գոյություն ունի հետևյալ առնչությունը՝ $T=273+t$ $t=T-273$։ Բացարձակ գերոյի ընդունումը, վորը 273^0-ով ցածր է 0^0C-ից, հենված է գործակցի արժեքի վրա $\beta=\frac{1}{273}$։ Գործակցի արժեքը՝ $\beta=\frac{1}{273}$ $\beta=\frac{1}{273}$ գտնված է, վորպես միջինը այն արժեքների, յերբ գազը տաքացվում է վոչ այնքան ցածր ջերմաստիճաններում. այս դեպքում գազն ընդունվում է վորպես իդեալական։

Հիմք չկա յենթադրելու, վոր գործակցի այդ արժեքը անփոփոխ կլինա ինչ ջերմաստիճաններում էլ վոր այն չափելու լինենք, հատկապես շատ ցածր ջերմաստիճաններում։ Շատ ցածր ջերմաստիճաններում գազերի հատկությունները փոխվում են, գազերն անցնում են հեղուկ վիճակի։ Դրա համար էլ բացարձակ գերոյի վերոհիշյալ հատատուումը ունի միայն տեսական նշանակություն։

Պետք է ուշադրություն դարձնել այն հանգամանքի վրա, վոր բացարձակ գերոն բոլորովին չի նշանակում, թե վերանում են բոլոր տեսակի շարժումները. մոլեկուլների պատահական շարժումները և նրա մասերի տատանումները պահպանվում են։

[1]) p_0-ն հաստատուն մեծություն է և յերբեք չի հավասարվի 0-ի։

Վարժություն 6.

1. Հետևյալ ջերմաստիճաններն արտահայտեցեք բացարձակ ցուցիչով 1) ոսկեհալ վիկացման ջերմաստիճանը (1200^0), 2) կարմիր վիկացման ջերմաստիճանը (500^0), 3) ջրի յեռման ջերմաստիճանը, 4) սառույց հալման ջերմաստիճանը, 5) սնդիկի պնդացման ջերմաստիճանը (-39^0), 6) ամենացածր ջերմաստիճանը յերկրի մակերեսի վրա (-68^0 հարավային բեվեռի մոտ), 7) ամենացածր ջերմաստիճանը, վոր հնարավոր է յեղել սառնալ լաբորատոր բիանեերում ($-272{,}18^0$)։

2. Հետևյալ բացարձակ ջերմաստիճաններն արտահայտեցեք Ցելսիուսի ցուցիչով. 1) ջրածնի պնդացման ջերմաստիճանը (16^0), 2) ոդի յեռման ջերմաստիճանը (80^0), 3) ջրի մակերևույթի մշտնի ջերմաստիճանն ովկիանոսներում (290^0), 4) մարդու մարմնի ջերմաստիճանը (310^0), 5) վոլտյան աղեղի ջերմաստիճանը (3800^0)։

75. Գազային վիճակի բանաձևը։ *Բոյլ-Մարիոտտի ու-րենքը հաստատուն ջերմաստիճանի դեպքում կապ է հաստատում ճնշման և ծավալի միջև, իսկ Գեյ-Լյուսակի և Շարլի ու-րենքները տալիս են ճնշման և ծավալի կախումը ջերմաստիճանից՝ նրանցից վորևե մեկի անփոփոխ արժեքի դեպքում։*

Բայց բնության մեջ և տեխնիկայում սովորաբար բոլոր յերեք մեծությունների փոփոխությունները տեղի յին ունենում միաժամանակ։

Յերկրագնդից տաքացված ոդի մասսայի վեր բարձրացման դեպքում միաժամանակ փոփոխվում և նրանց ծավալը, ճնշումը և ջերմաստիճանը։ Գործարանում մաքուր թթվածինը գործարանային բալոններից պողպատյա ռումբերի մեջ լցնելու ժամանակ, վորոնցով նա տեղափոխվում և պահպան արտադրություններ, նույնպես միաժամանակ տեղի յին ունենում ճնշման և ծավալի փոփոխություն։ Ներքին այրման շարժիչների մեջ վառելանյութի բռնկման ժամանակ մխոցի տակ միաժամանակ փոփոխվում են բոլոր այն մեծությունները, վորոնք բնութագրում են գազի վիճակը։

Դրա համար էլ ուսումնասիրության և հաշվումների նպատակով չափազանց կարևոր է հարաբերակցություն հաստատել բոլոր մեծությունների միջև՝ ծավալի, ճնշման և ջերմաստիճանի։

Բերված բոլոր օրինակներում մասնակցում են վոչ թե իդեալական, այլ իրական գազերը, բայց վերջինների հատկությունների ուսումնասիրությանը կարելի յի մոտենալ առաջնահերթ՝ իդեալական գազերի հատկությունների ուսումնասիրության միջոցով, վորոնց համար պետք և կիրառելի Բոյլ-Մարիոտտի, Գեյ-Լյուսակի և Շարլի օրենքները։

Տվյալ քանակությամբ գազի ճնշման, ծավալի և ջերմաստիճանի միջև յեղած կապը կարելի յի արտահայտել մաթեմատիկորեն։

Գազային վիճակի բանաձևի արտածումը կատարվում է Բոյլ-Մարիոտտի և Գեյ-Լյուսակի օրենքների հաջորդական կիրառությամբ։

Գազի ծավալը 0^0-ում նշանակենք V_0-ով և համապատասխան ճնշումը՝ p_0-ով։ Յեթե ճնշումը՝ p_0 չփոխելով գազի տվյալ քանակությունը տաքացնենք մինչև t^0, ապա այդ ջերմաստիճանում նրա ունեցած նոր ծավալը՝ V_1, V_0 ծավալի հետ կապված կլինի Գեյ-Լյուսակի բանաձևով՝

$$V_1=V_0(1+\beta t)։$$

Յեթե նույն ջերմաստիճանում՝ t^0 ճնշումը հասցնենք p-ի, ապա գազը կզբաղի մի նոր ծավալ՝ V, և ըստ Բոյլ-Մարիոտտի օրենքի՝

$$Vp=V_1p_0։$$

Վիճակ	Ծավալ	Ճնշում	Ջերմաստիճան	
Սկզբնական	V^0	p_0	0	$V_1=V_0(1+\beta t)$
Միջանկյալ	V_1	p_0	t	
Վերջնական	V	p	t	$Vp=V_1p_0$

Վերջին բանաձևի մեջ տեղադրելով V_1-ի նշանակությունը՝ կստանանք՝

$$Vp=V_0p_0(1+\beta t)$$

կամ

$$\frac{Vp}{1+\beta t}=V_0p_0։$$

Քանի վոր նույն դատողությունները կարելի յի կրկնել նաև t_1^0, t_2^0, t_3^0,... ջերմաստիճանների համար և ամեն անգամ ստանալ նման բանաձևեր, ապա՝

$$\frac{V_1p_1}{1+\beta t_1}=\frac{V_2p_2}{1+\beta t_2}=\frac{V_3p_3}{1+\beta t_3}=\dots=\frac{Vp}{1+\beta t}=V_0p_0$$

կամ

$$\boxed{\frac{Vp}{1+\beta t}=V_0p_0 \qquad \frac{Vp}{1+\beta t}=C} \qquad (XIIa)$$

վորտեղ C հաստատուն մեծություն է։

Գազի ծավալի և ճնշման արտադրյալը, բաժանած ծավալային ընդարձակման բինոմի վրա, տվյալ գազի մասսայի համար, հաստատուն մեծություն է։

Բայց

$$1+\beta t_1=1+\frac{t_1}{273}=\frac{273+t_1}{273}=\frac{T_1}{273},$$

վորտեղ T_1 բացարձակ ջերմաստիճան է, ինչպես և

$$1+\beta t_2=\frac{T_2}{273}.$$

Ստացված մեծությունները տեղադրելով վերևում դրված հավասարությունների մեջ, կստանանք

$$\frac{273V_1p_1}{T_1}=\frac{273V_2p_2}{T_2}=\dots=V_0p_0$$

կամ կրճատելով 273-ով, կստանանք՝

$$\frac{V_1p_1}{T_1}=\frac{V_2p_2}{T_2}=\dots=\frac{V_0p_0}{273}.$$

Քանի վոր V_0p_0 արտադրյալը հաստատուն մեծություն է, ապա և $\frac{V_0p_0}{273}$ քանորդը ևս հաստատուն մեծություն կլինի, վորը կարող է նշանակվել C-ով։ Այն ժամանակ նախորդ հավասարությունները կստանան հետևյալ տեսքը, վորը հայտնի է Կլապեյրոնի հավասարում անունով.

$$\boxed{\frac{V_1p_1}{T_1}=\frac{Vp}{T}} \text{ կամ } \boxed{\frac{Vp}{T}=R} \qquad (XIIb)$$

Գազի տվյալ մասսայի համար ծավալի և ճնշման արտադրյալը՝ բաժանած բացարձակ ջերմաստիճանի վրա, հաստատուն մեծություն է։

Վարժություններ 7.

1. Նորմալ ճնշման տակ 6 լիտր ոդ պարունակող դունդը հաղորդակցվում է 4 լիտրանոց դատարկ անոթի հետ։ Ի՞նչ ճնշում կստացվի, յերբ անոթները միացվեն իրար հետ։

2. 6 մթնոլորտ ճնշման տակ 8 լիտր թթվածին պարունակող թթվածնյա ռումբը հաղորդակցության մեջ դրին մի դատարկ անոթի հետ, վորից հետո ճնշումը հավասարվեց 2 մթնոլորտի։ Ի՞նչ տարողություն ուներ դատարկ անոթը։

Պաս. 16 լիտր։

3. Ոդը սրվակի մեջ, 0°-ում և մթնոլորտային նորմալ ճնշման տակ ունի 3_1 ծավալ։ Վորոշեցեք նրա ծավալը 10°-ում 74 սմ ճնշման տակ։

4. Ջրածինը 15°-ում և 100 սմ ճնշման տակ գրավում է 2 լ ծավալ։ Վորքա՞ն կլինի նրա ճնշումը, յերբ ծավալը փոքրացնենք մինչև 1,5 լիտր, իսկ ջերմաստիճանը բարձրացնենք մինչև 30°։ Պաս. 140 սմ։

5. Ոդը 0°-ում 75 սմ ճնշման տակ գրավում է 1,2 լ ծավալ։ Ինչպիսի՞ ջերմաստիճանում, նորմալ ճնշման տակ նա կունենա 1 լիտր ծավալ։

Պաս.—42°։

6. 0°-ում և մթնոլորտային նորմալ ճնշման տակ սրվակի մեջ պարունակված ոդը կշռում է 1 գ։ Ի՞նչ ծավալ կզբաղեցնի այդ ոդը—10° ջերմության պայմաններում և 114 սմ ճնշման տակ։ Ոդի համար $d_0=0{,}00129\ \frac{գ}{սմ^3}$։

Պաս. 498 սմ³։

7. Վորքա՞ն կկշռի 1 սմ³ ոդը ջրի մակերևույթից 103 մետր խորությունում, 4° ջերմաստիճանի պայմաններում։ Պաս. 0,014 գ։

8. Ոդի բշտիկը ջրի մակերևույթից 1 մետր խորության վրա՝ 100° ջերմաստիճանի պայմաններում ունի 0,1 սմ³ ծավալ։ Ի՞նչ ծավալ կունենա նա, յերբ ջրի միջից դուրս գա ոդի մեջ՝ մթնոլորտային նորմալ ճնշման տակ՝ ունենալով 15° բարեխառնություն։

9. Գտնել ածխաթթու գազի տեսակարար կշիռը, յերբ t=100°-ի և ճնշումը 80 սմ, յեթե $d=0{,}002\ \frac{գ}{սմ^3}$։ Պաս. $0{,}0015\ \frac{գ}{սմ^3}$։

10. Գտնել ռումբի մեջ պարփակված ածխաթթու գազի կշիռը, յեթե նրա ծավալը հավասար է 30 լիտրի, ճնշումը՝ 40 մթնոլորտի, իսկ ջերմաստիճանը՝ 15°-ի։ Պաս. 2775 գրամ։

11. Թթվածինը գազային ռումբի մեջ ունի 18 լ ծավալ, 32 մթ. ճնշում և 15° բարեխառնություն։ Գտնել թթվածնի քաշը և վորոշել, թե վոր ջերմաստիճանում նրա ճնշումը կհավասարվի 40 մթնոլորտի (ծավալը միևնույն է մնում)։

$$d = 0{,}00143 \frac{գ}{սմ^3}:$$

12. Որոշեցեք 3000 $մ^3$ ծավալ ունեցող գնդի մեջ լցրած ջրածնի կշիռը 72 սմ ճնշման տակ և—50^0 բարեխառնության մեջ, եթե $d = 0{,}00009 \frac{գ}{սմ^3}$:

Պատ. 260 կ. գրամ:

76. Գազերի մոլեկուլային-կինետիկ տեսությունը: Յուրաքանչյուր գազ, ինչպես և ամեն մի այլ մարմին, կազմված է մոլեկուլներից: Գազի ընդունակությունը՝ արագ կերպով գրավելու իրեն տրամադրած ծավալը, ցույց է տալիս մի կողմից նրա մոլեկուլների միջև եղած աննշան փոքր հարակցական ուժը, իսկ մյուս կողմից՝ որ գազի մոլեկուլներն ունեն հաճախ ընթաց շարժման գրալի արագություն:

Գազային մոլեկուլների շարժումը կարելի է ամենից շատ նմանեցնել մժեղների պարսի շարժմանը ամառային լավ եղանակին: Ամբողջ պարսը անոթում եղած գազի նման երկար ժամանակ պահպանում է մի որոշակի ծավալ, բայց առանձին մժեղներ նրա մեջ շարժվում են մի բնկալի ուղղագիծ հատվածներով: Մոլեկուլները, ի տարբերություն մժեղների, իրենց ուղղագիծ ճանապարհը փոխում են միայն մյուս մոլեկուլներին և անոթի պատին բախվելու հետևանքով, որոնցից նրանք հետ են մղվում, ինչպես առաձգական գնդեր:

Ահա այս բազմաթիվ մոլեկուլների անդադար կրկնվող հարվածներն առիթ են տալիս ճնշումը, որը առաջացնում է գազն անոթի պատերի և գազի մեջ տեղավորված մարմինների վրա: Վրդ մեր զգայարանները, վրդ մեր գործիքները ի վիճակի չեն նշելու առանձին մոլեկուլի հարվածները, որոնք կարող են տեղի ունենալ տարբեր իմպուլսներով[1]: Ընդունված են իմպուլսների միջին մեծությունները, որոնք և կազմում են գազի ճնշումը:

Մոլեկուլների անկանոն շարժման ժամանակ յուրաքանչյուր ուղղության մեջ միջին հաշվով տեղի կունենան հավասար թվով հարվածներ, որի հետևանքով գազի ճնշումը անոթի պատերի վրա տարածվում է հավասարապես: Այդ նույն շարժումների անկանոնությունը միջին հաշվով հանգեցնում է նրան, որ պատի վրա գործող բոլոր հարվածների ուժերի համազորը պետք է ուղղահայաց լինի պատին կամ գազի մեջ գտնվող մի այլ հարթության:

Ի՞նչպես բացատրել Բոյլ-Մարիոտտի օրենքը այս տեսության հիման վրա: Ծավալի փոքրացման դեպքում անոթի պատին հաջորդական հարվածների վազքերի ճանապարհները փոքրանում են, հետևաբար հարվածներն ավելի հաճախակի են տեղի ունենում և սրա հետ միասին աճում է ճնշումը: Ծավալի մեծացման դեպքում տեղի է ունենում դրան հակադարձ երևույթը:

Մոլեկուլները բաղկացած են վոչ միայն անոթի պատին, այլև իրար: Տեսական հաշվումների համաձայն՝ յուրաքանչյուր բաղկացող մոլեկուլների միջև եղած միջին ազատ վազքը λ 0^0-ում 1 մթնոլորտային ճնշման դեպքում H_2-ի համար արտահայտվում է հետևյալ թվերով. $\lambda = 11{,}2 \cdot 10^{-6}$ սմ, O_2-ի համար $\lambda = 6{,}5 \cdot 10^{-6}$ սմ, N_2-ի համար $\lambda = 6{,}0 \cdot 10^{-6}$ սմ [1]):

Մեկ վայրկյանում ջրածնի մոլեկուլները բաղկացած են $15{,}1 \cdot 10^9$, թթվածնի մոլեկուլները՝ $6{,}55 \cdot 10^9$, և ազոտի մոլեկուլները՝ $7{,}55 \cdot 10^9$ անգամ:

Ջրածնի մոլեկուլի ազատ վազքի տևողությունն է $0{,}66 \cdot 10^{-10}$ վայրկ., թթվածնինը՝ $1{,}52 \cdot 10^{-10}$ վայրկ., և ազոտինը՝ $1{,}32 \cdot 10^{-10}$ վայրկ.:

Նկատի ունենալով բաղկացուցիչների ահռելի թիվը՝ կարելի է հասկանալ նահանջը Բոյլ-Մարիոտտի օրենքից, որը նկատվում է մեծ ճնշումների դեպքում: Ծավալի զգալի նվազման դեպքում մոլեկուլների միջև բաղկացումը ուժեղ կերպով աճում է, դրա հետ միասին մեծանում է նաև մոլեկուլների փոխազդեցությունը, որը համարյա աննկատելի է սովորական պայմաններում:

Մյուս կողմից յուրաքանչյուր մոլեկուլ զբաղեցնում է որոշակի ծավալ: Այսպես, օրինակ, ջրածնի մոլեկուլի տրամագիծը հավասար է $2{,}3 \cdot 10^{-8}$ սմ-ի, թթվածնինը՝ $2{,}9 \cdot 10^{-8}$ սմ-ի, ազոտինը՝ $3{,}1 \cdot 10^{-8}$ սմ-ի:

---

1) Իմպուլսը չափվում է ուժի և նրա ազդման ժամանակամիջոցի արտադրյալի միջոցով (տես մաս I, §):

1) Այս և հաջորդ պարագրաֆներում բերված թվերը ծանոթանալու համար են, բայց վոչ թե պարտադիր սովորելու:

պոտինը՝ $3,1 \cdot 10^{-8}$ սմ-ի։ Իրականում սեղմումը կարող է տևել ունենալ միայն ծավալի այն մասում, որը կազմում է ամբողջ գազին տրամադրած անոթի ծավալի և անոթում գտնված մոլեկուլների ծավալների գումարի տարբերությունը։ Որքան ուժեղ է սեղմված գազը, այնքան փոքր կլինի այն ծավալը, որի մեջ կարող է տեղի ունենալ սեղմումը։ Մինչդեռ Բոյլ-Մարիոտի որենքի բանաձևի մեջ մտնում է ամբողջ ծավալը, որը գրաղեցնում է գազը։ Սրանումն է կայանում իրերկրորդ պատճառը սեղմման դեպքում իրական գազերի բնույթի նահանջը իդեալական գազից (§ 72)։

Այժմ անցնենք Շարլի որենքի բացատրությանը։ Այս որենքը կապված է մոլեկուլների շարժման արագության հետ։ Մոլեկուլի միջին արագությունը $\bar{u}$, որով նա շարժվում է հարվածների միջև ազատ ճանապարհներով շատ կարճ ժամանակամիջոցներում, ինչպես գուցե և տալիս տեսությունն ու փորձերով կատարվող անմիջական չափումները—0^0-ում և 1 մթնոլորտային ճնշման տակ արտահայտվում են հետևյալ թվերով.

Ջրածնի համար $\bar{u} = 1845 \frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$, թթվածնի համար՝ $\bar{u} = 460 \frac{\text{մ}}{\text{վայրկ.}}$, ազոտի համար՝ $\bar{u} = 493 \frac{\text{մ}}{\text{վայրկ.}}$։

Ջերմաստիճանի բարձրացման հետ աճում է մոլեկուլի շարժման արագությունը։ Ցերը գազը տաքանում է հաստատուն ծավալում, նրա մոլեկուլների արագության ազման հետևանքով ավելանում է նրանց զարկերի թիվը անոթի պատերի վրա և, հետևապես, մեծանում է ճնշումը, որի մասին հենց խոսում է Շարլի որենքը։

Մոլեկուլների շարժման արագության վերաբերյալ մեր ասածներին ավելացնենք մի դիտողություն։ Ցերը խոսվում է մոլեկուլի շարժման արագության մասին, ապա չպետք է կարծել, որ բոլոր մոլեկուլներն ունեն բոլորովին միատեսակ արագություն։ Անկանոն բաղխումների ժամանակ որոշ մոլեկուլների արագությունը կարող է մեծանալ, մյուսների արագությունը՝ փոքրանալ, բայց ընդհանրապես յերևույթները տեղի չեն ունենում այնպես, կարծես թե բոլոր մոլեկուլների արագությունները միատեսակ են։ Յեվ իրոք, տեսական մտատվոր հաշվումները ցույց են տալիս, որ յեթե վորևե ջերմաստիճանում մոլեկուլների միջին արագությունը հավասար է $485 \frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$, ապա բոլոր մոլեկուլների $1^0/_0$-ը ունենում է $100 \frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$-ից պակաս արագություն, $8^0/_0$-ը՝ 100 և 200 $\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$-ի միջև, $15^0/_0$-ը՝ 200 և 300 $\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$ միջև, $20^0/_0$-ը՝ 300 և 400 $\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$ միջև, $21^0/_0$-ը՝ 400 և 500 $\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$ միջև, $17^0/_0$-ը՝ 500 և 600 $\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$ միջև, $10^0/_0$-ը՝ 600 և 700 $\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$ միջև և $8^0/_0$-ը՝ 700 $\frac{\text{մետր}}{\text{վայրկ.}}$-ից բարձր արագություն։

Տեսական յեզրակացությունները նույնպես ցույց են տալիս, որ մոլեկուլի միջին կինետիկ եներգիան ուղիղ համեմատական է բացարձակ ջերմաստիճանին։

77. Գազի գրամ-մոլեկուլը յեվ մոլեկուլների քանակը նրա մեջ։ Գազի գրամ-մոլեկուլ (այնպես, ինչպես յուրաքանչյուր մարմնինը) կոչվում է գրամների այն թիվը, որով արտահայտվում է տվյալ մարմնի մոլեկուլային կշիռը։

Ջրածնի գրամ-մոլեկուլը կազմում է 2,016 գրամ, թթվածնինը՝ 32 գրամ, ազոտինը՝ 28 գրամ։ Քանի որ ջրածնի խտությունը $D = 0,000090 \frac{\text{գ}}{\text{սմ}^3}$, թթվածնի $D = 0,001429 \frac{\text{գ}}{\text{սմ}^3}$, ազոտի $D = 0,001251 \frac{\text{գ}}{\text{սմ}^3}$, ապա ըստ $V = \frac{m}{D}$ բանաձևի կարելի յե հաշվել, որ ամեն մի գազի գրամ-մոլեկուլը գրավում է միևնույն ծավալը, այսինքն նորմալ պայմաններում $V = 22,41$ լիտրի։

Ցեղնելով մի շարք նկատառումներից, որոնք տեսական յեզրակացությունները կապում են գործնականում ստացած տվյալների հետ, հաստատված է, որ յուրաքանչյուր մարմնի գրամ-մոլեկուլը պարունակում է միևնույն թվով մոլեկուլներ։

Նյութի գրամ-մոլեկուլի մեջ յեղած մոլեկուլների այս թիվը, ի պատիվ իտալացի ֆիզիկոս Ա. Ավոգադրոյի, որն առաջին անգամ արտահայտել է այս միտքը, կոչվում է **Ավոգադրոյի թիվ**։

Բայց ավելի ճշգրիտ հաշվումներով Ավոգադրոյի թիվը

$N_A = 6,06 \cdot 10^{23}$: Այսեղից կարելի է ստանալ 1 սմ³-ում եղած մոլեկուլների թիվը 0°-ում և 1 մթնոլորտային ճնշման պայմաններում, որը բերված է § 57-ի մեջ՝ այն է՝ $\frac{6,06 \cdot 10^{23}}{22410} = 2,7 \cdot 10^{19}$ (Լոշմիդտի թիվ):

Կարելի է նմանապես չափել յուրաքանչյուր մոլեկուլի կամ ատոմի մասսան: Որինակ՝ ջրածնի ատոմի մասսան, որի մոլեկուլը բերկատոմանի է, հավասար է՝ $\frac{2,016}{2 \cdot 6,06 \cdot 10^{23}} = 1,66 \cdot 10^{-24}$ գ:

78. Գազերի հատկությունների տեխնիկական կիրառությունը: Գազերը լայն գործածության են դառնում տեխնիկայում. Մասնավորապես նրանք ոգտագործվում են ներքին այրման շարժիչներում, Շարժիչների ուսումնասիրությունը թողնելով ջերմային մեքենաների բաժնում՝ նախ կանգ առնենք սեղմված ոդով շարժման մեջ դրվող մեքենաներից մի քանիսի համառոտ նկարագրության վրա: Սեղմած ոդը վորպես բանող մարմին և ծառայում դանազան, այսպես կոչված, պնևմատիկ գործիքների և մեքենաների աշխատեցնելու համար: Սեղմած ոդը ճնշման միջոցով մղվելով վագոնների առ տեղավորված դանդերի մեջ՝ շարժման մեջ և դնում վագոնների ոդային արգելակների կոճերը: Սեղմած և նոսրացած ոդի ոգնությամբ կատարվում է ծանրոցների տեղափոխության՝ խողովակների միջով: Փոխադրության այդպիսի միջոցը ոգտագործվում է խոշոր ձեռնարկություններում և նույնիսկ մեծ քաղաքներում (այսպես կոչված՝ պնևմատիկ փոստ): Համապատասխան ջերմաստիճանի և խոնավություն ունեցող ոդը մղելով շինությունների մեջ, այն տաքացնում են, կամ ոդափոխություն կատարում, ինչպես և գործադրում են արտադրության պահեստաններում հումքը չորացնելու, թարմացնելու և խոնավացնելու համար: Այն մեքենաները, վորոնք գործադրվում են ոդը սեղմելու և ոդափոխության (վենտիլյացիայի) նպատակով այն շենքերն ու հանքահորերը տեղափոխելու, ինչպես և վառարանների մեջ վառելանյութերն այրելու և մեքենաներն ու գործիքները շարժման մեջ դնելու համար, կոչվում են ոդամուղ մեքենաներ:

Մթնոլորտից ոդը ոդատար խողովակների մեջ կարելի է մացնել յերկու յեղանակով. կամ ծծելով (այդ ժամանակ ոդատար խողովակներում առեղծվում է ավելի փոքր ճնշում, քան մթնոլորտային ճնշումն է—դեպրեսիա), կամ մղելով (այդ ժամանակ ոդատար խողովակներում ճնշումը դառնում է մթնոլորտային ճնշումից ավելի մեծ): Հանքերից և շենքերից ոդը քաշելը կատարվում է գլխավորապես ոդափոխիչների միջոցով, մղումը—հատուկ մեքենաներով, վորոնք կոչվում են կոմպրեսորներ:

Այժմ ոդամուղ մեքենաները մղելու հնարավորություն ունեն, վոր վառարանների համար՝ մինչև 2000 մ³ ոդ մեկ րոպեում և հանքերի ոդափոխության համար՝ մինչև 12000 $\frac{\text{մ}^3}{\text{րոպե}}$:

Ամորֆային վիճակը. դա եղուկի գերսառեցման վիճակն է. Նա ավելի մոտ է հեղուկ, քան թե պինդ բյուրեղային վիճակին: Ցավ իրոք, ինչպես հեղուկները իրենց ծանրության ազդեցության տակ ընդունում են այն անոթի ձևը, վորի մեջ լցված են, այնպես էլ ամորֆ մարմինները իրենց ծանրության ազդեցության տակ փոխում են իրենց ձևը:

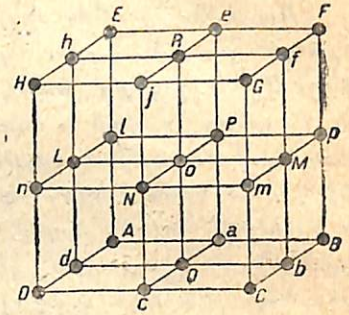
Ապակին, ձյութը, սոսինձը մուրճի հարվածների տակ մոռերի յեն բաժանվում այնպես, ինչպես բյուրեղային մարմինները: Մյուս կողմից՝ ապակյա յերկար խողովակը, վորն իր յերկու ծայրերով դրված է հենարանների վրա, վորոշ ժամանակից հետո իր ծանրության ազդեցության տակ ճկվում է, ձագարի մեջ դրված ձյութի կաորները ճապաղվում են ձագարի յերկարությամբ և վորպես ձողեր դուրս են գալիս ձագարի անցքից: Յեթե անոթի հատակին դնենք լցանի մի կտոր, նրա վրա դնենք ձյութ և նրա վրայից կապար, ապա վորոշ ժամանակից հետո ձյութի կաորները միանալով կառաջացնեն մի ափածույլ մարմին հորիզոնական հարթ յերեսով. կապարը նրա միջով կիջնի հատակի վրա, իսկ լցանը կբարձրանա դեպի մակերեսը: Ձևի այդպիսի փոփոխությունն արագ տեղի կունենա ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում:

Բանի վոր ամորֆային վիճակում շնորհիվ ներքին մեծ շփման մոլեկուլները չեն կարողանում ընդունել կանոնավոր ձև, վորը հատուկ է բյուրեղային վիճակին և թափված ջերմությունը (համեմատաբար ջերմություն) այս դեպքում չի ուղղվում, ապա եներգիայի պաշարը ամորֆային մարմնի մեջ ավելի շատ է, քան բյուրեղային մարմնի մեջ: Բայց մարմնի եներգիան տվյալ պայմաններում անցնում է նրա հնարավոր մինիմալ քանակին: Ուստի ամորֆային վիճակն անկայուն է և նպաստավոր պայմաններում անցնում է բյուրեղային վիճակի:

Այս կամ այն չափով յերկար ժամանակ անցնելուց հետո ամորֆային ապակու մեջ բյուրեղներ են գոյանում—ապակին պղտորվում է ամորֆային ապակենման սառնաշաքարը (леденец) ծածկվում է շաքարի բյուրեղներով և այլն:

92. Բյուրեղի տարածական ցանց: Բյուրեղի արտաքին կանոնավոր ձևը դեռ XIX դարի կեսերում առիթ տվեց արտահայտելու այն յենթադրությունը, թե նյութի մոլեկուլները կամ

ատոմները, վորոնցից կազմված են բյուրեղները, նրա մեջ դասավորվում են կանոնավոր շարքերով հավասար հեռավորությունների վրա։ 1912 թվից սկսած տարբեր գիտնականներ, դրանց թվում և Մոսկվայի ֆիզիկոս Գ. Վ. Վուլֆը ռենտգենյան ճառագայթների[1]) ոգնությամբ հետազոտեցին բյուրեղները, վորով և հնարավոր եղավ լուծել բյուրեղների կառուցվածքի վերաբերյալ հարցը։



Նկ. 90. ○—նատրիումի ատոմներ (իոններ)
●—քլորի ատոմներ »

Ուսումնասիրենք քարաղի բյուրեղի կառուցվածքը (նկ. 90)։ Նա իրենից ներկայացնում է քլորի և նատրիումի քիմիական միացությունը—NaCl։

Քարաղի բյուրեղը բաղկացած է քլորի և նատրիումի առանձին ատոմներից, ըստվորում նրանց ատոմները չեզոք չեն, այլ իրենց վրա կրում են հավասար և հակադիր լիցքեր։ Ատոմը, վոր ունի էլեկտրական լիցք, կոչվում է իոն (տես III մաս)։ ուստի քլորական նատրիումի բյուրեղը, ինչպես և շատ ուրիշ աղերինը, կազմված է իոններից։ Քլորի և նատրիումի իոնները յուրաքանչյուր յերեք ուղղություններով դասավորված են մեջընդմեջ հավասար հեռավորությունների վրա։ Ինչպես նատրիումի իոնը (նկարի մեջ ավելտակ շրջանիկը), այնպես և քլորի իոնը (նկարի մեջ ևս շրջանիկը) տեղավորված են մյուս վեց իոնների մեջտեղում։

Ուժերը, վորոնք փոխազդում են մոլեկուլների միջև և վորոնք բյուրեղին ամրություն են տալիս, հանդիսանում են էլեկտրականացած մարմինների փոխազդեցության ուժեր (տես III մ., գլ. I)։

Շարքերի հաստումը, ըստ վորոնց դասավորված են իոնները մեկ բյուրեղում, մոլեկուլները կամ ատոմները մյուս բյուրեղում, տարածության մեջ առաջացնում են այսպես կոչված տա-

[1]) Քանի վոր նախքան ռենտգենյան ճառագայթների ուսումնասիրությունը (III մ.) հնարավոր չի բացատրել այս ուսումնասիրության մեթոդը, ապա այստեղ միայն մի սահմանափակվել միայն արդյունքների հաղորդումով։

Բերված դասակարգումը չի հանդիսանում բացարձակ ճշգրտություն։ Փխրուն մարմինները նա կարող են հիդրավլիկական ճնշման միջոցով բերվել պլաստիկ վիճակի, որինակ՝ մարմարը և հանքանյութերը։ Հակայական ճնշման աղդեցության տակ մարմինների հատկությունների այս փոփոխությամբ բացատրվում է լեռնային տեսակների տարբեր ձևերի առաջանալը։

§ 6. Թուլյատրելի լարում։ Լարման այն մեծությունը՝ մարմնի ամենավտանգավոր տեղերում, վորի առկայության դեպքում մարմինը դեռ կարող է յերկար ժամանակ բավական ամուր և դիմացկուն համարվել, կոչվում է թուլյատրելի լարում։ Անվտանգության նպատակով շինարարական տեխնիկան կառուցվածքներում կիրառում է թուլյատրելի լարում։

Ստորև զետեղված աղյուսակում տրված են խորտակիչ և թուլյատրելի բեռնավորումների չափերը՝ նյութերի ձգման և սեղմման ժամանակ (վերցված է պրոֆ. Խուդյակովի «Նյութերի դիմադրությունը» գրքից, 1930 թվի ռուս. հրատ.)

Նյութերի ձգման յեվ սեղմման դեպքում խորտակիչ յեվ թուլյատրելի բեռնավորումների աղյուսակ

Նյութի անունը	Լարումը ձգման ժամանակ կգ-ներով մմ²-ի վրա		Լարումը սեղմման ժամանակ կգ-ներով մմ²-ի վրա	
	խորտակիչ	թուլյատրելի	խորտակիչ	թուլյատրելի
Ճերմակ կաճոն	33—40	6—7,5	—	—
Ջուլածո յերկաթ	34—44	—	35—55	12—6
Ջուլածո պողպատ	45—100	9—10	70—150	15—8
Ձապանակի պողպատ մխած	80 և ավելի	—	—	—
Թուջ	12—18	2—2 5	70—85	9—6
Կարմիր պղինձ կաճոն	20—22	7—9	40—70	9—6
» » լարային	40—70	—	—	—
Արույր	15	—	7,5	0,75
Ջուլածո ալյումինիում	10,5	—	—	—
Կապար	1,3	—	0,5—1,25	—
Կաշվե փոկ	2,8—3,5	0,2—0,28	—	—
Կանեփի ճոպան	3,5—6	1	—	—
Աղյուս	—	—	1—3	0 07—0,1
Բետոն	—	—	0,8—2,5	0,05

Ձգող և թուլլատրելի լարվածությունների հարաբերությունը կոչվում է ամրության պաշար կամ պատահելիության գործակից:

§ 7. Հուկի օրենքը: Նախորդ շարադրությունից պարզվեց, որ մարմինների դեֆորմացիան, բնականորեն ավելացնելու դեպքում, լինում է բազմապիսի և բարդ ե իր օրինաչափությամբ:

Օրինաչափությունն ամենից հասարակ և դեֆորմացիայի այն առաջարիղում, որը կոչվում է առաձգական դեֆորմացիա: Առաձգական դեֆորմացիայի համար օրենքը գտել է անգլիացի ֆիզիկոս Հուկը (1635—1702) դեռ 1676 թվին. հարաբերական դեֆորմացիան ուղիղ համեմատական է լարվածությանը:

Այս օրենքը տեղի ունի բոլոր տեսակի դեֆորմացիաների համար, բայց միայն նրանց այն մասում, որոնց համար գրաֆիկն արտահայտվում է ուղիղ գծով (նկ. 96 ՕՐ տիրույթում):

Հուկի օրենքը ձգման և սեղմման համար առանում է հետևյալ մաթեմատիկական տեսքը. յեթե համեմատականության գործակիցը նշանակենք α-ով, հարաբերական երկարումը ε-ով, լարվածությունը p-ով, ապա մաթեմատիկական տեսքը կլինի

$$\varepsilon = \alpha p \qquad \text{(XIII a)}$$

Քանի որ α-ն փոքր կոտորակ է, ապա աղյուսակների կազմման հարմարության և հաշիվները տանելու համար մուծվում է α հակադարձ մեծությունը, որը նշանակվում է E տառով և կոչվում է առաձգականության մոդուլ (չափ) կամ Յունգի մոդուլ.

$$E = \frac{1}{\alpha}, \text{ ապա } \varepsilon = \frac{p}{E}.$$

Յեթե ε-ն և p-ն փոխարինենք նրանց արժեքներով, ապա Հուկի օրենքն արտահայտող բանաձևը կարելի կ գրել ընդարձակ տեսքով.

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{F}{ES}, \text{ կամ } \boxed{\Delta l = \frac{Fl}{ES}} \qquad \text{(XIII б)}$$

Այս տեսքով օրենքն ասում է, որ բացարձակ յերկարումն ուղիղ համեմատական և դեֆորմացիա առաջացնող ուժին, մարմնի յերկարությանը և հակադարձ համեմատական է նրա ընդլայնական կտրվածքի մեծությանը:

Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունի առաձգականության մոդուլը:

Նրա մասին մենք պատկերացում կունենանք, յեթե յենթադրենք՝ $\Delta l = l$ և $S = 1$, ապա $\frac{\Delta l}{l} = 1$ և $E = F$:

Հետևաբար առաձգականության մոդուլն այն լարվածությունն է, որի դեպքում բացարձակ յերկարումը հավասար կդառնա սկզբնական յերկարությանը, (ի հարկե այն պայմաններում, յերբ Հուկի օրենքը ճիշտ է բոլոր չափերի դեֆորմացիաների համար):

Առաձգականության մոդուլն արտահայտվում է այն միավորներով, որոնք հատատված են լարվածության համար:

Անհրաժեշտ է նշել, որ ձգվող մարմնի յերկարության կրկնապատկման դեպքում E-ն անմիջապես չափել անհնար է. յուրաքանչյուր մարմնի ձողը, բացի ռեզինից, խզվում է նախքան յերկարության կրկնապատկումը:

Յուրաքանչյուր յերկարացման դեպքում E-ն վորոշվում է հետևյալ հավասարման ոգնությամբ:

$$E = \frac{Fl}{\Delta lS}.$$

E-ն ունենալու դեպքում կարելի կ հաշվել բանաձևի մեջ մտած ամեն մի մեծություն:

98. Լաբորատոր աշխատանք 10: **Դեֆորմացիայի մեծության յեվ դեֆորմացիա առաջացնող ուժի միջեվ յեղած կախման հետազոտությունը:**

Գործիքներ. 1) քանոն միլիմետրական բաժանմունքով, 2) պարուրաձև զսպանակ՝ ծայրը հորիզոնական դիրքով կախելու համար, 3) հավասար ծանրոցների հավաքածու, 4) շտատիվ:

Աշխատանքի նպատակը: Դեֆորմացիա առաջացնող ուժը (հավասար ծանրոցների քանակը) փոփոխելով և չափելով զսպանակի համապատասխան յերկարացումները, գտնել այդ յերկու մեծությունների միջև յեղած կապը:

Աշխատանքի ընթացքը։ Քանոնն ուղղաձիգ միացրեք շտիվին և մեխի միջոցով նրա վերին մասից կախեցեք զսպանակը։

2. Նշեցեք մաշտաբի այն բաժանմունքը, որ գտնվում է զսպանակի ստորին հորիզոնական ծայրի դիմաց և գրի առեք այն՝ աղյուսակի 0 բեռնավորմանը համապատասխանող տեղում։

Փորձի №-ը	Բեռնավորման մեծությունը P	Մաշտաբի ցուցմունքը բեռնավորման ժամանակ	Մաշտաբի ցուցմունքը բեռնաթափման ժամանակ	Մաշտաբի ցուցմունքների միջինը	Զսպանակի կարուկը Δl	Ձգվածքների հարաբերությունը $\frac{\Delta l}{P}$
1	0				—	—

3. Զսպանակի ստորին կեռից կախեցեք հավասար ծանրոցներից մեկը և կրկին նշեցեք զսպանակի հորիզոնական ծայրի դիմաց գտնվող բաժանումը։

4. Աստիճանաբար մեծացրեք բեռնավորումը՝ մեկական նոր ծանրոցներ ավելացնելով, և ամեն անգամ աղյուսակում գրի առեք բեռնավորումներն ու մաշտաբի համապատասխան ցուցմունքները։

5. 6—12 բեռնավորումից հետո (նայած զսպանակի հատկությանը) մեկ առ մեկ վերցրեք հավասար ծանրոցներ և միացած ծանրոցների թվին համապատասխան տողում գրի առեք մաշտաբի այն բաժանումները, որոնց դիմաց կանգնում է զսպանակի ստորին հորիզոնական ծայրը։

6. Բեռների յուրաքանչյուր թվի համար հաշվեցեք բեռնավորման և բեռնաթափման ժամանակ մաշտաբի տված ցուցմունքների միջինը։

7. 5-րդ այունյակի յուրաքանչյուր հաջորդ թվից հանեցեք նախորդը, հաշվեցեք տվյալ բեռնավորմանը համապատասխանող տարբերությունը։

8. Յուրաքանչյուր տողի համար հաշվեցեք ստացած չերկարացման և ազդող ուժի հարաբերությունը, այդ մեծությունն արտահայտեցեք բառերով և համեմատեցեք Հուկի բանաձևի հետ։

99. Էներգիայի փոխակերպումը դեֆորմացիաների ժամանակ։ Քանի որ ամեն մի դեֆորմացիայի ժամանակ առաջանում են առաձգական ուժեր, որոնք արգելք են հանդիսանում դեֆորմացիային, ապա այդ ուժերի դիմադրությունը հաղթահարելու համար պետք է որոշ աշխատանք ծախսել։ Այդ աշխատանքը վեր է ածվում դեֆորմացիայի չենթարկված մարմնի պոտենցիալ էներգիային. ամեն մի սեղմված կամ ձգված զսպանակ, պողպատյա վոլորած ժապավեն, սեղմած գազ կամ հեղուկ իրենք ընդունակ են գործում աշխատանք կատարելու, չերբ առաձգական ուժերը վերականգնում են նրանց նախկին վիճակը։

Չերբ մարմինը չենթարկվում է առաձգական դեֆորմացիայի, ապա ծախսված ամբողջ էներգիան վեր է ածվում պոտենցիալ էներգիայի և լիովին վերադարձվում է մարմնի կողմից, չերբ դեֆորմացիա առաջացնող ուժը վերանում է։ Պլաստիկ դեֆորմացիայի դեպքում ստացվում է մարմնի ճեպորպային դեֆորմացիա, և դեֆորմացիա առաջացնող ուժի վերացման դեպքում դեֆորմացիայի վրա ծախսված էներգիայի միայն մի մասն է վերադարձվում առաձգական մարմնի կողմից։ Ենթերգիայի մնացած մասը ծախսվում է մարմնի տաքացման վրա ճեպորպային դեֆորմացիայի ժամանակ։ Ցեվ իրոք, կապարը, կոպեկ չերկաթը և ուրիշ վոսկով մետաղները դեֆորմացիայի չենթարկվելիս տաքանում են։

100. Պինդ մարմնի կինետիկ թեորիան։ Պինդ մարմիններում տեղի ունեցող դիֆֆուզիան, չնայած շատ դանդաղ, և նրանցից մի քանիսի զգալի գոլորշիացումը ցույց է տալիս, որ նրանց տարածական ցանցում տեղավորված ատոմները և չոները շարժման մեջ են գտնվում։ Բայց քանի որ բյուրեղային մարմինները հատատուն ձև ունեն, ապա ատոմների շարժումը կարող է միայն ատատնողական լինել[1])։

[1]) Չի բացառվում առանձին ատոմների դուրս գալու հնարավորությունը հարևան ատոմների ազդեցության տակից և շարժվելը համընթաց շարժմամբ. այս կերպ տեղի չի ունենում պինդ մարմնի գոլորշիացումը։

Բյուրեղ ային մարմինների մեջ համարյա բոլոր ատոմները ունեն վորոշակի հավասարակշռության դիրք և խմբերով մեկը մյուսի նկատմամբ չեն տեղափոխվում (ի տարբերություն հեղուկների)։ Բյուրեղային մարմինների ատոմները տատանվում են միայն հավասարակշռության դրության շուրջը և չեն կատարում համընթաց շարժում (ի տարբերություն գազերի)։

Հատատաուն ջերմաստիճանի դեպքում այս տատանումների հաճախականությունը և էներգիան վորոշակի չեն, և մեծանում են ջերմաստիճանի բարձրացման հետ միասին։

Ցեթե վորձենք պինդ մարմինների մեջ յեղած ատոմները շարժման նմանը դնենք, ինչպես արված եր հեղուկների և գազերի նկատմամբ, ապա ամենամեծ նմանությունը կներկայացնի վայրի գազանի շարժումը վանդակի մեջ, վորը թռչկոտում և իր վանդակում անկյունից անկյուն և վորի տատանումների չափերը ոահմանափակված են վանդակի չափերով։

Վարժություն 9.

1. Ելեկտրոլիտիկ պղնձյա լարը, վորի յերկարությունն է 1,5 մետր, ընդլայնական կտրվածքը 3 մմ², 20 կգ ուժի ազդեցության տակ յերկարեց 0,9 մմ-ով։ Գտնել Յունգի մոդուլը։ Պաս. 11100 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$։

2. 10 կգ ուժի ազդեցության տակ, 2 մետր յերկարությամբ և 4 մմ² ընդլայնական կտրվածք ունեցող լարը յերկարեց 0,25 մմ-ով։

Վորքանո՞վ կերկարի նույն նյութից պատրաստված լարը, վորի յերկարությունն է 5 մետր և ընդլայնական կտրվածքը՝ 3 մմ², 8 կիլոգրամ ուժի ազդեցության տակ։ Պաս. 0,67 մմ։

3. Ի՞նչ ուժ կպահանջվի խզելու համար դյուրալյումինի կլոր ձողը, վորի տրամագիծն է 0,8 սմ և յեթե խզման սահմանային ամրությունը հավասար է 40 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$։ Պաս•2000 կգ։

4. Զուգունե սյան բարձրությունն է 2,4 մետր և ընդլայնական կտրվածքը՝ 150 սմ²։ Գտնել սյան սեղմման մեծությունը 10 տոննն ծանրությունից։ յեթե Յունգի մոդուլը հավասար է 8000 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$-ի։ Պաս• 0,2 մմ,

5. Ցերկաթյա լարը, վորի յերկարությունն է 1,8 մետր և տրամագիծը՝ 0,5 մմ, վորքան կերկարի 1,5 կգ ուժից։ Յունգի մոդուլը հավասար է 20000 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$։ Պաս. 0,7 մմ։

6. Կանգնել արդյոք առաձգականության սահմանը, վորի մեծությունն է 40 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$, յեթե նախորդ խնդրի լարից կախենք 4 կգ ծանրոց։

7. 5-րդ խնդրում տրված լարը կդիմանա արդյոք 10 կգ ուժի, 60 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$ խզման ամրության դեպքում։

8. Բաց թողած պողպատի 58,3 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$ առաձգականության սահմանները Յունգի մոդուլը հավասար է 20000 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$։ Դեֆորմացիան առաձգական կլինի, թե մնացորդային, յեթե 2 մետր յերկարություն և 0,8 մմ² ընդլայնական կտրվածք ունեցող լարը յերկարի 6 մմ-ով։

9. Հաշվել ադյուսե խողովակի ամենամեծ թույլատրելի բարձրությունը, յեթե սեղմման ամրությունը 100 $\frac{\text{կգ}}{\text{սմ}^2}$ և, պահեստի ամրությունը՝ 10, իսկ ադյուսի տեսակարար կշիռն է 1,6 $\frac{\text{գ}}{\text{սմ}^3}$։ Պաս 62,5 մետր։

10. Ի՞նչպիսի ուժ և անհրաժեշտ, վորպեսզի 1,6 մետր յերկարությամբ և 0,8 մմ² ընդլայնական կտրվածքով ձողն առանց ջերմաստիճանի փոփոխման յերկարի այնքան, վորքանով նա կարող է յերկարել 0°-ից մինչև 40° տաքանալիս։ Պաս. ≈8 կգ։

11. Ի՞նչպիսի նվազագույն յերկարության դեպքում կարող է կտրվել պղնձե լարն իր կախման կետից (սեփական ծանրությունից), յեթե նրա խզման ամրությունն է 2400 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$ (պղնձի տես. կշիռն է 8,9 $\frac{\text{գր}}{\text{սմ}^3}$)։

Պաս. 4710 մետր։

12. Ի՞նչպիսի ընդլայնական կտրվածք պետք է ունենա կաղնյա ձողը, վորի յերկարությունն է 1 մետր, վորպեսզի նրա 4 կգ բեռնավորման դեպքում յերկարի 1 մմ-ով։ Յունգի մոդուլը հավասար է 1000 $\frac{\text{կգ}}{\text{մմ}^2}$։

Պաս. 4 մմ²։

Հ Ա Ր Ց Ե Ր

1. Ինչպիսի՞ մարմիններն են կոչվում պինդ՝ այս բառի ճշգրիտ իմաստով։

2. Ի՞նչն է կոչվում բյուրեղ։

3. Ինչպիսի՞ վիճակն է կոչվում ամորֆային։

4. Բյուրեղների ֆիզիկական հատկություններն ինչով են տարբերվում վոչ բյուրեղային մարմինների հատկություններից։

5. Ինչով բացատրել բյուրեղային ձևի կանոնավորությունը։

6. Ի՞նչ է բյուրեղի տարածական ցանցը։

7. Նյութի ինչպիսի՞ մասնիկներ են տեղավորված տարածական ցանցի հանգույցներում:

8. Ի՞նչն է կոչվում նյութի առաձգականություն:

9. Ինչ ձևերի առաձգականություններ ունեն մարմինները պինդ, հեղուկ և գազային վիճակում:

10. Ի՞նչն են կոչվում առաձգական և ոչ առաձգական դեֆորմացիաներ:

11. Ինչո՞ւմն է կայանում հուկի որենքն առաձգական դեֆորմացիաների համար:

12. Ի՞նչն է կոչվում առաձգականության սահման:

13. Ի՞նչն է կոչվում նյութի լարվածություն, խորտակող լարվածություն, թույլատրելի լարվածություն:

14. Ինչ տարբերություն կա մածական, փխրուն և պլաստիկ մարմինների միջև:

15. Ի՞նչն է կոչվում առաձգականության մոդուլ և ինչումն է կայանում նրա ֆիզիկական իմաստը:

16. Ինչպիսի միավորներով է չափվում առաձգականության մոդուլը:

17. Ներդիրի ինչպիսի փոխակերպումներ կարող են տեղի ունենալ դեֆորմացիայի դեպքում:

Գրականություն: Պ ե ր ե լ մ ա ն, «Հետաքրքրաշարժ ֆիզիկա», I մաս՝ հոդվածները V գլխից: Ո ւ լ ֆ, «Համաշխարհությունը և նրա դրսևորումը բնության մեջ»: Ի ո ֆ ե ի, «Բյուրեղների արտիտեկտուրան»:

Վարժություն 10:

1. 0°-ի 600 գրամ սառույցը տաքացնելով դարձված է 30°-ի ջուրը: Ինչքա՞ն ջերմություն է ծախսված տաքացման վրա:

2. -30°-ի 8 կիլոգրամ սառույցը տաքացնելով դարձված է 20°-ի ջուր: Ինչքա՞ն ջերմություն է ծախսվել տաքացման վրա: Պաս. 920 կ. կալ:

3. 0°-ի ինչքա՞ն սառույց պետք է գցել $t_2=40^\circ$-ի 5 լիտր ջրի մեջ, որպեսզի ստացվի 0°-ի ջուր: Պաս. 2,5 կգ:

4. 2 լիտր $t_1=90^\circ$-ի ջուրն անհրաժեշտ է արագ սառեցնել մինչև 10°: Որոշել 0°-ի ինչքա՞ն սառույց պետք է գցել ջրի մեջ: Պաս. 1,8 կգ:

5. Ինչքա՞ն ջերմություն է անհրաժեշտ 10 կիլոգրամ 10°-ի պղինձը հալելու համար:

6. 150 գրամ հալված անագն իր հալման ջերմաստիճանում լցված է $t=12^\circ$-ի 300 գրամ ջրի մեջ: Որոշել ինչպիսի ջերմաստիճան կունենա խառնուրդը: Պաս. ≈ 250.

7. 17°-ի 5 կիլոգրամ կապարն անհրաժեշտ է հալել ղոդալամալի ոգնությամբ. ինչքա՞ն կերոսին կծախսվի այդ ժամանակամիջոցում, եթե գոդալամալի ոգտակար գործողության գործակիցը հավասար է 30%-ի: Պաս ≈ 22 գ:

8. Կապարից կոտորակներ պատրաստելու ժամանակ հալված կապարն իր հալման ջերմաստիճանով շերեփով լցվում է սառը ջրի մեջ: Որոշեցեք ինչքա՞ն ջերմաստիճան կունենա 20 լիտր 10°-ի ջուրը, պատրաստվող կոտորակներից 50 գրամը սառեցնելու համար: Պաս. $\approx 44^\circ$:

9. Փողոցի սալահատակից և մայթերից, որոնց մակերեսն է 10000 մ², ձյունը հավաքված է ձյունամաքրիչի ոգնությամբ: Որոշել ինչքա՞ն փայտ է վառված այդ նպատակի համար, եթե ձյան հաստությունն է 10 սմ, տեսակարար կշիռը՝ 0,1, ջերմաստիճանը՝ 20°, փայտի ջերմարար ունակությունն է 3200 կալ., իսկ ձյունամաքրիչի ոգտակար գործողության գործակիցը հավասար է 70%-ի: Պաս. ≈ 4000 կգ:

10. Գարնանային առավոտներին բույսերի վրա ցող է լինում: Այդ ողն ոժանդակում է արդյոք բույսի հովացմանը, եթե կասեցնում է այն:

ՀԱՐՑԵՐ

1. Ի՞նչն է կոչվում հալում և պնդացում:

2. Ինչպե՞ս է տեղի ունենում բյուրեղային և ամորֆ մարմինների հալումը:

3. Ի՞նչն է կոչվում հալման և պնդացման կետ:

4. Ի՞նչումն է կայանում պնդացման և հալման ջերմաստիճանի հաստատունության որենքը:

5. Ի՞նչով է բացատրվում ջերմաստիճանի հաստատուն լինելը հալման և պնդացման ժամանակ:

6. Ի՞նչն է կոչվում հալման տեսակարար ջերմություն:

7. Հալման տեսակարար ջերմությունն ինչպիսի միավորներով է չափվում։

8. Ի՞նչ բանաձևով է արտահայտվում ջերմության այն քանակը, որ անհրաժեշտ է մարմնի տվյալ մասսան հալեցնելու համար։

9. Ի՞նչպես որոշել հալման տեսակարար ջերմությունը կալորամետրական եղանակով։

10. Ի՞նչպես է կազմվում կալորամետրական հավասարումը հալման համար։

11. Ի՞նչպես է փոխվում մարմնի ծավալը հալման և պնդացման դեպքում։

12. Ի՞նչ չափով է կախված հալման կետն արտաքին ճնշումից։

2. ԳՈԼՈՐՇԻԱՑՈՒՄ

107. Գոլորշիացում։ Նյութի փոխանցումը գոլորշու կոչվում է գոլորշիացում։

Գոլորշիացումը տեղի է ունենում ցերկու ճանապարհներով՝ շոգեացմամբ և յեռացմամբ։

108. Ցնդում։ Ամեն մոլեկուլ իր առարկա փորձից դիտեց, որ ջուրը, ապերտը, յեթերը, բենզինը, կերոսինը և մեզ հայտնի մարմնի ուրիշ հեղուկ՝ լցված լինելով ափսեի մեջ, ժամանակի ընթացքում քանակապես պակասում են և կարող են բոլորովին անհետանալ բացատրելի մի բանից։ Բայց, քանի որ նյութը չի վոչնչանում, ապա պարզ է, որ նա տվյալ դեպքում հեղուկ վիճակից ընդունում է մի այլ վիճակ՝ գոլորշի անունով։

Առարկա նույնպիսի դիտողությունների վրա հիմնվելով, առանց լաբորատորական հատուկ փորձերի ոգնությանը դիմելու, դժվար չէ հաստատել գոլորշիացման հետևյալ արտաքին հատկանիշները։ 1) գոլորշիացումը տեղի է ունենում ամեն մի ջերմաստիճանում, 2) գոլորշիացումը տեղի է ունենում միայն հեղուկի մակերևույթից։

Հեշտ և նամանավանդ ամենորյա դիտողությունների հիման վրա համապատասխան որինակներ ընտրել, վորոշելու համար այն պայմանները, վորոնք մեծացնում են գոլորշիացումը։ Այդ պայմանները հետևյալներն են. 1) հեղուկի ազատ մակերևույթի մեծությունը, 2) հեղուկի բարձր ջերմաստիճանը և 3) առաջացած գոլորշիների արագ հեռացումը հեղուկի մակերևույթի վրայից։

Տարբեր հեղուկների գոլորշիացման արագությունը տարբեր է, այսպես որինակ՝ յեթերն ավելի արագ է գոլորշիանում, քան սպիրտը, ջուրը և ուրիշ հեղուկներ։ Սնդիկը շատ դանդաղ գոլորշիացող հեղուկ է։

Վերջապես փորձերի հիման վրա կարելի յե ասել, վոր ճնշման փոքրացման հետևանքով մեծանում է գոլորշիացման արագությունը։

Պինդ մարմինների գոլորշիացումը։ Գոլորշիացում տեղի յե ունենում պինդ մարմինների մակերևույթից ևս։ Գոլորշիանում են՝ ասուլյցը, յոդը, քաֆուրը, նավթալինը և ուրիշ հատակներ նյութեր։

Ծավալի հագեցումը գոլորշիներով։ Լաբորատորական հետազոտությունները ցույց են տալիս, վոր գոլորշիացումն ամենից արագ տեղի յե ունենում դատարկության մեջ, կամ ուրիշ մի քանի մեքենայի զանգի տակ, յերբ ոդը հանում ենք նրա միջից։ Մթնոլորտում նա ավելի արագ է տեղի ունենում քամու ժամանակ, վորը հեռացնում է առաջացած գոլորշիները։ Փակ անոթի մեջ գոլորշիացումն աստիճանաբար դանդաղում է և հասնում է մի մոմենտ, յերբ գոլորշու և հեղուկի քանակներն այլևս չեն փոխվում. Այն գոլորշին, վոր տվյալ տարածության մեջ պարունակվում է տվյալ պայմաններում հնարավոր ամենամեծ քանակությամբ, կոչվում է տարածությունը հագեցնող գոլորշի, իսկ տարածությունը ինքը կոչվում է հագեցած[1]։ յեթեր գոլորշին չի հասել տվյալ պայմաններում հնարավոր ամենամեծ քանակությանը, նա կոչվում է չհագեցնող գոլորշի։

109. Գոլորշիացման բացատրությունը ըստ մոլեկուլյար կինետիկ տեսության։ Ըստ մոլեկուլյար-կինետիկ տեսության հեղուկի մոլեկուլներն անընդհատ շարժման մեջ են գտնվում, ընդվորում տարբեր մոլեկուլներն ոժտված են տարբեր արագություններով։ Այն մոլեկուլները, վորոնք գտնվելով հեղուկի մակերևույթային շերտում՝ ոժտված են ամենամեծ արագությամբ, կարող են դուրս թռչել նրա միջից և այնքան հեռանալ մակերևույթից (մոլեկուլային ազդեցության սֆերայից հեռանալ), վոր մակերևույթային շերտում գտնվող մոլեկուլների հարաձգական ուժերն այլևս զգալուն չեն ներգործելուց։

1) Մի քանի գրքերում հագեցած անունը տրված է հենց իրեն՝ գոլորշուն։

այն ժամանակ նրանք դառնում են գոլորշու մոլեկուլներ։ Ցեթե հեղուկի մակերեսույթը մեծ է, մեծ կլինի և այն մոլեկուլների թիվը, որոնք այս ձևով դուրս են թռչում հեղուկի մակերևույթային շերտից, այսինքն՝ արագ տեղի կունենա գոլորշիացումը։ Ցեթե հեղուկի ջերմաստիճանը բարձրանում է, ապա մեծանում է առանձին մոլեկուլների շարժման արագությունը, հեղուկի մակերևույթից դուրս չեկող մոլեկուլների թիվը շատանում է, դարձյալ արագ է ընթանում գոլորշիացումը։ Ցեթե հեղուկը պարփակված է փակ անոթի մեջ, ապա նրա գոլորշու մոլեկուլները, որոնք ուղղագիծ ճանապարհներով թռչում են հեղուկից վերև գտնվող տարածության մեջ, ընդհարվում են միմյանց մեկը մյուսի, այլև անոթի պատերի հետ։ Այդ ընդհարումների ժամանակ նրանց շարժման ուղղությունը կարող է այնպես փոխվել, որ նրանք նորից ընկնեն հեղուկի մակերևույթային շերտի մոլեկուլային ազդեցության սֆերայի մեջ և անցնեն հեղուկը կազմող մոլեկուլների շարքը։ Գոլորշիացման սկզբում հեղուկից դուրս թռչող մոլեկուլների թիվը ավելի մեծ է քան գոլորշիների այն մոլեկուլները, որոնք նստում են հեղուկի մակերեսի վրա։

Գոլորշու մոլեկուլների քանակի աճման հետ միասին աճում է նաև այն մոլեկուլների թիվը, որոնք նստում են հեղուկի մակերեսի վրա։ Ուստի բնականաբար ժամանակի ընթացքում գալիս է մի մոմենտ, երբ հեղուկից գոլորշու մեջ թռչող և գոլորշուց հեղուկի մակերեսը վերադարձող մոլեկուլների թվերը հավասարվում են իրար։

Սկսած այդ մոմենտից՝ գոլորշու քանակը դադարում է աճելուց. գոլորշին դառնում է հագեցնող։ Հագեցման ժամանակ գոլորշացումը կանգ չի առնում, այլ առաջացող գոլորշու մոլեկուլների թիվը հավասարվում է գոլորշուց հեղուկի մեջ վերադարձող մոլեկուլների թվին։ Հեղուկի և նրա գոլորշու միջև ստեղծվում է այսպես կոչված շ ա ր ժ ու ն (դինամիկ) հավասարակշռություն։ Հետևաբար, հագեցնող կոչվում է այն գոլորշին, որը իր հեղուկի հետ շարժուն հավասարակշռության վիճակում է գտնվում։ Գոլորշին, որը չերկար ժամանակ գտնվում է հեղուկի ներկայությամբ փակ տարածության մեջ, միշտ լինում է հագեցնող։

3. Միևնույն ջերմաստիճանում տարբեր նյութերի հագեցած գոլորշիները ունեն տարբեր ճնշումներ *(նկ. 101)*։

112. Հագեցած գոլորշիների ճնշման կախումը ջերմաստիճանից։ Գոլորշիների ճնշման կախումը ջերմաստիճանից կարող է ուսումնասիրվել հետևյալ գործիքի ոգնությամբ, որը կազմված է հաղորդակից անոթներից, մի շարժական ծնկով *(նկ. 102)*։ Բարձրացնելով աջ շարժական ծունկը այնպես, որ սնդիկը ձախ ծնկում հասնի մինչև ծորակը, իջեցնում են աջ անոթը սնդիկով և ձախ խողովակում առաջացնում են դատարկություն։ Ձախ խողովակի վրա յեղած ձագարի մեջ լցնում են փորձարկվող հեղուկը և ծորակից բաց են թողնում այնքան հեղուկ, որ առաջանան հագեցած գոլորշիներ։ Մթնոլորտային ճնշումով և յերկու ծնկերում յեղած սնդիկի սյուների տարբերությամբ կարելի յե հաշվել հագեցած գոլորշիների ճնշումը։ Ձախ ծունկը շրջապատում են գոլորշիներով լի ապակի լայն խողովակով, որի միջով ջուր են լաց թողնում, փոխելով նրա ջերմաստիճանը։

Յուրաքանչյուր ջերմաստիճանի դեպքում չափելով հագեցած գոլորշիների համապատասխան ճնշումը՝ կարելի յե ստանալ հետևյալ աղյուսակում գետեղած տվյալները։

Հագեցած գոլորշիների ճնշման աղյուսակ սեգ. սյան սանտիմետր

Ջերմաստիճան	Ծծմբային յեթեր	Գինու սպիրտ	Ջուր
0	18,6	1,3	0,46
10	29	2,4	0,9
20	44	4,5	1,7
30	64	7,9	3,1
35	76	—	—
40	92	13,4	5,5

Ջերմաստիճան	Ծծմբային թթվի	Ծծմբային անհիդրիդ	Ջուր
50	127	22	9,2
60	174	35	14,7
70		56	23,2
78		76	—
80		83	35,3
90		120	52,4
100		167	76
120			2 մթնոլ.
150			4,7 »
200			15,2 »

Տվյալ չափումներից կարելի է անել հետևյալ եզրակացությունները։

1. Հագեցնող գոլորշիների ճնշումը մեծանում է ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց։

2. Հագեցնող գոլորշիների ճնշումը մեկ մթնոլորտային ճնշման է հավասարվում յուրաքանչյուր ջերմաստիճանի դեպքում։

Ծավալի, ճնշման և ջերմաստիճանի կախումը հեշտությամբ կարելի է բացատրել մոլեկուլային կինետիկ տեսությամբ։

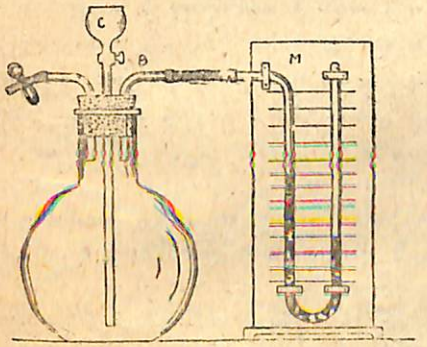
1) Ծավալը մեծանալու դեպքում մեծանում է և այն մոլեկուլների թիվը, որոնք դուրս են թռչում հեղուկի մեջից, այսինքն՝ մեծանում է գոլորշու քանակը, իսկ ծավալը փոքրանալու դեպքում մոլեկուլների մի մասը հեղուկ է դառնում, և գոլորշու քանակը փոքրանում է։ Բերվում է դեպքում էլ դինամիկ հավասարակշռության պայմանը մնում է նույնը։ Բերը ջերմաստիճանը հաստատուն է, անկախ հագեցած տարածության ծավալից, մոլեկուլները թռչում են միևնույն միջին արագությունով, նույնպես և անփոփոխ է մնում հագեցած գոլորշու մոլեկուլների քանակը 1 սմ³-ի մեջ, քանի դեռ ջերմաստիճանն անփոփոխ է, ուստի և գոլորշիների ճնշումը (այն հարվածների թիվը, որ անոթի պատի միավոր մակերևույթն ստանում է նրանց մոլեկուլներից) պահպանվում է անփոփոխ։

2. Ջերմաստիճանը բարձրանալու ժամանակ մոլեկուլների շարժման արագությունն աճում է, միաժամանակ մեծանում է նաև հեղուկի միջից դուրս թռչող, գոլորշի առաջացնող մոլեկուլների թիվը, մեծանում է նրանց կինետիկ էներգիան և ճնշումն աճում է։

Այսպիսով, տարածությունը հագեցնող գոլորշիների համար՝ մասսայի, ծավալի, ճնշման և ջերմաստիճանի միջև եղած առնչությունն այն չէ, ինչ որ պիտի համապատասխանի գոլորշիների ծավալի ամեն մի փոփոխության ժամանակ փոփոխվում է նաև նրանց մասսան, մինչդեռ գազի մասսան նման փոփոխությունների ժամանակ կարող է մնալ անփոփոխ։

195-րդ էջում գետեղված աղյուսակը տալիս է հագեցնող ջրային գոլորշիների p ճնշումը, արտահայտված անդիկի սյան համապատասխան բարձրությամբ (մմ-ով) 20-ից մինչև 30° ջերմության առանձնաներում՝ ամեն մի աստիճանի համար, իսկ 30°-ից մինչև 150° ջերմության առանձնաներում՝ յուրաքանչյուր առանձին աստիճանի համար, որը տրված է 195 էջում։

113. Դալտոնի օրենքը։ *Մինչև այժմ ուսումնասիրվել է գոլորշիների առաջացումը դատարկության մեջ։ Իրականում գոլորշիացումը տեղի է ունենում ոդում, այսինքն՝ տարածության մեջ, որը զբաղված է ուրիշ գազերով կամ գոլորշիներով։ Այս երևույթն ուսումնասիրելու համար վերցնենք լայնավիզ մի կոլբա (նկ. 103) և նրա բերանը ծածկենք մեջ անցք ունեցող մի խցանով, որոնցից մեկը՝ B-ն միացնենք M մանոմետրի հետ, մյուսը՝ C վերջանում է ծորակ ունեցող ձագարով, մյուսը վերջանում է պրկիչավոր խողովակով։ Դուրս քաշենք որոշ*



Նկ. 103. Դործիք, որի ոգնությամբ չափում են գազերի և գոլորշիների խառնուրդի ճնշումը։

քանակությամբ ոդ և վորոշենք անդիկի դիրքը մանոմետրական խողովակում։ Բաց անելով C ծորակը՝ բաց թողնենք, ասենք թե, ամպիսի քանակությամբ սպիրտ, վորպեսզի նրա շերտը ցած փորձի ամբողջ ընթացքում։ Մանոմետրի ձախ ծնկում խնայն պակասում է անդիկի դանդաղ ցածրացում, վորը և ցույց կտա սպիրտի առաձգանական գոլորշիացումը։ Ցերկար սպասելով, մինչև անդիկի ցածրացումը կանգ կառնի, այսինքն յերբ վրա կհառնի տարածության հագեցումը գոլորշիներով, չափենք ոդի ջերմաստիճանը և անդիկի այսն ցածրացումը, վորը կտա սպիրտի հագեցնող գոլորշիների ճնշումը։ Յեթե ոդի ջերմաստիճանը լինի 20, ապա անդիկի այսն ցածրացումը կկազմի 4,5 սմ։ Աղյուսակին նայելով կտեսնենք, վոր այս թիվը համընկնում է դատարկության մեջ նույն ջերմաստիճանում առաջացած սպիրտի հագեցնող գոլորշիների ճնշման հետ։ Շարունակելով փորձը, ձաղարը լցնենք յեթերով և անոթի մեջ սպիրտի վրա լցնենք յեթերի մի շերտ։ Կտեսնենք, վոր անդիկն առաձգանաբար ցածրանում և ձախ ծնկում և նոր վերջնական իջեցումը կազմում է 44 սմ (տես 126 եջի աղյուսակում)։

Նման փորձերից կարելի. յե անել հետևյալ եզրակացությունները։

1. Գոլորշիացումը տարածության մեջ, վորը լցված է վորևե գազով կամ գոլորշիներով, ավելի դանդաղ է տեղի ունենում, քան դատարկության մեջ։

2. Պարզվում է, վոր յուրաքանչյուր գոլորշու ճնշումը տվյալ տարածության մեջ, վոր զբաղված է ուրիշ գոլորշիներով և գազերով, նույնն է, ինչ վոր նա կունենար, յեթե ամբողջ ծավալն ինքը գրավեր։

3. Հագեցնող գոլորշիների խառնուրդի ճնշումը հավասար է բաղադրիչ գոլորշիների առանձին վերցրած ճնշումների գումարին (Դալտոնի օրենքը)։

Դալտոնի օրենքը կիրառելի յե միայն այնպիսի խառնուրդի համար, վորի բաղադրիչ մասերն իրար հետ չեն մտնում քիմիական ռեակցիայի մեջ և չեն կլանվում հեղուկի կողմից։

114. Ցեռացում։ Հագեցնող գոլորշիների հատկությունները լավ են տալիս բացատրելու հեղուկների յեռացումը։ Հեղուկը, վորը լցված է անոթի մեջ, իր մեջ պարունակում է

կլանված ոդի պղպջակներ։ Ջրի մեջ յեղած այս պղպջակների հետ, ինչպես և ոդի հետ տեղի յե ունենում գոլորշիացում։ Բայց ներքին պղպջակները շուտով հագենում են հեղուկի գոլորշիներով։ Հեղուկի տաքացման ժամանակ նրա հագեցնող գոլորշիների ճնշումը ոդային պղպջակների մեջ անընդհատ աճում է՝ համաձայն վերևում բերված աղյուսակի։ Վերջապես հասնում է

Հագեցնող ջրային գոլորշիների ճնշման աղյուսակը Ցելսիի սյան միլիմետրերով։

t⁰	p մմ	t⁰	p մմ	t⁰	p մմ	t⁰	p մմ	t⁰	p մմ	t⁰	p մմ	t⁰	կգ/սմ²
—20	0,77	—10	1,95	0	4,58	10	9,21	20	17,54	30	31,81	110	1,46
—19	0,85	— 9	2,13	1	4,93	11	9,84	21	18,65	40	55,32	120	2,03
—18	0,94	— 8	2,32	2	5,29	12	10,52	22	19,83	50	92,5	130	2,76
—17	1,03	— 7	2,53	3	5,69	13	11,23	23	21,07	60	149,4	140	3,69
—16	1,13	— 6	2,76	4	6,10	14	11,99	24	22,38	70	233,7	150	4,86
—15	1,24	— 5	3,01	5	6,54	15	12,79	25	23,76	80	355,1	200	15,85
—14	1,36	— 4	3,28	6	7,01	16	13,63	26	25,21	90	525,8	240	34,13
—13	1,49	— 3	3,57	7	7,51	17	14,53	27	26,74	100	760,0	280	65,4
—12	1,63	— 2	3,88	8	8,05	18	15,48	28	28,35	—	—	300	87,6
—11	1,78	— 1	4,22	9	8,61	19	16,48	29	30,04	—	—	360	190,3

այնպիսի մի ջերմաստիճանի, վորի դեպքում հագեցնող գոլորշիների ճնշումը հավասարվում է արտաքին ճնշմանը։ Այժմ անհրաժեշտ է ճնշման մի փոքր ավելացում, վորպեսզի գոլորշիները ներքին պղպջակներից ցատկեն դեպի դուրս։

Գոլորշիների արձակումը հեղուկի միջից կոչվում է հեղուկի յեռացում։

Այս քննարկումից հետևում է.

1. Ցեռացումը տեղի կունենա այն պահին, յերբ հագեցնող գոլորշիների ճնշումը հավասար կլինի արտաքին ճնշմանը։

2. Ցուրաքանչյուր հեղուկի համար յեռացումը տեղի կունենա վորոշակի ջերմաստիճանում։

Նորմալ ճնշման դեպքում յեռման ջերմաստիճանը կոչվում է յեռման կետ։

3. Արտաքին ճնշման փոքրացման դեպքում յեռման ջերմաստիճանն իջնում է, ճնշման մեծացման դեպքում՝ բարձրանում։

Գեռնի վրայից դեպի վեր բարձրացնելու դեպքում ջուրը յեռում է ավելի ու ավելի ցածր ջերմաստիճանում։

Ջրի յեռումը շոգեկաթսաներում, վորոնց մեջ առաջացող գոլորշին հեղուկի վրա մեկ մթնոլորտից ավելի ճնշում է գործ դնում, տեղի չի ունենում 100°-ից բարձր ջերմաստիճաններում։

4. *Փորձերի միջոցով հաշտատված է, վոր հեղուկի յեռման կետը կախված է անոթի նյութից, նրա մաքրության աստիճանից, նրա մեջ լուծված գազի տեսակից. մինչդեռ գոլորշիացող հեղուկի գոլորշիների ջերմաստիճանը բոլորովին անկախ է վերևբերված հանգամանքներից, վորի համար հեղուկի յեռման ջերմաստիճանն ընդունվում է նրա գոլորշիների ջերմաստիճանը։*

5. Հեղուկի յեռման ջերմաստիճանը յեռման ամբողջ ժամանակամիջոցում մնում է հաստատուն։

Այս յերևույթի բացատրությունը նման է այն բացատրությանը, վոր տրված է հալման ջերմաստիճանի հաստատուն լինելու մասին։

6. Անփոփոխ ջերմաստիճանի դեպքում գոլորշու ծավալն ավելի մեծ է այն հեղուկի ծավալից, վորից նա ստացվել է։

Ջրային գոլորշին մոտավորապես 1700 անգամ ավելի մեծ ծավալ է զբաղեցնում, քան նույն քանակությամբ ջուրը։

7. Լուծույթների յեռման ջերմաստիճանն ավելի բարձր է, քան մաքուր լուծիչի յեռման ջերմաստիճանը, և *բարձրանում է լուծույթի խտության աճման հետ միասին։ Այսպես, որինակ, յերեք 100 գ. ջրի մեջ լուծենք 6,6 գ. սեղանի աղ, ապա լուծույթի յեռման կետը բարձրանում է մինչև 101°, իսկ յերեք լուծենք 100 գ ջրի մեջ 25,5 գ, ապա յեռման կետը բարձրանում է մինչև 105°։*

Գոլորշիացման տեսակարար ջերմության աղյուսակը յեռման դեպքում

Ջուր	539	Ծծումբ	362	Սպիրտ	205
Սնդիկ	68	Ծծմբածխածին	80	Եթեր	85

8. Գոլորշիացման տեսակարար ջերմությունը նվազում է յեռման ջերմաստիճանի բարձրացման դեպքում։ Այսպես, որինակ, ջրի համար՝

Յեռման ջերմաստիճան	0	50	100	150	200
Գոլորշիացման ջերմություն	595	568	539	506	468

115. **Ջերմային բալանսի հավասարումը գոլորշիացման յեվ խտացման (կոնդենսացիայի) ժամանակ։** *Կալորիմետրի մեջ, վորի մասսան* $m_1 = 80$ գ, *տեսակարար ջերմունակությունը՝* $c_1 = 0{,}09 \frac{\text{կալ}}{\text{գ} \cdot \text{աստ}}$, *լցված է* $m_2 = 100$ գ *ջուր, վորի սկզբնական ջերմաստիճանը՝* $t_1 = 20°$։ *Այդ ջրի մեջ բաց թողնին 6 գ ջրային գոլորշի* $t = 100°$ *յեռման ջերմաստիճանում։ Գտնել ջրի գոլորշիացման ջերմությունը՝ r, յեթե խառնուրդի վերջնական ջերմաստիճանն է* $\Theta = 52{,}8°$։

Ջերմությունը, վորն արձակում է գոլորշին խտացման ժամանակ, *առանց ջերմաստիճանի փոփոխության.*

$$Q = rm,$$

ջերմությունը, վոր տալիս է գոլորշուց առաջացած ջուրը t-ից մինչև $\Theta°$ *առելիս.*

$$Q_1 = cm(t - \Theta).$$

Ջերմությունը, վոր ստանում են՝ *կալորիմետրը* $Q_2 = c_1 m_1 (\Theta - t_1)$, *ջուրը* $Q_3 = cm_2(\Theta - t_1)$։

$$Q + Q_1 = Q_2 + Q_3,$$

$$rm + cm(t - \Theta) = (c_1 m_1 + cm_2)(\Theta - t_1),$$

$$r = \frac{(c_1 m_1 + cm_2)(\Theta - t_1) - cm(t - \Theta)}{m},$$

$$r = \frac{(0{,}09 \cdot 80 + 1 \cdot 100)(52{,}8 - 20) - 1 \cdot 6(100 - 52{,}8)}{6} = 539,$$

$$r = 539 \frac{\text{կալ}}{\text{գ}}.$$

116. Լաբորատոր աշխատանք 12: **Ջրի գոլորշու խտացմամբ տեսակարար ջերմունակության վառոցումը կալորամետրի ոգնությամբ:**

Գործիքներ. 1) կալորամետր, 2) չափազ, 3) ջերմաչափ, 4) կշեռք իր կշռաքարերով, 5) շոշափիչ ողակով և պրկիչով, 6) շոգիչորանոց:

Տանոթություն: Շոգիչորանոցը ծառայում է չեռացից գոլորշու հետ չեկած ջրի մասնիկների հեռացման համար. այդ մասնիկները ձգում են շոգիչորանոցի հատակին: Որպես շոգիչորանոց կարող է ծառայել չերկանցքանի խցանով բերանը փակված մի փորձանոթ, որի անցքերի մեջ դրվում են ապակյա չերկու խողովակներ, որոնցից մեկը համարյա հասնում է մինչև հատակը, իսկ մյուսը հազիվ դուրս է բերված խցանից. առաջինի b ծայրը միացվում է չեռացի խողովակի հետ, իսկ չերկրորդի a ծայրը միացվում է այն խողովակի հետ, որն իջեցված է կալորամետրի ջրի մեջ (նկ. 104):

Աշխատանքի ընթացքը: 1. Կշռել կալորամետրը, նրա մեջ ածել սենյակի ջերմաստիճան ունեցող 200—300 գրամ ջուր: Ջրի մասսան որոշել մինչև 0,5 գ ճշտությամբ: Չափումների և հաշվումների արդյունքները գրանցել աղյուսակում:

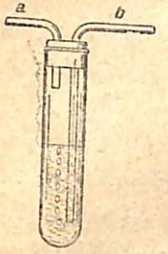
Փորձի №	Կալորիմետրի մասսան m	Ջրի և կալորիմետրի մասսաների գումարը	Ջրի մասսան M	Ջրի ջերմաստիճանը	Ջրի ջերմաստիճանը բաց թողնելուց հետո θ	Բաց թողած գոլորշու մասսան m_1	Ստացված ջերմության քանակը

2. Ճեռացում ջուրը հասցնել մինչև չեռացման, նախորոք նրա հետ միացնելով շոգիչորանոցը:

3. Ճերը շոգիչորանոցի խողովակից կսկսի անջատվել գոլորշու ուժեղ շիթ, խողովակի ծայրը խորասուզել կալորամետրի ջրի մեջ, նշել ջրի ջերմաստիճանը խողովակին իջեցնելուց անմիջապես առաջ:

4. Ատամնիչով խառնել ջուրը, բաց թողնել գոլորշին, քանի դեռ կալորամետրի մեջ ջրի ջերմաստիճանը չի բարձրացել 10—15°, այդ ժամանակ կալորամետրից հանել խողովակը:

5. Լավ խառնել ջուրը և նոր հաշվի առնել ամենաբարձր ջերմաստիճանը:



Նկ. 104. Գոլորշին չորացնող դործիք:

6. Կալորամետրի մեջ չեղած ջուրը կշռել և վորոշել կալորամետրի մեջ բաց թողած ջրային գոլորշիների մասսան:

7. Վորոշել, ինչքան ջերմություն և անհրաժեշտ, վորպեսզի կալորամետրը նրա մեջ չեղած ջրի հետ միասին տաքացնի t_1 սկզբնական ջերմաստիճանից, այսինքն նախքան գոլորշին բաց թողնելը, մինչև վերջնական ջերմաստիճանը θ:

8. Վորոշել, ինչքան ջերմություն կարտադրի գոլորշուց առաջացող ջուրը 100°-ից մինչև միջին θ ջերմաստիճանին հասնելը:

9. Ինչքան ջերմություն արձակեց գոլորշին ջուր դառնալիս:

10. Ի՞նչքան ջերմություն և արձակում 1 գրամ 100°-ի գոլորշին նույն աստիճանի հեղուկ դառնալիս:

11. Ստացված արդյունքները համեմատեցեք աղյուսակի տվյալների հետ:

117. Չհագեցող գոլորշիները հագեցող գարձնելու եղանակները: Բանալով խողովակի ծորակը (նկ. 102), շարժական ծունկը բարձրացնենք այնքան, մինչև վոր անշարժ ծունկի անդիկը հասնի ծորակին: Դրանից հետո ծորակը փակենք և անդիկով անոթը իջեցնենք, վորպեսզի ծորակով խողովակի մեջ դատարկություն առաջանա:

Ծորակից վեր, ձագարի մեջ մի փոքր ջուր կամ ուրիշ հեղուկ (սպիրտ, չեթեր) լցնենք, և ծորակը մի քիչ բանալով այդ հեղուկից բաց թողնենք մի քանի կաթիլ, այնպես վոր գոլորշիացումից հետո խողովակի մեջ ոտացվեն ջրի, սպիրտի կամ չեթերի չհագեցած գոլորշիներ: Ցետե այժմ սկսենք բարձրացնել անդիկով լցված անոթի շարժական ծունկը, և անդիկի այն ճնշման տակ սեղմենք առաջացած գոլորշիները, ապա կարելի կլինի հասնել այնպիսի ճնշման, վորի ժամանակ բարոմետրական խողովակի մեջ կառաջանա հեղուկի մի շերտ և գոլորշիները կդառնան հագեցնող. ծավալի փոքրացման դեպքում գոլորշիների նույն քանակը բավական կլինի փոքրացված նոր

տարածության հաղորդելու համար։ Յեթե կրկին սկսենք իջեցնել շարժական խողովակը, ապա հեղուկը նորից կսկսի գոլորշիանալ, նրա շերտը կբարակի և, վերջապես, բոլորովին կանհետանա։ Շարժական ծունկն ավելի իջեցնելու դեպքում ճնշումը պիտի սկսի ել ավելի փոքրանալ, գոլորշիների դրսված ծավալն ավելի և կմեծանա, և գոլորշիները կդառնան չհագեցնող։ Յեթե այժմ, դպալի չափով մեծացնելով գոլորշիների դրսված ծավալը, այսինքն՝ տաստիկ հեռացնելով գոլորշիները հագեցման վիճակից, դադարեցնենք իջեցնել շարժական խողովակը և տացի կամ տաք ջրով թրջված շորի ողնությամբ սկսենք տաքացնել մյուս խողովակի վերին մասը, վորտեղ հավաքված են գոլորշիները, ապա տաքացումը վորոշ տատիճանի հասնելուց հետո, անդիկի յերեսին նորից յերևան կգա հեղուկի բարակ շերտ, այսինքն նորից կստացվեն հագեցնող գոլորշիներ։ Հետևաբար, տաքացնելով կարելի յե գոլորշիները հասցնել այնպիսի ջերմատիճանի, վորի ժամանակ նրանց ճնշումը դառնում է հավասար հագեցած ժամանակ ունեցած ճնշմանը, և գոլորշիները դառնում են հագեցնող. տաքացումն ել ավելի շարունակելու դեպքում հագեցնող գոլորշիները դառնում են հեղուկ, այսինքն՝ սեղմ յե ունենում գոլորշիների հեղուկացում, խտացում, կոնդենսացիա։ Այսպիսով, գոյություն ունի գոլորշիները հեղուկ դարձնելու յերկու յեղանակ. 1) ճնշման մեծացումը գոլորշիների վրա, նրանց սեղմումը, 2) գոլորշիների ջերմատիճանի իջեցումը, նրանց տաքացումը։

118. Կրիտիկական ջերմատիճան։ Ամեն ջերմատիճանում չե, վոր հնարավոր է միայն ճնշումը մեծացնելով գոլորշիները հեղուկ դարձնել։ 1869 թվին պարզվեց, վոր յուրաքանչյուր հեղուկի համար գոյություն ունի մի ջերմատիճան, վորից բարձր նրա գոլորշիները վոչ մի ճնշման տակ չեն կարող հեղուկ դառնալ։ Այդ ջերմատիճանը կոչվում է կրիտիկական։

Վոչ մի նյութ կրիտիկական ջերմատիճանից բարձր ջերմատիճանում հեղուկ վիճակում հանդես գալ չի կարող, ինչպես ճնշման ել նա չենթարկվելու լինի։

Այն ճնշումը, վորի տակ պետք է գտնվի կրիտիկական ջերմատիճան ունեցող նյութը, վորպեսզի հեղուկի և գոլորշու

միջև յեղած տարբերությունը վերանա, կոչվում է կրիտիկական ճնշում։

Այն վիճակը, վորի մեջ գտնվում է հեղուկի և նրա հագեցած գոլորշու խառնուրդը փակ անոթում, կրիտիկական ծավալի և կրիտիկական ճնշման դեպքում, կոչվում է կրիտիկական վիճակ։

Յերբ նյութը գտնվում է կրիտիկական վիճակում, նրա գոլորշու և հեղուկի խտությունները հավասարվում են։ Հեղուկին և իր գոլորշիներին բաժանող մենիսկը կրիտիկական վիճակի դեպքում անհետանում է, մակերևույթային լարվածությունը հավասարվում է զերոյի, հեղուկը և իր գոլորշին դառնում են անտարբերելի։

Կրիտիկական ջերմատիճանում գոլորշիացման տեսակարար ջերմությունը դառնում է զերո։

Ջրի կրիտիկական ջերմատիճանը հավասար է 374°-ի, սպիրտինը՝ 243,1°-ի, յեթերինը՝ 193,8°-ի, ածխաթթու գազինը՝ 31,1°-ի։ Այս նյութերը կրիտիկականից բարձր ջերմատիճաններում, ամեն տեսակ ճնշման տակ, միշտ մնում են գոլորշիացած վիճակում և համարվում են գազեր։

119. Գազերի խտացումը։ Այն հանգամանքը, վոր գազերը նման են սովորական հեղուկ մարմինների գոլորշիներին, տալիս է մեզ մտածելու, թե գուցե կարելի լինի գազերը ևս հեղուկ դարձնել, կիրառելով նրանց նկատմամբ գոլորշիների հեղուկացման այս կամ այն յեղանակը։ Յեվ իրոք, առաջին գազը (ամյակ) հեղուկ դարձվեց արդեն 1799 թվին։ Գազերի հեղուկացման աշխատանքներն առանձնապես ուժեղ թափով առաջ գնացին մեծ ֆիզիկոս Ֆարադեյի (1791—1867 թ. թ.) ժամանակներից, վորը նոր յեղանակ կիրառեց հեղուկացման համար՝ գազերը միաժամանակ յենթարկելով և տաքեցման, և ճնշման։ Անցյալ դարի յերկրորդ կեսերին, այդ ժամանակ հայտնի բոլոր գազերից միայն վեցը հնարավոր չեղավ հեղուկ դարձնել[1]։ Այդ գազերի հեղուկացումը քառորդ դարով հետաձգվեց շնորհիվ այն հանգամանքի, վոր ցածր ջերմատիճան ստանալու տեխնիկան չեր

---

[1]) Ազոտ, ջրածին, թթվածին, ազոտաքսիդ, ածխածնաքսիդ և մեթանը կամ ճահճային գազը։

33-47

քավական զարգացած չեր։ Մինչդեռ ճնշումը բարձրացնելու համար արդեն գոյություն ունեին այնպիսի մեքենաներ, որոնք թույլ էին տալիս այն հասցնելու մինչև մի քանի հազար, իսկ հետագայում նաև մի քանի տասնյակ հազար մթնոլորտի։ Ցածր ջերմաստիճանների ստացումը սահմանափակվում էր մոտավորապես 110°-ով ջերոյից ցած։ Իսկ առանց էլ ավելի մեծ չափով ջերմաստիճանն իջեցնելու, միայն ճնշումը բարձրացնելով հնարավոր չեր այդ վեց գազերը հեղուկ դարձնել, որովհետև նրանց ջերմաստիճանը բարձր էր մնում իրենց կրիտիկական ջերմաստիճանից։

Ցեվ իրոք, թթվածնի կրիտիկական ջերմաստիճանը հավասար է —118,8°-ի, ազոտինը՝—147,1°-ի, ջրածնինը՝—239,9°-ի։ Ցերը XIX դարի վերջում հնարավոր դարձավ նրանց ջերմաստիճանն իջեցնել կրիտիկականից էլ ցածր, ապա այդ վեց գազերն արագությամբ մեկը մյուսի հետևից հեղուկ դարձվեցին, և առաջին գազը հեղուկ դարձնելուց 100 տարի անց, 1899 թ. հաստատուն գազերից վերջինը—ջրածինն ստացվեց պինդ վիճակում։ Ներկայումս նոր հայտաբերված գազերը (հելիումը) ևս վեր են ածվում ոչ միայն հեղուկ, այլև պինդ վիճակի։ Այսպիսով գոյություն չունի խիստ վորոշակի մի ճնշման հեղուկի, նրա գոլորշու և գազի միջև։ Նյութի վիճակը պայմանավորվում է նրա խտությամբ, ծավալով, ճնշումով և ջերմաստիճանով։ Պայմանական կերպով ընդունված է գազ անվանել այնպիսի հեղուկների գոլորշիները, որոնք նորմալ ճնշման տակ և սովորական ջերմաստիճաններում միշտ շատ հեռու չեն հագեցման վիճակից։

120. Ցածր ջերմաստիճաններ ստանալու եղանակները։ Ցածր ջերմաստիճաններ ստանալու սկզբնական եղանակը հանդիսացել է ստեղծուցիչ խառնուրդներ պատրաստելու եղանակը։ Ջյան և կերաքլի ազից պատրաստված խառնուրդը, ուր այդ նյութերը մտնում են 3 : 1 կշռային հարաբերությամբ, ունի —20° ջերմություն[1])։ Ջյունը և աղն իրար հետ խառնելիս հալում է տեղի ունենում. հալումը, ինչպես և պինդ մարմնի ամեն անգում հեղուկ վիճակին, ջերմություն է սպառվում։ Որքան արագ հալման ժամանակ, այնքան դրանից ջերմության հոսանքը բացակայում է, ջերմությունը փոխ է առնվում հալվող մարմինների ներքին պաշարներից և դրա շնորհիվ ջերմաստիճանն ղգալի չափով ընկնում է։

Հետագա աստեղծումը կատարվում էր նոր հեղուկ դարձած գազերը ցածր ճնշման տակ գոլորշիացնելով կամ նույնիսկ ռացումով։ 110-րդ պարագրաֆում մենք պարզեցինք, որ ամեն մի գոլորշիացման դեպքում և ջերմության կլանում։ Ցածր ճնշումների տակ գոլորշիացումն ուժեղանում է և յեռման պրոցեսը կարող է սկսվել սովորականից ցածր ջերմաստիճանում։ Գոլորշիացման ջերմությունը ցածր ջերմաստիճաններում ավելի մեծ է։ Ցերը արտաքին ջերմության հոսանքը բացակայում է, գոլորշիացման համար անհրաժեշտ ջերմությունը վերցվում է հենց յեռացող հեղուկից։ Ուստի այն հեղուկները, որոնց յեռացման նորմալ ջերմաստիճանը շատ ցածր է, որպեսզի պոմպի ղանդի տակ յեռալիս ջերմաստիճանն ուժով անկում են տալիս։ Այսպես, որինակ, անչափ ջերմության պայմաններում մեծ ճնշման տակ հեղուկ դարձած ածխաթթու գազը (կրիտիկական ջերմաստիճանը +31°C) անոթի մեջից դուրս թողնելիս, մթնոլորտային ճնշման տակ այնքան արագ է գոլորշիանում, որ սառեցվով պնդանում է։ Պինդ վիճակում գտնվող ածխաթթու գազի և յեթերի խառնուրդը, որպեսզի պոմպի ղանդի տակ առանց դրսից ջերմություն ստանալու, իր սեփական ներքին հաշվին գոլորշիանում և ընդարձակվում է այնպիսի արագությամբ, որ նրա ջերմաստիճանն ընկնում է մինչև—110°։

Ջերմաստիճանի հետագա անկումը հիմնվում է բազմաթիվ գազերի այն հատկության վրա, որ նրանք ընդարձակվելիս սառում են։ Որինակ, ոդի համար այդ անկումը հավասար է 0,26°-ի, յերբ ճնշումը պակասում է 1 մթն։

Այս յեղանակով ջերմաստիճանի անկում ստանալու համար գազը սեղմվում է մինչև 200 մթնոլորտ ճնշման տակ և սառեցվում է գոլորշիացուն ունեցող ամենաուժեղ սառեցուցիչ խառնուրդներով (որինակ՝ մինչև —110°)։ Հետո գազի ճնշումն արագ կերպով իջեցնում են. այս ընդարձակման պրոցեսում գազը զարձյալ սառում է այնքան, որ կարող է արդեն հեղուկ դարձ-

1) Հայտնի են մոտ մի տասնյակ ուրիշ խառնուրդներ, որոնք անհրաժեշտ են 15°-ից մինչև 30°, 0-ից ցածր։

վիճ։ Հենց վոր գազերից մեկը (օրինակ՝ թթվածինը) առաջին անգամ բավարար քանակությամբ առանում էին հեղուկ վիճակում, այդ հեղուկը տեղավորում էին ոգահան մեքենայի զանգի տակ և, ոդի նոսրությամբ ճնշումը փոքրացնելով, սառցում էին, վոր նա չեռա. դրանից հեղուկի ջերմաստիճանն ավելի չոր ընկնում և այն ոգտագործում էին վորպես սառեցուցիչ՝ հաջորդ հատատուն գազը (օրինակ՝ ազոտը) հեղուկ դարձնելու համար։ Նորմալ ճնշման տակ ազոտի չեռման ջերմաստիճանը հավասար է—196°-ի, ավելի ցածր ճնշման տակ նա էլ ավելի փոքր է։ Հեղուկ ազոտը, վորը չեռում է ցածր ճնշման տակ, կարող է ծառայել վորպես սառեցուցիչ ջրածնի համար և այլն։ Ջերմաստիճանի անկումը ցածր ճնշման տակ չեռալիս այնքան մեծ է, վոր հեղուկ դարձած գազի մի մասը կարող է փոխվել պինդ վիճակի։

Ներկայումս պրոֆ. դե—Դաապին հաջողվել է այլ միջոցներով ստանալ բացարձակ ջերմաստիճանից 0,005°-ով բարձր ջերմաստիճան (վոչ թե վերևում նկարագրած, այլ ուրիշ չեզոք նակներով)։

Հետևյալ աղյուսակում բերված են այն մարմինների չեռացման և պնդացման ջերմաստիճանները, վորոնք սովորաբար գազային վիճակում են գտնվում։

Գազը	Թթվածին	Ոդ	Ազոտ	Ջրածին	Հելիում
Չեռման ջերմաստ. . .	— 183	— 193	— 196	— 253	— 269
Պնդացման աստ. . .	— 218	—	— 210	— 259	— 271,9[1])

Հեղուկ ոդը պահելու համար գործ են ածում Դյուարի անոթները. դրանք կրկնակի պատերով ապակե անոթներ են, վորոնց պատերի ներքին տարածություններից ոդը հանված է (ջերմության փոխանցումը ջերմահաղորդման ճանապարհով արգելելու համար), իսկ պատերը դարձված են հայելի (ճառագայթումը նվազեցնելու համար)։ Անոթները պատրաստում են նեղ կոկորդներով, պահվում են բաց դրությամբ (նկ. 105)։

1) 26 մմ սնդիկի ճնշման դեպքում։

121. Հեղուկ գազերի կիրառությունները։ Գազերի հեղուկացումն ունի թե տեխնիկական և թե գիտական նշանակություն. Տեխնիկական տեսակետից գազերի հեղուկացումը չափազանց հետաքրքրական է արդյունաբերության, բժշկության և այլ բնագավառներում գործածվող գազերի տեղափոխության դործը, վորովհետև հեղուկ վիճակում գազերը շատ փոքր ծավալ են գրավում։ Այդ ձևով թուջից պատրաստված ռումբերի մեջ գազավոր ջրեր պատրաստող գործարաններին ածխաթթու գազ են մատակարարում։



Նկ. 105. Դյուարի անոթը

Հեղուկ վիճակում գտնվող գազերից ստացված սառնությունը գործադրում են շուտ փչացող մթերքներն անվնաս տեղափոխելու համար։

Գերմանացի գիտնական Լինդեն դեռ 1897 թվին գտավ, վոր հեղուկ ոդից և փայտածուխից պատրաստված խառնը հիանալի պայթուցիկ նյութ է հանդիսանում։

Պայթուցիկ փամփուշտները լցնում են ածխաթթվով կամ արհեստական կավով (կիզելգուրով) և թրջում են կերոսինով. փամփուշտների մի մասը լցնում են բամբակով։ Գործադրման վայրում փամփուշտը պետեղում են հորատման անցքերի մեջ, հագեցնում հեղուկ ոդով, վորից հետո բիկֆորդյան շնուրի միջոցով մեծ արագությամբ պայթեցնում են։ Չպայթած փամփուշտները, ի տարբերություն դինամիտային և այլ տեսակի փամփուշտների, վորոնք գործ են ածվում պայթեցման աշխատանքների ժամանակ, բոլորովին անվտանգ են, վորովհետև հեղուկ ոդը շատ արագ է ցնդում։

Նույն չեզոնակով հեղուկ ոդը գործ է ածվում ծառերի բները արմատախիլ անելու, դետինը փխրացնելու և ուրիշ աշխատանքների համար։

Հեղուկ ոդը լայն գործածություն ունի հանքահորերում՝ փլվարար ապարատների մեջ, և մեծ բարձրության վրա ոդանավերով թռիչք կատարելիս, ուր նրանով հարստացնում են ոդանավի մոտոռի վառելանյութի խառնուրդը։

Հեղուկ ոդը հեշտ չեզոնակ է և տալիս մեծ քանակ թթվածին սառնալուս, վորովհետև ազոտի չեռացման ջերմաստիճանն ավելի

ցածր է, քան թթվածնինը, ուստի առաջինն ավելի շուտ է դուրս գալիս, քան յերկրորդը։ Հեղուկ ոդի ոքսուԹյամբ հնարավոր է դառնում բազմաԹիվ ուրիշ գազեր և հեղուկներ արագ կերպով պնդացնել։

Ինչ վերաբերում է գազերի հեղուկացման և պնդացման գիտական նշանակուԹյանը, ապա ամենից առաջ դրանով մի ավելորդ անգամ ևս հաստատվեց մարմինների կառուցվածքի միասնուԹյունը, ապացուցվեց, որ մարմնի վիճակը կախում ունի նրա ջերմաստիճանից և այն ճնշումից, որի տակ նա գտնվում է, բայց մի անգամ ընդմիշտ անխզելի կերպով կապված չի մարմնի հետ։ Միայն կողմից, գազերը հեղուկ դարձնելու համար նվաճված ցածր ջերմաստիճանները չափազանց ընդարձակեցին գիտական հետազոտուԹյունների ջերմային սահմանները և թույլ տվին հայտաբերելու շատ մարմինների հատկուԹյունների կրած փոփոխուԹյունները 0°-ից 200°—270° ցածր ջերմաստիճաններում։

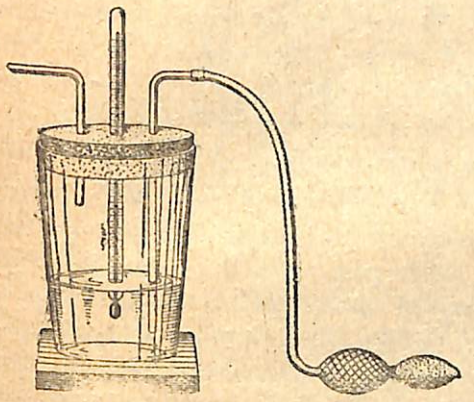
Այսպես որինակ՝ առաձգական մարմինները, ինչպես կաուչուկը կամ այլ փափուկ մարմինները, ինչպես պտուղները, այդ ջերմաստիճաններում ապակու նման դյուրաբեկ են դառնում։ Սնդիկը, ցինկը և ուրիշ փափուկ մարմիններ կռելի չեն դառնում, հեղուկ ոդով թացացված բամբակը պայթուցիկ է դառնում՝ վառոդի նման։ Բազմաթիվ նյուԹեր (ապիրտը, ձվի կեղևը և այլն) սպիտակ լույսով լուսավորելուց հետո սկսում են արձակել բազմագույն ճառագայԹներով (առավելապես կանաչավուն ճառագայԹներով) լույս։ Սաստիկ փոփոխվում են մեռաղների շատ հատկուԹյուններ, որինակ՝ նրանց հլկտրոհաղորդման հատկուԹյունները։ Այս բոլոր հետազոտուԹյունները հնարավորուԹյուն են տալիս խորը թափանցելու նյուԹի կառուցվածքի բնույԹի մեջ։

Վարժություն 11։

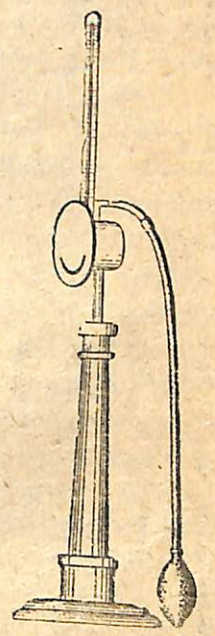
1. Ի՞նչքան ջերմուԹյուն է անհրաժեշտ, որպեսզի մեկ բաժակ (250 սմ³) 100°-ում գտնվող ջուրը հասցնի մինչև յեռման կետին և նրանից գոլորշիանա 20 գրամ ջուր։

2. 20 գրամ ջրային գոլորշին t=100°-ի խառնված է 800 գրամ 100°-ի ջրի հետ։ Որոշել խառնուրդի ջերմաստիճանը։

ջերմաստիճանը չափելու համար։ Ջերմաստիճանի իջեցումը կարող է իրականացվել յեԹերի արագ գոլորշիացումով, որի գոլորշիացման համար անհրաժեշտ ջերմուԹյունը վերցվում է անոթից և այն շրջապատող ոդից։ Ուստի վորպես պարզագույն հիդրոմետր կարող է ծառայել վորևե բաժակ, որ լցված է յեԹերով և դրված է նրա մեջ ջերմաչափ (նկ. 106)։ ՅեԹե մի ծայրը բաժակի մեջ ընկղմած խողովակի միջով ոդ փչենք, ապա կարող ենք ստանալ յեԹերի, անոթի և շրջապատող ոդի ջերմաստիճանի այնպիսի անկում, որ ոդի մեջ պարունակվող գոլորշիները նույն ճնշման տակ հագեցնող կդառնան և բաժակի մակերևույԹը կծածկվի խոնավուԹյան նուրբ թաղանթով։ Ցողի առաջացման առաջին իսկ վայրկյանին ջերմաչափի ցույց տված ջերմաստիճանը կլինի ցողի կետը։ Այնուհետև աղյուսակում գտնում ենք ջրային այն գոլորշիների ճնշումը (f), որոնք



Նկ. 106. Պարզեցված հիդրոմետր



Նկ. 107. Լաբորատորական հիդրոմետր

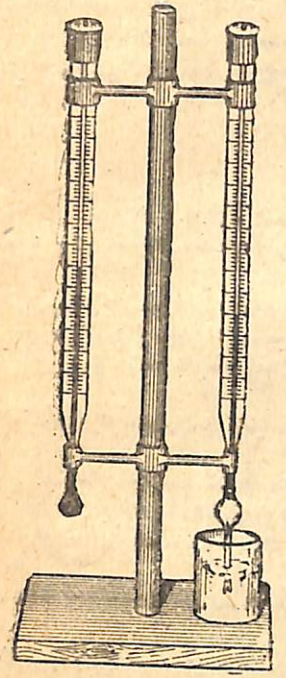
ավյալ ցողի կետում հագեցնում են ոդը։ Հենց այդ ճնշումն էլ կլինի ոդի ավյալ ջերմաստիճանում ոդում գտնվող գոլորշիների ճնշումը, այսինքն՝ ոդի բացարձակ խոնավուԹյունը։

Լաբորատորական հիդրոմետրերն այսպես նկարագրվածից տարբերվում են նրանով, որ հնարավորուԹյուն են տալիս ա-

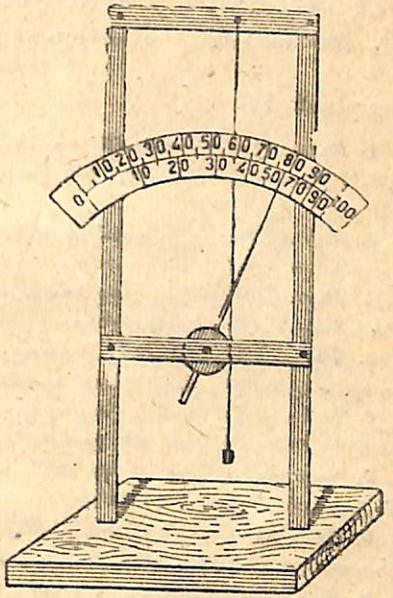
վելի մեծ ճշտությամբ վորոշելու ցողի առաջացման մամենտը։ 107-րդ նկարը տալիս է Լամբրեխտ լաբորատորական հիգրոմետրի աջատեսքը։ Տուփի մեջ լցված է եթեր և նրա մեջ տեղավորված է ջերմաչափը։ Ցեխերի միջով ոդ է փչվում ռետինե տանձի ոգնությամբ։ Տուփի լավ հղկված և վոսկեզոծված շրջանակի վրա ցող է առաջանում։ Վորպեսզի ցողի առաջանալու մոմենտը ճշդրիտ կերպով նկատվի, տուփի շրջանակին արված է նուրբ նյութից մի ողակ, վորի մեջ գտնվում է ինքը և ներքևում նրանից բաժանվում է ճեղքով։ Բանի վոր ողակը ավելի դանդաղ է սառչում, քան տուփի պատերը, ապա համեմատաբար կերկու ողակի և շրջանի—մակերեսների վիճակը՝ հնարավորություն կտա ճշգրիտ նշելու ցող առաջանալու մոմենտը։

125. Պսիխրոմետր։ Վերևում նկարագրված հիգրոմետրը հարմար չէ խոնավությունն արագ կերպով վորոշելու համար, ուստի ոդերևութաբանական կայաններում ոդի հարաբերական խոնավությունը վորոշելու համար գործ են ածվում հատուկ գործիքներ, վորոնք կոչվում են պսիխրոմետրեր։ Պսիխրոմետրը բաղկացած է կերկու ջերմաչափից (նկ. 108), վորոնցից մեկը պետության ժամանակ չոր է մնում, իսկ մյուսի գնդիկը փաթաթվում է շերտ մաքուր բամբասով, վորի ծայրն իջեցվում է թորած կամ անձրևաջրով լիքը բաժակի մեջ։ Ջուրը բամբակի միջով վեր է բարձրանում և նրանից գոլորշիանում։ Գոլորշիանալիս անհրաժեշտ ջերմությունը նա վերցնում է շրջապատի ոդից և ջերմաչափի գնդիկից, վորի հետևանքով խոնավ ջերմաչափն ավելի ցածր ջերմաստիճան է ցույց տալիս, քան չորը։ Գոլորշիացման արագությունը կախված է այն բանից, թե ոդը վորքան հեռու չի ջրային գոլորշիներով հագեցված, վորքան փոքր է ոդի հարաբերական խոնավությունը, այնքան արագ և մեծ ուժգնությամբ գոլորշիացումը, այնքան մեծ է լինում ջերմության կլանումը և այնքան մեծ է լինում ջերմաչափերի ցուցմունքների տարբերությունը։ Ջերմաստիճանների այդ տարբերությամբ կարելի չէ հաշվել բացարձակ և հարաբերական խոնավությունները։ Խոնավությունը վորոշելու աշխատանքն արագացնելու համար այդ հաշվումները տրված են նախօրոք և ամփոփված համապատասխան աղյուսակներում (4-րդ աղյուսակը դրքի վերջում), վորոնց ոգնությամբ

չոր և թաց ջերմաչափերի յուրաքանչյուր ցուցմունքի համար կարելի չէ անմիջապես գտնել ոդի հարաբերական խոնավությունը։



Նկ. 108. Պսիխրոմետր



Նկ. 109. Մազային խոնավաչափ

126. Մազային հիգրոմետր։ Սա ավելի քան հասարակ գործիք է, վորը պատրաստված է մարդկային մազի այն հատկության վրա, վոր խոնավության փոփոխության դեպքում փոփոխվում է նաև նրա երկարությունը, այսինքն՝ խոնավության ավելացման ժամանակ երկարում է, քչացման ժամանակ՝ կարճանում։ Ճարպահանված և համապատասխան կերպով մշակված մազի մի ծայրն ամրացվում է մետաղյա շրջանակից, իսկ մյուս ծայրից կախվում է մի թեթև կշռաքար (նկ. 109)։ Վորպեսզի նրա երկարության փոփոխությունը նկատելի լինի, մազը գցում են մի ճախարակի վրայից, վորին ամրացված է մի երկար սլաք։ Մազն իրենից կախված կշռաքարի ազդեցության տակ ճնշում գործ ունենալով ճախարակի վրա, երկարացման դեպքում նրան պտտում

և մի ուղղությամբ, իսկ կարճացման դեպքում—հակառակ ուղղությամբ։ Ճախարակի հետ միացված սլաքը շարժվում է աղեղով, որի վրա նշված են տոկոսներով արտահայտված հարաբերական խոնավության բաժանմունքները։ 0 բաժանմունքը դրվում է ոդի լրիվ չորության դեպքում, իսկ 100-ը՝ հագեցվածության դեպքում. 0-ի և 100-ի միջև ընկած աղեղը բաժանվում է 100 հավասար մասերի։

վարժություն 12.

1. Ինչու՞ հիգրոմետրի մեջ ոդ են փչում յերեքով միջոլ։
2. Ինչու՞ պսիխրոմետրի մեջ ջուրը բաւական միջով վեր և բարձրանում։
3. Ոդի միևնույն բացարձակ խոնավության դեպքում յերբ և մեծ հարաբերական խոնավությունը—ամառ ժամանակ, ցերեկը, թե գիշերը։
4. Ինչու՞ ակնոցները կրող մարդը ձմեռ ժամանակ փողոցից սենյակ մտնելիս պետք է մաքրի ակնոցները։
5. Գտեք ոդի բացարձակ և հարաբերական խոնավությունը, յերբ ոդի ջերմաստիճանը $t=20^0$, ցողի կետը՝ $t_0=9^0$։ Պատ.$\approx 50\%$։
6. Գտեք բացարձակ և հարաբերական խոնավությունները, յերբ ոդի ջերմաստիճանն է 16^0 կամ 18^0 կամ 24^0, իսկ ցողի կետը 10^0 կամ 12^0 կամ 14^0։
7. Վորոշեցեք ցողի կետը, յերբ ոդի ջերմաստիճանը՝ $t=18^0$, հարաբերական խոնավությունը՝ $B=60\%$։ Պատ. $10,1^0$
8. Վորոշեցեք ցողի կետը, յերբ ոդի ջերմաստիճանն է 20^0, 24^0 կամ 16^0 և հարաբերական խոնավությունն է 50%, 60% կամ 80%։
9. Ոդի վիճը ջերմաստիճանում ցողի կետը՝ $t_0=7^0$, յերբ $B=75\%$։ Պատ. $11,2^0$։
10. Ոդի ջերմաստիճանը՝ $t=23^0$, $B=60\%$։ Գիշերը ցող կինամի, յերբ ջերմաստիճանը դառնա 10^0։
11. Ոդի ջերմաստիճանը՝ $t=0^0$, հարաբերական խոնավությունը, $B=70\%$։ դիշերը ցող կինամի, յերբ ջերմաստիճանն իջնի մինչև -5^0։
12. Շենքում խոնավությունը 75% եր, յերբ ջերմաստիճանը $t=15^0$ Սենյակի տաքացումը դադարեցնելուց հետո ջերմաստիճանն իջավ մինչև 2^0 Վորոշել ջրի այն քանակությունը, որը կանջատվի 1 խոր. մետր ոդից։
13. Պսիխրոմետրի չոր ջերմաչափի ցուցմունքն է՝ 10^0, 12^0, 24^0 30^0, թաց ջերմաչափի համապատասխան ցուցմունքն է՝ 8^0, 9^0, 14^0, 18^0, 22^0։ Դրբի վերջում բերված 4-րդ աղյուսակից գտնել ամեն մի դեպքի համար հարաբերական խոնավությունը։

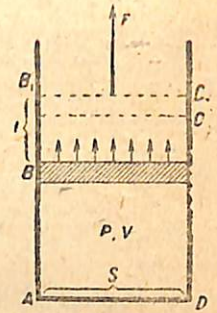
ՀԱՐՑԵՐ

1. Ինչն է կոչվում ոդի բացարձակ խոնավություն։
2. Ինչն է կոչվում ոդի հարաբերական խոնավություն

3. Ինչն է կոչվում ցողի կետ։
4. Ինչ յեղանակներով կարելի յե վորոշել ցողի կետը։
5. Ինչ գործիքներ են նախանշանակված ցողի կետը վորոշելու համար։
6. Ինչպես վորոշել հարաբերական խոնավությունը, յերբ գիտենք ցողի կետը։
7. Ինչ բան է պսիխրոմետրը և ինչպես ոգտվել նրանից։
8. Բնության մեջ և տեխնիկայում ինչ նշանակություն ունի հարաբերական խոնավությունը։

V. ԳԱԶԻ ՅԵՎ ՇՈՓՈՒ ԱՇԽԱՏԱՆՔԸ

127. Գազի աշխատանքը հաստատուն ճնշման դեպքում։ *Գազերի հատկության վերաբերյալ դասում արդեն պարզված է, որ նրա ճնշումն աճում է տեղմումից կամ տաքացումից։ Որպեսզի գազի ճնշումն ավելի մեծանա, քան մթնոլորտային ճնշումն է, պետք է որոշ աշխատանք ծախսել տեղմման կամ տաքացման վրա։ Ուստի գազը, որի ճնշումը գերազանցում է մթնոլորտային ճնշմանը, շրջապատող մթնոլորտի նկատմամբ ու-նի որոշ պոտենցիալ էներգիայի պաշար։ Յեթե գազին տրված լինի լայնանալու հնարավորություն, ապա ի հաշիվ այդ պոտենցիալ էներգիայի կարող է որոշ աշխատանք կատարել։*



Նկ. 110. Գազի ընդարձակման աշխատանքի հաշվման համար։

Գազի ընդարձակման դեպքում կատարած աշխատանքի հաշվարկումը հանդում է այն բանին, որ այդ աշխատանքի մեծությունն արտահայտվի գազի ճնշման և ծավալի միջոցով։ Նախ հաշվենք գազի ընդարձակումից կատարված աշխատանքի այն պարզագույն դեպքը, երբ գազի ընդարձակումը տեղի չի ունենում հաստատուն ճնշման տակ։

Այդպիսի ընդարձակումը տեղի կունենա, երբ գազը պարփակված լինի մի գլանում, որը ծածկված է թեթև անթափանց մխոցով, և շարժվում է առանց շփման (նկ. 110)։ Գազը տաքացնելու դեպքում կընդարձակվի այնպես, որ միշտ նրա ճնշումը հավասար կլինի մթնոլորտային ճնշմանը, այսինքն՝ կլինի հաստատուն։ ABCD գլանում եղած գազի սկզբնական ծավալը նշանակենք V-ով, իսկ ճնշումը՝ P-ով։

Գազը տաքացման դեպքում ընդարձակվելով՝ կբարձրացնի մխոցը և կգրավի AB_1C_1D գլանի ծավալը, որը նշանակենք V_1-ով։ Մխոցի բարձրացման դեպքում $DB_1=l$ տարածությունում կատարվում է աշխատանք, որը հավասար է շարժող ուժի F և ճանապարհի երկարության արտադրյալին։ Յեթե մխոցի մակերեսն է S և ճնշումը՝ p, ապա մխոցը վեր բարձրացնող ուժը հավասար է՝

$$F=pS.$$

Մխոցը վեր բարձրացնող աշխատանքը կլինի

$$A=pSl.$$

Բայց Sl-ը իրենից ներկայացնում է գազի ընդարձակման դեպքում ծավալի աճը՝

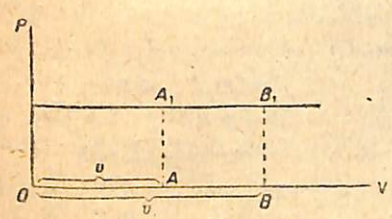
$$Sl=V_1-V=\Delta V,$$

որտեղից կստանանք

$$A=p\Delta V.$$

Այսպիսով, գազի ընդարձակման աշխատանքը հաստատուն ճնշման դեպքում չափվում է ճնշման և ծավալի փոփոխության արտադրյալով։

128. Գազի ընդարձակման աշխատանքի գրաֆիկը։ *Փոփոխող ծավալի և հաստատուն ճնշման մեջ եղած գազը կարելի է արտահայտել գրաֆիկորեն և գրաֆիկով կարելի է հաշվել կատարվող աշխատանքը։*



Նկ. 111. Հաստատուն ճնշման դեպքում կատարած աշխատանքի գրաֆիկը։

Աբսցիսների առանցքի ընդունենք վորպես ծավալի առանցք և նրա վրա առանձնացնենք մի շարք հատվածներ, վորոնցից յուրաքանչյուրը համապատասխանի մեկ միավոր ծավալի։ Որդինատների առանցքի ընդունենք վորպես ճնշման առանցք։ Տվյալ դեպքում ծավալի յուրաքանչյուր արժեքին համապատասխանում է միևնույն ճնշման հաստատուն արժեքը։ Աբսցիսի տարբեր կետերից կանգնեցրած որդինատները իրար հավասար

են (նկ. 111)։ Ուստի հարթության վրա գազի վիճակն արտահայտող բոլոր կետերը կգտնվեն մի ուղիղի վրա, որը զուգահեռ է աբսցիսների առանցքին։

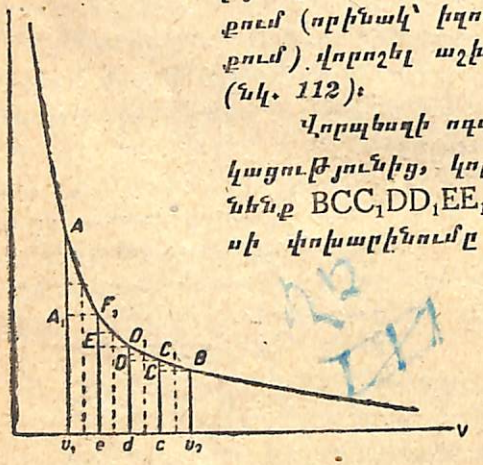
Գազի ծավալի փոխհարաբերությունը հաստատուն ճնշման դեպքում կոչվում է իզոբար, իսկ այս պրոցեսն արտահայտող գրաֆիկը կոչվում է իզոբարա յին։

Իսկ ինչպես հաշվել գազի ընդարձակման աշխատանքը գրաֆիկով։

Աբսցիսի AB հատվածը տալիս է ծավալի $v_1 - v = \Delta v$ փոփոխությունը, որի համար AA_1 արտահայտում է p ճնշումը։ Գրաֆիկի վրա $p\Delta v$ արտադրյալը արտահայտում է AA_1B_1B մակերեսի արժեքը, որը միևնույն ժամանակ $p\Delta V$ գազի կատարած աշխատանքի չափն է։

Ուստի գազի ընդարձակման աշխատանքը հաստատուն ճնշման դեպքում թվապես հավասար է այն մակերեսին, որը սահմանափակված է աբսցիսների առանցքով, իզոբարով և ծավալի սկզբնական և վերջնական արժեքին համապատասխանող օրդինատներով։

Հնարավոր չէ գազի վիճակի գրաֆիկի ոգնությամբ և նրա այլ փոփոխությունների դեպքում (օրինակ՝ իզոտերմիկ պրոցեսի դեպքում) որոշել աշխատանքի մեծությունը (նկ. 112)։



Նկ. 112. Աշխատանքի չափումը ըստ վիճակի գրաֆիկի

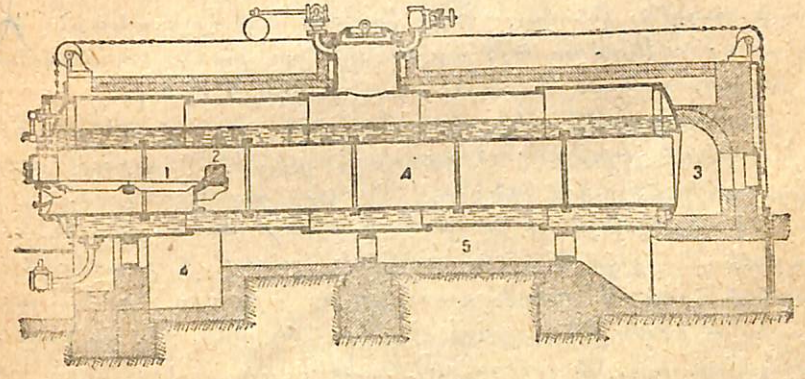
Որպեսզի ոգտվենք նախորդ յեզրակացությունից, որի AB մասը փոխարինենք $BCC_1DD_1EE_1A_1A$ բեկյալով։ Այդպիսի փոխարինումը նշանակում է, որ ծավալի փոփոխումը B-ից մինչև C, C_1-ից մինչև D, D_1-ից մինչև E, ապա E_1-ից մինչև A_1, ճնշումը մնում է հաստատուն, իսկ C,D, E, A_1 կետերում ճնշումը հանկարծակի ածում է։ Ծավալի իրական ընդարձակումը նման յերևակայելի ընդարձակումով փոխարինելու դեպքում,

v_1-ից մինչև v_2 գազի ծավալի ընդարձակման ժամանակ կատարած աշխատանքը կարտահայտվի $A_1E_1ev_1$, eED_1d, dDC_1c և $cCBv_2$ ուղղանկյունների մակերեսների գումարով։ Այս դեպքում այնքան ճշգրտորեն կարտահայտի իրական ընդարձակման դեպքում կատարած աշխատանքի մեծությունը, որքան բեկյալ գիծը մոտ լինի կորին, ինչպես այս բանը յերևում է կետաշար գծագրից։ Նման դատողություններ կարելի յե անել ցանկացած գրաֆիկի համար, ուստի մենք կգանք հետևյալ վերջնական յեզրակացությանը. գազի ընդարձակման դեպքում կատարվող աշխատանքի մեծությունը թվապես հավասար է այն մակերեսին, որը սահմանափակված է աբսցիսների առանցքով, գազի վիճակի գրաֆիկով և գազի սկզբնական ու վերջնական ծավալն արտահայտող օրդինատներով։

Տեսական այս վերլուծությունը թույլ կտա գլանի մեջ գտնվող գազի և շոգու վիճակի գրաֆիկով հաշվել ջերմային շարժիչների աշխատանքը։

Նախքան ջերմային մեքենաների մեջ գրաֆիկի առանձնալը, վերհիշենք այդ մեքենաների կառուցվածքը։

129. Շոգեշարժիչներ։ Այն մեքենաները, որոնք վառելանյութի ենեργիան փոխարկում են ջերմային գոլորշու եներգիայի, իսկ վերջինս՝ մեխանիկականի, կոչվում են շոգեշարժիչներ։



Նկ. 113

Ջրից առաջացած հագեցած գոլորշին մթնոլորտային ճնշ-

ման տակ գրաված է 1722 անգամ ավելի մեծ ծավալ, քան նույն քանակությամբ ջուրը։

Ջրի յեռացման ջերմաստիճանը 1 տեխնիկական մթնոլորտ (1 կգ/սմ²) ճնշման տակ հավասար է 99,1°-ի, 5 տեխնիկական մթնոլորտ ճնշման տակ՝ 151°-ի, 10 տեխնիկական մթնոլորտ ճնշման տակ՝ 179°-ի, 15 տեխնիկական մթնոլորտ ճնշման տակ՝ 197°-ի և 20 տեխնիկական մթնոլորտ ճնշման տակ՝ 211°-ի և այլն։

Կառուցվում են յերկու տիպի շոգեշարժիչներ, շոգեմեքենաներ և շոգետուրբիններ։ Քանի վոր շոգեշարժիչներն աշխատում են շոգու ոգնությամբ, ապա ամեն մի շոգեշարժիչի մոտ պիտք է գոյություն ունենա գոլորշի ստանալու հատուկ սարք՝ կաթսաննոցի հետ, ուր վառելանյութի պոտենցիալ եներգիան վեր է ածվում ջերմային եներգիայի (նկ. 113)։

130. Հնոց։ Հնոցի կառուցվածքը կախում ունի վառելանյութի տեսակից։ Պինդ վառելանյութի համար հնոցը պատրաստվում է կաթսայի տակ՝ աղյուսե շարվածքի մեջ, ուր մտուր ձևված է կաթսան, այսպես կոչված «վորմնատակված եջ։ Վառելանյութը հնոցի մեջ դարսվում է հրակալ վանդակի վրա, վորը բաղկացած է թուջե զուգահեռ ձողերից, իսկ դրանք իրարից բաժանված են դատարկ տարածություններով։ Այրման համար անհրաժեշտ ոդը վանդակի ճեղքերի միջով ներս է մտնում հնոցի տորին մասից, վորը կոչվում է մոխրանոց կամ ոդամուտ։ Այրման այն արդյունքները, վորոնք հեռանում են, ոդ են բարձրանում հնոցի ծխախողովակների միջով։

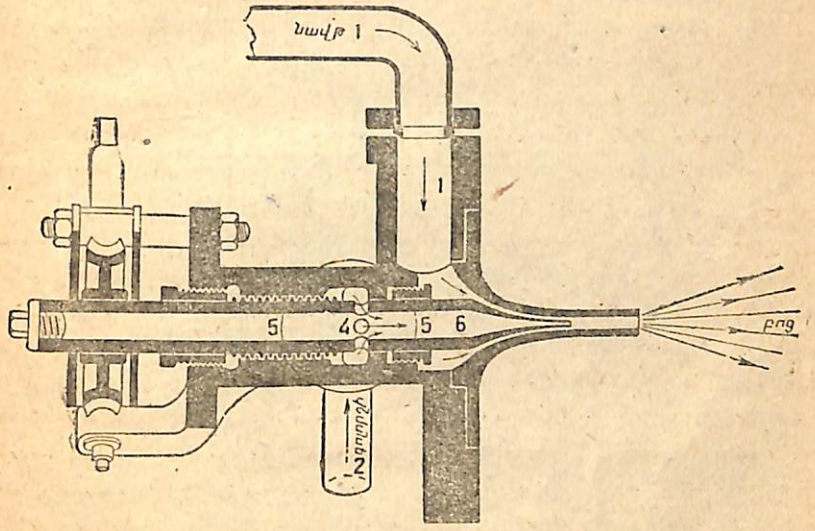
Վառելանյութի մեջ պարունակված ամբողջ եներգիան չի փոխարկվում գոլորշու եներգիայի։ Հնոցի մեջ եներգիայի զգալի կորուստներ են տեղի ունենում հետևյալ պատճառներով.

1) վառելանյութի լիակատար այրում տեղի չի ունենում. նրա մի մասը մրի կնրպարանքով նստում է խողովակների պատերի վրա, մի զգալի մասը դուրս է գալիս ծխնելույզից, վորպես այրման թերի արդյունքներ, ինչպիսիք են՝ ածխածին-մոնոքսիդը (CO) և ածխջրածիններ։ Այս կորուստները կազմում են հասնել մինչև 10%-ի.

3) ջերմության զգալի մասը հեռանում է այրման արդյունքների հետ, վորոնք կաթսայի տակից դուրս են գալիս 300—400° ջերմաստիճանով. այս կորուստների չափը հասնում է 15%-ի. ներկայումս տեխնիկան աշխատում է ոդատարձնել այդ կերպ կորչող ջերմությունը, նրա ոգնությամբ կաթսան անուցող նյութը տաքացնելու համար.

3) եներգիայի մի մասը կորչում է ճառագայթման միջոցով։

Ընդհանուր կորուստները հասնում են մինչև 30%-ի։



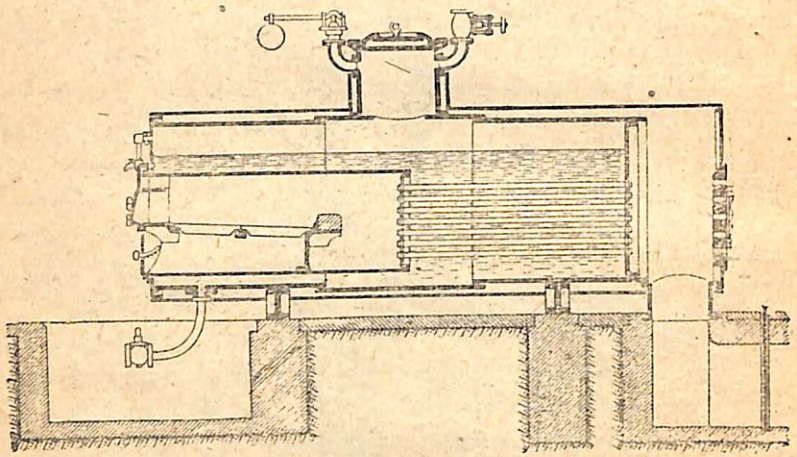
Նկ. 114. Ֆարսունկա

Հեղուկ վառելանյութերի մեջ, վորոնք պրծացվում են շոգեկաթսաները տաքացնելու համար, հատկապես գործածական է նավթը և առանձնապես մազութը, այսինքն՝ նավթային մնացորդները։

Հեղուկ վառելանյութի այրման համար գոյություն ունեցող հնարավոր յեղանակներից ամենագործնական յեղանակը հանդիսանում է այրումն փոշիացած վիճակում։

Հեղուկ վառելանյութի փոշիացումը կատարվում է կաթսայից մատուցվող շոգու ոգնությամբ հատուկ գործիքի մեջ, վորը կոչվում է ֆարսունկա (նկ. 114)։

Հեղուկ վառելանյութը (1) խողովակի միջով հոսում և (7) կոնի մեջ, (2) խողովակի, (4) անցքի և (5) շուրջառը խողովակի միջով բարձր ճնշման տակ. այդ նույն կոնի մեջ և մղվում նաև շոգին, որը մեծ արագությամբ (6) կոնի միջով հոսելով (7) ծայրախողովակի մեջ, տանում և իր հետ այդ չերկու փըքանցքների միջև հոսող հեղուկը և փոշիացնում այն։ Նկարում ցույց տրված պտուտակներն ու ծորակները ծառայում են վառելանյութի և շոգու. հոսանքը կանոնավորելու համար։



Նկ. 115 Ծխախողովակավոր չոգեկաթսա

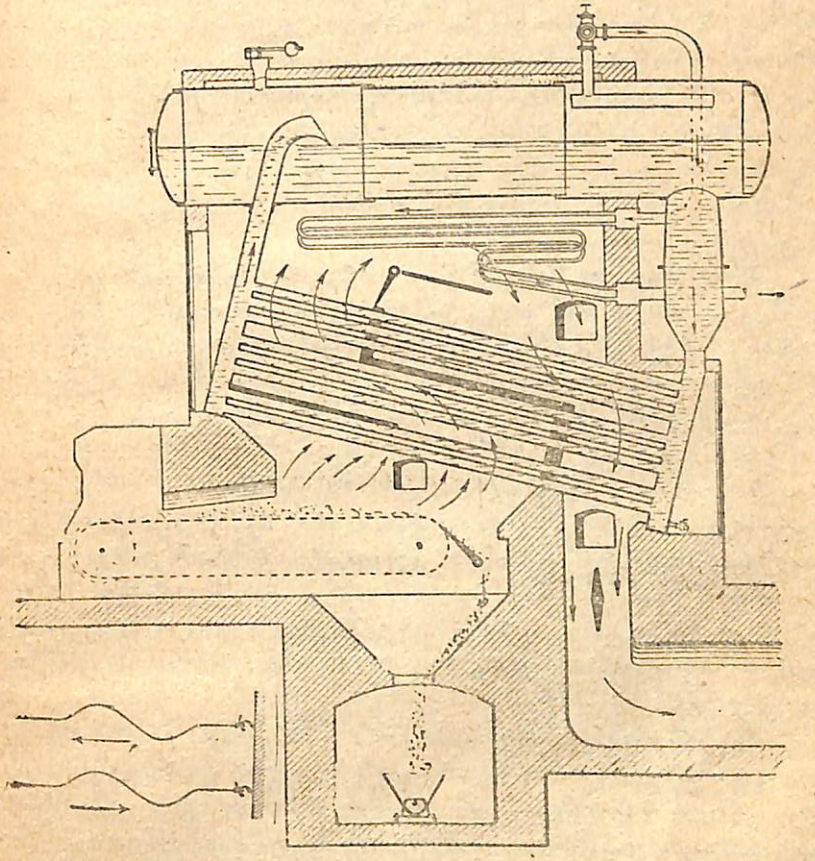
Ֆարսունկայի մեջ փոշիացման վրա գործածվում է գոլորշու ամբողջ քանակի մոտ 3%-ը։

Ֆարսունկայի ոչնուրյամբ աշխատող հեղուկ վառելանյութի հնոցները հանդիսանում են մեխանիկական հնոցների ամենահատարյալ տեսակները։ Նրանց մեջ չկան վրչ չայրված վառելանյութ, վրչ մուր, վրչ կայծեր։

Հեղուկ վառելանյութի ռեզերվուարի մեջ տեղավորված գալարների միջով շոգի բաց թողնելով, նավթը նախորոք տաքացնելու դեպքում հնոցի ոգտակար գործողության գործակիցը հասնում է մինչև 90%-ի։

Ֆարսունկայի մեջ բոցն ունենում է մինչև 1600° չերմություն։

Գազային վառելանյութերն այրելու համար գործ են ածվում գազային այրիչներ, որոնք հիմնական գծե-



Նկ. 116. Ջրախողովակավոր կաթսա

րով նման են ֆարսունկաներին, միայն խողովակներից մեկով մատուցվում է վառելանյութը, իսկ մյուսով՝ ողը։ Գազերից ջերուցիչ նշանակություն ունեն բնական կամ նավթային գազը, մետաղագործական վառարանների գազերը և գեներատորային

(արհեստական) գազը։ Ընդհանրում վերջինը բոլորովին ոչ-տա-գործվում է գազային շարժիչների համար։ Հնոցների մեջ գազային այրիչների ոչ-տակը գործողության գործակիցը նույնքան մեծ է, որքան ֆարադունկանների։ Ուստի, նկատի ունենալով նավթի համաշխարհային պաշարների սակավությունը, սոցիալիստական շինարարության համար առաջնակարգ նշանակություն է առնում գազացման խնդիրն ածխային շրջաններում։ Գազացում կոչվում է քարածխի պաշարների վերամշակումն ու փոխարկումը գազի՝ հենց հանքահորերում, և գազատար խողովակների ոգնությամբ ստացված գազի փոխանցումն սպառման վայրերը, ուր նա այրվում է շոգեկաթսաների հնոցների կամ գազային շարժիչների մեջ։

131. Կաթսա։ Այրված վառելանյութերի էներգիան, բացառությամբ հնոցի մեջ տեղի ունեցող կորուստների, ծախսվում է կաթսայի մեջ պարունակված ջուրը տաքացնելու վրա։ Կաթսայի պարզագույն տեսակը իրենից ներկայացնում է յերկաթե թիրթերից գամված մի գլան, որը ծեփված է հատուկ վորմածքի մեջ (նկ. 113)։

Կաթսաների կատարելագործումն ընթանում է հետևյալ ուղղություններով. 1) շոգու մխավոր քանակության վրա ծախսվող վառելանյութի քանակի քչացումը, 2) շոգու ճնշման, հետևաբար և նրա պոտենցիալ էներգիայի բարձրացումը։

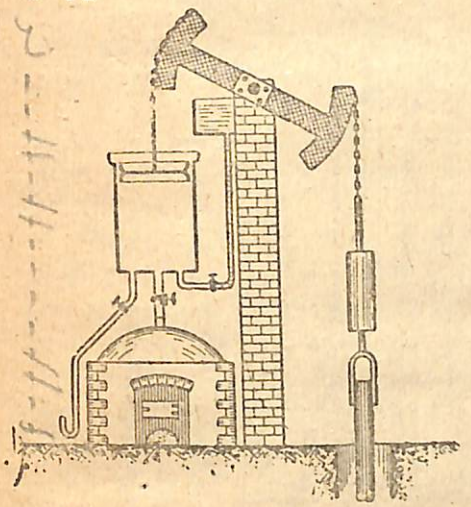
Այս կատարելագործումների տարբեր կողմերն իրականացվում են ծխախողովակավոր (նկ. 115) և ջրախողովակավոր (նկ. 116) կաթսաների մեջ։

Ժամանակակից կաթսաներում հնոցավարական փորրիկ հրապարակն ոժտված է մի շարք չափազանց գործիքներով, որոնք հնարավորություն են տալիս հնոցավարին անընդհատ հսկողություն ունենալու կաթսայարանի ամբողջ աշխատանքի և նրա առանձին մասերի կանոնավոր աշխատանքի վրա։

132. Շոգեմեքենան։ Միջև Watt Ուատտ մեքենան։ Շոգեմեքենայի առաջին մոդելը պատրաստված է յեղել Պապինի կողմից 1690 թ. և նկարագրված նրա գրքում, որը լույս է տեսել 1695 թվին։

Պապինի մեքենայի մեջ կաթսան, մխոցավոր գլանը և առնարանը գեռ անջատված չեյին մեկը մյուսից։

Նյուկոմենի մեքենայի (1771 թ.) մեջ (նկ. 117) կաթսան, ուր շոգին և առաջանում, արդեն առանձնացված եր գլանից և շոգին բայ եր թողնվում գլանի մեջ փոխադարձ բացվող և փակվող ծորակի միջով, բարձրացնում եր մխոցը և դրանով իսկ իջեցնում ջրային պոմպի ձողը, որը լծակով միացած եր մխոցի հետ։ Շոգին մխոցի տակ առաքելու և սեղմելու համար գլանի մեջ առաջ ջուր եյին սրսկում։ Մթնոլորտային ոդն իր ճնշումով դերակշռելով գլանի մեջ ստացած շոգու ճնշումը՝ իջեցնում եր գլանը և այդպիսով վեր բարձրացնում պոմպի ձողը և ջուրը։



Նկ. 117 Նյուկոմենի մեքենայի սխեման։

Պապինի մոդելի հետ համեմատած Նյուկոմենի մեքենայի առավելությունն այն եր, որ կաթսան բաժանված եր գլանից և դրա շնորհիվ քիչ ժամանակ եր վատնվում գլանը տաքացնելու վրա։ Սակայն առնարանը դեռ գտնվում եր գլանի մեջ։

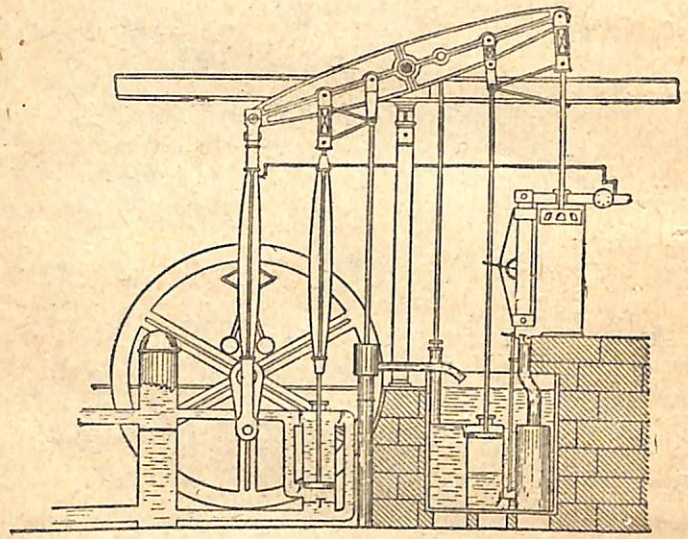
Գեղի վոր յերկու տիպի մեքենաների մեջ ել աշխատանք կատարող շարժումն ստացվում եր մթնոլորտային ճնշման ոգնությամբ, ապա ավելի ճիշտ կլիներ այդ մեքենաներն անվանել մթնոլորտային, և վոչ ջերմային մեքենաներ։

Շոգու առաքումը գլանի մեջ առաջացնում եր գլանի սառելի առնացում, ուստի և հարկ եր լինում վառելանյութի ավելորդ ծախս կատարել նրա կրկնակի տաքացման համար։

Շոգամեքենայի հետևյալ կատարելագործությունը, վորով վորոշվեց նրա հաջողությունը, հանդիսացավ Ուատտի գյուտը 1764 թ.։ Գյուտի էությունն այն եր, վոր գլանն ու առնարանն առանձնացվում եյին իրարից, վորով վառելանյութի ըղ-

դալի խնայողություն էր կատարվում։ Բացի դրանից, Ուատտի մեքենայի մեջ շոգին բաց էր թողնվում մեկ գլանի մի կողմից մեկ մյուս կողմից և դրանով մխոցի չերկու շարժումները—դեպի այս կամ այն կողմը—կատարվում էին ի հաշիվ շոգու ուժի. այսպիսով Ուատտի մեքենան փաստորեն առաջին «կրկնակի գործողության» իսկական շոգեմեքենան էր (նկ. 118)։

Ուատտի մտցրած շոգու ավտոմատ բաշխումը, այսպես կոչված ողնաձայն շոգեբաշխումը հնարավոր դարձրեց ավարտում էր շոգեմեքենայի գյուտը։



Նկ. 118. Կրկնակի գործողության մեքենայի սխեման

Գալինի մեքենան կարող էր տալ մոտ մեկ վեցերորդական ձիուժ ոգտակար գործողություն։ Նյուկոմենի մեքենայի մեջ ոգտակար գործողության գործակիցը բարձրանում էր մինչև մեկ քառորդ ձիուժի, իսկ Ուատտի մեքենայի մեջ, դեռ 1820 թ. հաղիվ հասնում էր 1%-ի։ Հետագայում, շոգեմեքենաների կառուցման բնագավառում, գլխավորապես, պայքար էր մղվում մեքենայի ոգտակար գործողության գործակիցը բարձրացնելու ուղղությամբ։

Հենվելով այն տեղեկությունների վրա, որ շոգեմեքենայի կառուցվածքի մասին տրված է VII դասարանի դասընթացում, մենք այստեղ կանհրաժեշտ ենք համարում այդ կառուցվածքի վերաբերյալ մի քանի մանրամասնությունների քննությամբ միայն։

133. Սողնակ։ Շոգեմեքենայի ժամանակակից տեսակները մշակված են դարերի ընթացքում՝ աստիճանական ձևափոխումների ճանապարհով։

Ամեն մի շոգեմեքենայի կառուցվածքը հիմնվում է չերկու սկզբունքների վրա։

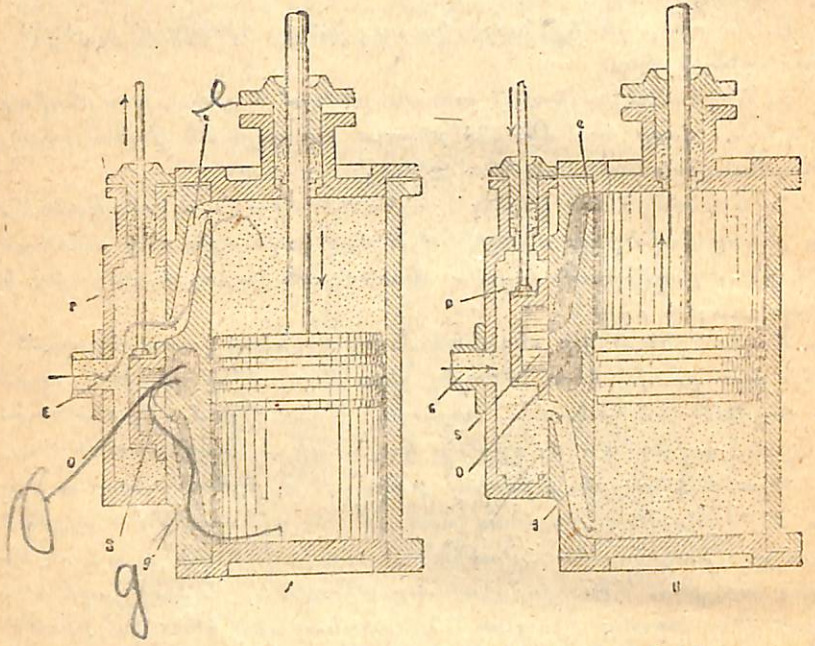
1. Շոգեմեքենայի մեջ ոգտագործվում է շոգու պոտենցիալ եներգիան, որը նա ձեռք է բերում տաքացման ընթացքում, իր ճնշման բարձրացման հետևանքով։

2. Շոգեմեքենան կարող է աշխատել միայն այն ժամանակ, երբ գլանը փոխհերթ միացվում է մեկ կաթսայի, մեկ սառնարանի հետ, ընդվորում որպես սառնարան կարող է ծառայել և մթնոլորտային ոդը։

Շոգեմեքենաների սկզբնական տեսակները կատարելագործվեցին այն բանից հետո միայն, երբ հնարավոր դարձավ, այսպես կոչված՝ սողնակավոր արկղիկի ոգնությամբ իրականացնել գլանի ավտոմատ միացումը կաթսայի և սառնարանի հետ։

Գլանի կողային չերեսում բացվում է չերկու անցք՝ e և g (նկ. 119), որոնք չեղերով մտնում են գլանի մեջ։ Անցքերի արտաքին ծայրերը ծածկված են D տուփով, որի վրա կան եւ չերկու անցքեր. E-ն, որը տուփը միացնում է կաթսայի հետ և O-ն, որ տուփը միացնում է սառնարանի հետ։ Տուփի մեջ ձողի վրա, որը միացված է մխոցի հետ և նրա միջոցով շարժվում է, ընթացքի մեջ է մտնում S փոքրիկ տուփիկը, որը կոչվում է սողնակ։ Սողնակը միաժամանակ կարող է ծածկել միայն չերկու բացվածք՝ մեկը գլանի անցքերից, և մյուսը՝ սառնարանի խողովակը։ 119 նկարի I դիրքում շոգին կաթսայից e անցքով անցնում է գլանի վերին մասը, մինչդեռ գլանի ներքևի մասը g անցքի և սողնակի միջոցով միացած է սառնարանին։ Շնորհիվ այն հանգամանքի, որ շոգին, շփվելով սառնարանի հետ, ջերմաստիճանը ցածրանում է, նրա ճնշումը ներքևից—մխոցի վրա, փոքրանում է, քան վերևից և մխոցը ցած է իջնում։ Մխոցը ցած իջնելով, մեխանիզմի ոգնությամբ սող-

նակին դնում և հակադիր շարժման մեջ։ Յերբ մխոցը հասնում է մինչև ներքև, շոգու ճնշապարը g անցքից բացվում և դեպի գլանի ներսը (II դիրք), իսկ սողնակը e անցքի միջոցով գլանի վերին մասը միացնում է սառնարանի հետ։ Այժմ ճնշումը վերևից ավելի փոքր կլինի, քան ներքևից և մխոցը կսկսի բարձրանալ՝ իր շարժումով ցած իջեցնելով սողնակը։



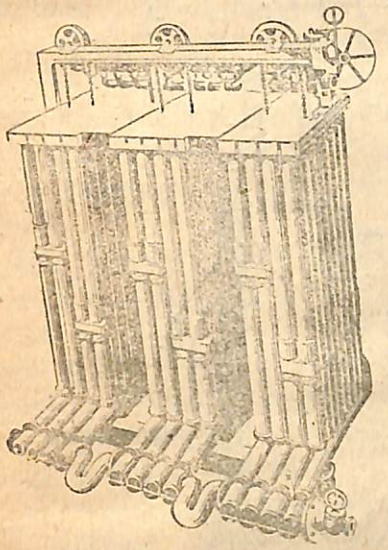
Նկ. 119. Շոգեգլանը մխոցով և սողնակավոր արկղիկով

Մխոցի վերին դիրքի պահին սողնակը դրավում է I դիրքը, և յերևույթը կկրկնվի նկարագրված հաջորդականությամբ. շոգու ճնշման ուժը մխոցին կշարժի համընթաց շարժումով մեկ մի ուղղությամբ, մեկ նրան հակառակ ուղղությամբ։

131. Սառցի տոգիմեխեցայի մեջ մցված կատարելագործություններ։ Վերը նկարագրած շոգեմեքենան, վորպես շարժիչ, կատարում է իր գերը, բայց շնորհիվ բազմաթիվ կորուստների, շատ փոքր ոգտակար գործողության գործակից ունի։ Այդ գործակիցը մեծացնելու նպատակով՝ նրա մեջ բազմաթիվ կա-

տարելագործություններ են մտցված, պահպանելով, սակայն, նրա կառուցվածքի հիմնական ս գրությունը։

1. Եկոնոմայզեր։ Ջրախողովակավոր կաթսայի մեջ, վորի շոգեարտադրողականությունը շատ բարձր է, ծխնելույզի մեջ դուրս յեկող գազերի ջերմաստիճանը դեռևս հասնում է մինչև 250°-ի, հետևաբար այդ գազերը տանում են իրենց հետ վորոշ քանակությամբ ջերմություն, վորն ապարդյուն կերպով ցրվում է ոդի մեջ։ Այդ ջերմությունն ոգտագործելու համար ներկայումս գազերը մխանգամից դուրս չեն թողնում ոդի մեջ, այլ անց են կացնում հատուկ խցի միջով, ուր գտնվում են թուջից կամ լերկաթից պատրաստված խողովակներ։ Այդ խողովակների միջով, պոմպի ոգնությամբ մղվում և կաթսան մտնող ջուրը։ Խողովակի մեջ ջուրը տաքանում է ի հաշիվ ներսային գազերի ջերմության և նրա ջերմաստիճանը բարձրանում է մինչև 100° և այսպես տաքացած վիճակում նա մղվում է կաթսայի մեջ, վորի շնորհիվ կաթսան տաքացնելիս վառելիքի խնայողություն է լինում։ Ծուխը, խողովակների հետ միասին վերցրած, կոչվում է եկոնոմայզեր։



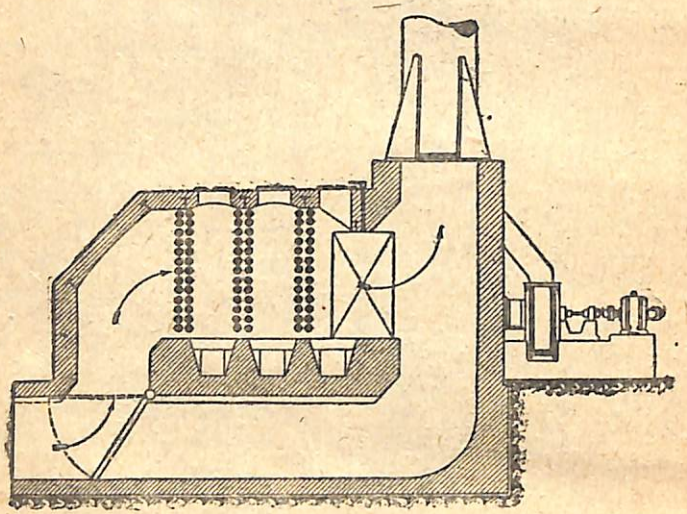
Նկ. 120. Եկոնոմայզեր։

Եկոնոմայզերի խողովակները ցույց են տրված 120-րդ նկարում, իսկ տաք գազերի հոսանքն այդ խողովակների շուրջը՝ 121-րդ նկարում։

Վառելիքի խնայողություն կարելի յե ձեռք բերել նաև այլ կերպ, ոգտագործելով հեռացող գազերի ջերմությունը, այսինքն՝ ջրի փոխարեն եկոնոմայզերի խողովակներում կարելի յե տաքացնել այն ոդը, վորը մղվում է հնոցի մեջ վառելանյու-

թերի այրումն ուժեղացնելու համար, դրա շնորհիվ բարձրանում և վառելանյութի այրման ջերմաստիճանը և նրա ջերմութ յունն ավելի լավ է օգտագործվում:

2. Դեռաջերմ շոգի: Հագեցած շոգին, որը շոգիացման ժամանակ իր հետ ջրի կաթիլներ է տանում և ջերմաստիճանի ամենափոքր անկման դեպքում մասամբ հեղուկ է դառնում, միշտ պարունակում է իր մեջ մինչև 20% ջուր (ըստ կշռի), որն իր վրա վառելանյութի ծախս է պահանջում, բայց աշխատանք չի կատարում: Այդ կորուստն առաջն առնելու համար հագեցած շոգին փոխարինում են գերաջերմ շոգիով:



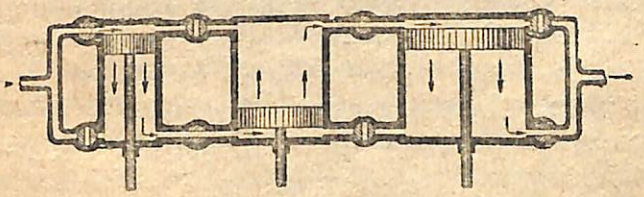
Նկ. 121. Եկոնոմայզեր խողովակների ջրհոսումը գազերով:

Գերաջերմ շոգին ստացվում է հագեցած շոգուց՝ նրա պարունակած ամբողջ ջուրը գոլորշիացնելով և ջերմաստիճանի հետագա բարձրացմամբ, ըստ որում, շոգու վիճակի փոփոխությունները տեղի չեն ունենում ըստ գազային վիճակի հավասարման: Սառելու ժամանակ գերաջերմ շոգին միանգամից հեղուկ չի դառնում, այլ նախ ստիպ է իր ջերմութ յունը: Բացի դրանից, նա ավելի թեթև է, քան հագեցած շոգին, ուստի միևնույն գլանի ծավալը լցնելու համար պահանջվում է ավելի քիչ կշռով գերաջերմ շոգի:

3. Շոգու ընդարձակումը: Ցեթե շոգու մուտքը գլանի մեջ, առղնակավոր տուփիկից, դադարեցնենք ավելի շուտ, քան մխոցը հասած կլինի իր սահմանային դիրքին, այնուամենայնիվ շոգին ի հաշիվ իր ընդարձակման կշարունակի շարժել մխոցը: Ընդարձակման պրոցեսում նրա ճնշումն աստիճանաբար կնվազի և մխոցի շարժման արագութ յունը կփոքրանա (բայց այդ ժամանակամիջոցում թափանիվը կտա նախորոք կուտակած իր եներ գիան և արագութ յունը կպահպանվի անփոփոխ): Մխոցի հակառակ ընթացքի ժամանակ բանած «տրորած շոգին» ավելի փոքր ճնշման տակ և փոքր քանակութ յամբ կդնա դեպի սառնարանը և համապատասխան չափով կփոքրանա ջերմութ յան այն քանակը, որը մեքենայի համար անօգուտ կերպով տրվում է սառնարանին:

Այս կատարելագործութ յունը, որը մտցված է Ուատտի կողմից 1782 թվին, կոչվում է շոգու ընդարձակում: Շոգու հոսանքի դադարեցումը, նախքան մխոցի քայլն ավարտելը, կոչվում է շոգու ընդհատում: Ընդհատման համար սողնակը պետք է համապատասխան կառուցվածք ունենա, որպեսզի շոգու անցքերը կարողանա փակել ավելի շուտ, քան մխոցը կհասնի իր մեռյալ կետին:

4. Բազմապատիկ ընդարձակում: Ջեռնոցու յե, որը շոգու ջերմաստիճանի անկումը՝ կաթսայի ջերմաստիճանից մինչև



Նկ. 122. Ճեռակի ընդարձակման մեքենայի սխեման:

սառնարանի ջերմաստիճանը՝ տեղի ունենա մոտ թե մի անդամից, այլ թռիչքներով, անցնելով մի շարք գլանների միջով, որոնց մեջ նրա ճնշումն աստիճանաբար ընկնում է: Ցեթե մխոցի հակա-

ռակ քայլի ժամանակ բռնած շոգին (մոլի ջերմաստիճանը 90°-ից ոչ պակաս չերմաստիճանից, բայց բարձր՝ սառնարանի ջերմաստիճանից), նախ մտնում է յերկրորդ գլանի մեջ, շարժում է նրա մխոցը և միայն յերկրորդ գլանից անցնում է սառնարանը, ապա այդ մեքենան կոչվում է կրկնակի ընդարձակման մեքենա կամ կոմպաունդ, իսկ յերեք, չորս գլան ունեցող մեքենան կոչվում է յեռակի, քառակի ընդարձակման մեքենա (նկ. 122):

Վանի մոլ. ամեն անգամ ընդարձակվելիս շոգու ճնշումը փոքրանում է, ուստի, մոլորեղի շոգին նույն արագությամբ շարժի բոլոր մխոցները, հաջորդ մխոցների մակերեսները պատրաստում են այնքան անգամ մեծ, մոլքան անգամ փոքր է նրանց վրայի ճնշումը:

135. Շոգեմեքենայի ինդիկատորային դիագրամը: Շոգեմեքենայի մեջ բռնող մարմին և հանդիսանում ջրային գոլորշին: Վորոշակի քանակությամբ գոլորշի բարձր ճնշման տակ կաթսայից մտնում է գլանի մեջ, մխինոլորտի նկատմամբ իր ունեցած ճնշման հավելումով նա շարժման մեջ է դնում մխոցը, գրավելով գլանի ստանձնարար մեծացող ծավալը, մոլի շնորհիվ նրա ճնշումն ընկնում է: Յեկեք հնարավոր լիներ հաշվել շոգու այս վիճակի փոփոխության համար P ճնշման և V ծավալի առնչությունը ու մոլշակի մասշտաբով կառուցել գրաֆիկը, ապա գրաֆիկի ոգնությամբ կարելի կլիներ հաշվել շոգու ընդարձակման դեպքում կատարված աշխատանքի մեծությունը:

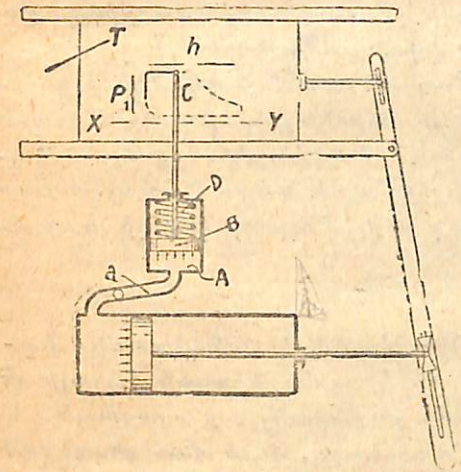
Բռնած գոլորշին մխոցի հակառակ քայլի սկզբին միացվում է սառնարանի հետ, նրա ճնշումն ընկնում է, և նրա վրա ընկած այս նվազող ճնշման դեպքում կատարվում է սեղմման աշխատանք: Մխոցի հակառակ քայլի դեպքում, ճնշման և ծավալի առնչությունն արտահայտող գրաֆիկը թույլ կտար հաշվելու շոգու սեղմման աշխատանքը:

Պարբերության ավարտման դեպքում (այսինքն՝ մխոցի շարժումը ուղիղ և հակառակ ուղությամբ) գլանի նույն խոռոչը նորից հաղորդակցվում է շոգեկաթսայի հետ և վերականգնվում են գոլորշու սկզբնական ճնշման և ծավալի արժեքները:

Այն պրոցեսը, մոլի դեպքում մարմնի վերջնական վիճակը

պարբերարար համընկնում է սկզբնական վիճակի հետ, կոչվում է շրջանային կամ ցիկլային պրոցես: Շոգեմեքենայի մեջ գոլորշու վիճակի փոփոխությունը մի պարբերության ընթացքում կոչվում է ցիկլային պրոցես:

Ճնշման և ծավալի առնչությունն արտահայտող գրաֆիկը ցիկլային պրոցեսների դեպքում իրենից ներկայացնում է փակ կոր: Այդ փակ կորով սահմանափակված մակերեսը բնապես հավասար է շոգու ընդարձակման դեպքում կատարված և շոգին սեղմելու վրա ծախսված աշխատանքների տարբերությանը, այսինքն՝ հավասար է պարբերության ժամանակ միջոցում շոգու կատարած աշխատանքին:



Նկ. 123. Ուատտի ինդիկատորի կառուցվածքը և գործողությունը

Վերևում դրված նպատակի իրականացման համար դեռևս Ուատտը կառուցեց մի գործիք, մոլն ավտոմատ կերպով գծագրեց մի ցիկլի ընթացքում ծավալի և ճնշման առնչության կորը:

Այդ գործիքը կոչվում է ինդիկատոր, իսկ նրա գծած փակ կորը՝ ինդիկատորային դիագրամ:

Ինդիկատորն իրենից ներկայացնում է փոքրիկ A գլանը B մխոցով (նկ. 123): A գլանի ստորմխոցային մասը միանում է շոգեգլանի մի կողմի հետ a խողովակով: Խողովակն ուժված է ծորակով, մոլը կարող է միացնել կամ անջատել յերկու գլանների խոռոչները: Ինդիկատորային գլանի մխոցը իր շարժման ընթացքում վերևից հենվում է D զսպանակի վրա: Այս մխոցի ձողը, մոլը գուրս է գալիս գլանից, իր ծայրում ունի C մատիտը, մոլով գծագրում է շարժական տախտակի վրա:

Գծագրատախտակը լծակների ոգնությամբ մտնում է հետադարձ ուղղագիծ շարժման մեջ շոգիգլանի մխոցակալից:

Ցերը շոգին բաց է թողնվում դեպի շոգեպլան, նա a խողովակի բաց ծորակով հոսում է ինդիկատորային գլանի մեջ և զսպանակը տեղմելով՝ բարձրացնում է մխոցը։ Շոգու առաջացած ճնշման յուրաքանչյուր արժեքին համապատասխանում է զսպանակի տեղմվածության վրևև աստիճան, և, հետևապես, մատիտի ծայրի վրոշակի տեղափոխություն՝ շարժվող գծագրատախտակի (планшетка) վրայով։ Մեքենայի աշխատանքի ընթացքում գծագրի վրա ստացվում է մի փակ կոր։

Ցերը a ծորակը փակենք, մատիտը կգծի մի ուղիղ գիծ, վորը համապատասխանում է մթնոլորտային ճնշմանը։

Ինչպես ոգտվել այդպիսի դիագրամայից՝ մի ցիկլի ընթացքում շոգու աշխատանքը վորոշելու համար։

Ամենից առաջ պետք է ճշտորեն որամաչափված լինի ինդիկատորի զսպանակն այնպես, վոր հայտնի լինի, թե վոր ճնշմանն է համապատասխանում զսպանակի 1 մմ տեղմվածքը և, հետևապես, մատիտի 1 մմ տեղափոխությունը։ Այն ժամանակ որդինատների առանցքի յերկարությամբ (միլիմետրով) կարելի յե ստանալ ճնշում $\frac{кГ}{см^2}$։

Ցերկրորդ, պետք է դիտենալ լծակների փոխանցումը, վորպեսզի կարելի լինի հաշվել, թե ինչպիսի իրական ծավալի յե համապատասխանում դիագրամի յուրաքանչյուր աբսցիսան։

Ցերը արդեն գրված և մասշտաբը, վորի վրա գծագրված են աբսցիսներն ու որդինատները, կարելի յե միլիմետրերի բաժանված թղթի, կամ չափող գործիքի՝ հարթաչափի ոգնությամբ չափել փակ կորով յերկրաչափված մակերեսը։

Ինդիկատորային դիագրամով սահմանափակված փակ կորի մակերեսի թվական արժեքը տալիս է շոգեմեքենայում շոգու կատարած աշխատանքի միավորները մեկ պարբերության ընթացքում։ (Համաձայն ընդունած մասշտաբի)։

Դիտելով դիագրաման՝ կարելի յե տեսնել, վոր վերին գիծը, վորը դուգահեռ է աբսցիսների առանցքին, համապատասխանում է աշխատանքի այն մասին, յերբ գլանը հաղորդակցում է կաթսայի հետ, շոգու ճնշումն այստեղ հաստատուն է։ Այնուհետև տեսում է նկատում շոգու ընդհատում—ընդհատվում է շոգու մատակարարումը կաթսայից, և շոգու ճնշումն ընդարձակման ժամանակ ընկնում է։ Կորի ուղղաձիգ ճյուղը համապատասխանում է այն մոմենտին, յերբ գլանը միանում է սառեցարանի հետ և ճնշումն ընկնում է սառեցարանի ջերմաստիճանին համապատասխան չափով։

Ստորին հորիզոնական ճյուղը ցույց է տալիս գազի տեղմվածությունը սառեցարանի ջերմաստիճանին համապատասխանող ճնշման տակ։ Ձախ կողմի ուղղաձիգ ճյուղը ցույց է տալիս ճնշման բարձրացումը—կաթսան գլանի հետ միանալու ժամանակ, մխոցի սահմանային դիրքում։

Ներկայումս պատրաստվում են ուրիշ ավելի կատարելագործված սխեմի ինդիկատորներ։

136. Շոգեմեքենայի ոգտակար գործողության գործակիցը։ Շոգեմեքենան ինքը կաթսայի շոգու հետ ստացվող ջերմության Q քանակությունից Q_1-ը պետք է տա սառնարանին, ուր անցնում է բանած, տրորված գոլորշին, տանելով իր հետ ջերմությունը։

Շոգեմեքենայի կողմից ոգտագործված ջերմության և շոգու պարունակած ամբողջ ջերմության

$$\eta_m = \frac{Q - Q_1}{Q} \qquad \text{(XVII)}$$

հարաբերությունը կոչվում է շոգեմեքենայի ոգտակար գործողության գործակից՝ (կոեֆիցիենտ)։

Իդեալական դեպքում, յերեք հնարավոր լիներ կառուցել այնպիսի մեքենա, վորը խիստ կերպով բավարարեր բոլոր տեսական պահանջները, ապա ոգտակար գործողության գործակիցը կարտահայտվեր այսպես՝

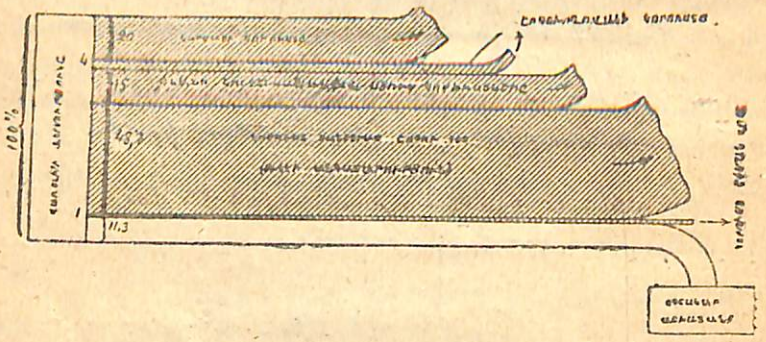
$$\eta_m = \frac{T - T_1}{T} \qquad \text{(XVIII)}$$

վորտեղ T-ն տաքացնող ոջախի բացարձակ ջերմաստիճանն է, իսկ T_1-ը՝ սառնարանի բացարձակ ջերմաստիճանը։

Վորքան մեծ լինի ջերմատարհաննների տարբերությունը, այնքան մեծ քանակությամբ ջերմային էներգիա կփոխարկվի մեխանիկական աշխատանքի։

Յեթե կաթսայի մեջ շոգու ջերմաստիճանը հավասար է 150° C-ի (T=423°), իսկ սառնարանի ջերմաստիճանը՝ T_1=273°-ի, ապա իդեալական մեքենայի $\eta=35^0/_0$։ Իսկ յեթե սառնարանի ջերմաստիճանը բարձրանա մինչև T=333°, այն ժամանակ $\eta=21^0/_0$։

Ժամանակակից կաթսաների մեջ աշխատում են բարձրացնել շոգու ջերմաստիճանը, վորովհետև յեռացման ջերմաստիճանը



124. Շոգեուժային տարվածքի ջերմային բալանսի դիագրաման

բարձրանում է ճնշման աճման հետ, ապա ներկայումս կաթսատարածական տեխնիկայի առաջ խնդիր է դրված կառուցել այնպիսի կաթսաներ, վորոնք կարողանան դիմանալ շատ մեծ, անգամ 100 մթնոլորտից բարձր ճնշումների։

Այժմ մխոցի ստացած ամբողջ աշխատանքը գեռ լրիվ չափով չի վերածվում լիսեռի համար ոգտակար աշխատանքի, նրա մի մասը ծախսվում է մխոցի, մխոցակոթի, սահուկի, մեղմիչ, լիսեռի ու առնակալի և մեքենայի ուրիշ մասերի շփումը հաղթահարելու վրա։ Այդ կորուստների մեծությունը կախում ունի մեքենայի շարժական մասերի մշակման վորակից և այն բանից, թե վորքան խնամքով են նրանք հավաքված։ Գործադրած ներդիայի և շարժիչի ստացված ամբողջ եներգիայի. քանակի հարաբերությունը կոչվում է մեքենայի տնտեսական ոգտակար գործողության գործակից։

Շոգեմեքենայի լիսեռի (вал) հզորությունը կոչվում է էֆեկտիվ հզորություն։

Ինդիկատորային դիագրամայի վրա հաշված հզորությունը կոչվում է ինդիկատորային հզորություն։

Մեքենայի էֆեկտիվ հզորության հարաբերությունը ինդիկատորային հզորությանը՝ կոչվում է մեխանիկական ոգտակար գործողության գործակից։

124-րդ նկարում տրված է առանձին կաթսա և շոգեհաղորդ տարքավորում ունեցող շոգեմեքենայի հաշվեկշռի գրաֆիկ պատկերացումը։

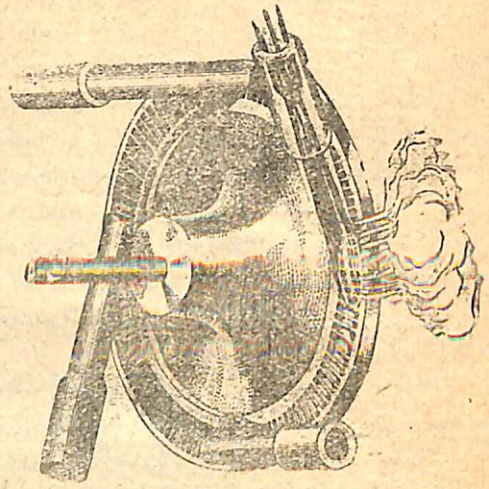
Անշարժ շոգեմեքենայի ոգտակար գործողության գործակիցը հասնում է $12—15^0/_0$-ի, շարժականներինը՝ $6—8^0/_0$-ի։

137. Շոգետուրբինները։ Բանի վոր շոգեմեքենաների մեջ լիսեռի մի պտույտի ընթացքում մխոցի համընթաց շարժման արագությունը յերկու անգամ հավասարվում է զերոյի, այս պատճառով մեկ րոպեում շոգեմեքենաների լիսեռների շատ մեծ պտույտներ ստանալ չի կարելի, մի բան, վոր անհրաժեշտ է բազմաթիվ ուրիշ մեքենա-գործիքների աշխատանքի համար։ Ուստի տեխնիկայում շոգեմեքենաների հետ հավասարապես գործ են ածվում այն շոգետուրբինները, վորոնք մեծ պտույտներ կարող են տալ ժամանակի մի փավորի ընթացքում։

Շոգետուրբիններն ոգտագործում են շոգու կինետիկ եներգիան։ Յեթե շոգին կաթսայից բաց թողնենք ատմոսֆերի կամ ուղղակի մթնոլորտի մեջ, ապա նա դուրս կհոսի մեծ արագությամբ։ Յերբ մեծ արագությամբ շարժվող այդ շոգին հանդիպում է անիվի թիակներին (նկ. 125), ապա նրա կինետիկ եներգիան վեր է ածվում անիվի և նրան միացած լիսեռի պտտման մեխանիկական եներգիայի։ Շոգու ճնշման տակ պտտվող անիվը հանդիսանում է հենց շոգետուրբինի հիմքը։ Այնպիսի մեքենայի մեջ, ուր միայն պտտական շարժում է տեղի ունենում, պտտման արագությունը կարող է շատ մեծ չափերի հասնել։

Շոգետուրբինների ջերմային ոգտակար գործողության գործակիցը մոտավորապես նույնն է, ինչ վոր շոգեմեքենաներինը,

միայն տուրբինների մեջ ներգիայի ավելի փոքր մասն է ծախսվում շփման հաղթահարման վրա, վորովհետև բացակայում է սահելու շփումը, վոր առաջանում է համընթաց շարժման ժամանակ։



Նկ. 125. Գոլորշու ներթողը շոզետուրբինի մեջ։

Տուրբինները իրենց ժամանակակից տեսքով հնարված են XIX դարի ութսունական թվականներին. նրանց սկզբունքները հայտնի չեն յեղել դեռևս հին ժամանակներում։

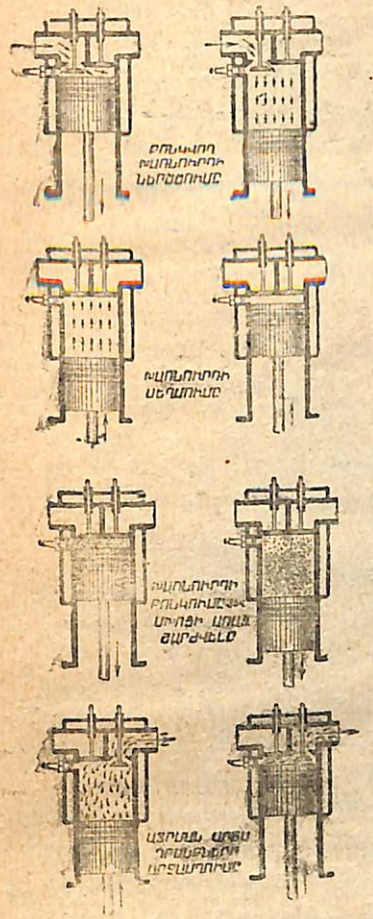
138. Ներքին այրման շարժիչներ։ Շոգեշարժ մեքենաների հնացում և կաթսայում կորչում է ներգիայի մոտ 30%։ Այդ կորուստը վերացնելու համար առաջարկվեց վառելանյութն այրել մեքենայի գլանի մեջ։ Այն շարժիչները, վորոնց մեջ վառելանյութի այրումը կատարվում է անմիջականորեն գլանի մեջ, կոչվում են ներքին այրման շարժիչներ։

Ամենից շատ տարածված ներքին այրման շարժիչներն են Ոտտոյինը (1861 թ.) գազանման վառելանյութով և Դիզելինը (1897 թ.) հեղուկ վառելանյութով։

Ոտտոյի շարժիչի սկզբունքն ամենից ավելի լավ կարելի է հասկանալ քննելով քառատակտ շարժիչի գործողությունը (նկ. 126)։ Նկարի ձախ կեսը տալիս է տակտերի սկզբի պատկերը, իսկ աջ կեսը՝ տակտերի վերջում յեղած պատկերը։

Առաջին տակտն այն է, վոր մխոցն արտաքին ուժերով բարձրանում է վեր, վորի հետևանքով մխոցի տակ ողը նոսրացում է տեղծվում և այրվող խառնուրդը կափարիչի միջով ներծծվում է գլանի մեջ։

Յերկրորդ տակտի ընթացքում, դարձյալ արտաքին ուժով, մխոցը ներս է հրվում գլանի մեջ, խառնուրդը սեղմվում է և սեղմվելուց տաքանում (սեղմման սկզբում $t=125°$, վերջում՝ 600°)



Նկ. 126. Ներքին այրման շարժիչի չորս տակտերը։ Ձախ սյունը համապատասխանում է տակտի սկզբին, աջը՝ նրա վերջին։

Յերկրորդ տակտի վերջում էլեկտրական մեքենայից ուղղված կայծից խառնուրդը բռնկում է, և նրա ջերմաստիճանը բարձրանում է մինչև 1500°։ Գազի ջերմաստիճանի բարձրացման հետ մեծանում է և ճնշումը, վորի ազդեցության տակ մխոցը հետ է հրվում և մեղեխային մեխանիզմի ոգնությամբ պատճառում է լիսեռը։ Մխոցի այս շարժումը կազմում է յերրորդ տակտը, վորը և հանդիսանում է միակ «աշխատանքային» տակտը։

Այնուհետև լիսեռը իներցիայով շարունակելով իր պտտությունը՝ մխոցը հետ է վերադարձնում և դուրս մղում այրման արտադրանքները գլանի միջից (չորրորդ տակտ)։

Հետագայում արդեն լիսեռի պտտման իներցիան առաջ է բերում հաջորդ առաջին և յերկրորդ տակտերը և մեքենան ընկերում է աշխատել։

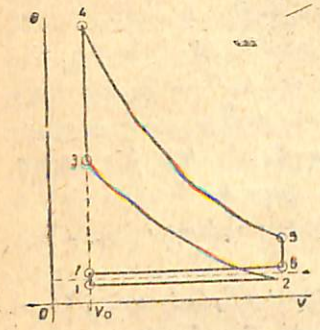
Ոտտոյի շարժիչի ոգտակար գործողության գործակիցը հավասար է 25—28%-ի։

Դիզելի շարժիչն աշխատում է հեղուկ վառելանյութով՝ նավթով և ծանր յուղերով։ Յերրորդ տակտի ընթացքում փոշեցած հեղուկ վառելանյութը ներս է

ծծվում տաք ոդի մեջ, ուր ոդի բարձր ջերմաստիճանի շնորհիվ անմիջապես բոցավառվում է Դիզելի շարժիչի ջերմային ոդտակար գործողության գործակիցն ավելի բարձր է, քան բոլոր միացած ջերմային շարժիչներինը։

Ներքին այրման շարժիչների ջերմային ոդտակար գործողության գործակիցը հասնում է մինչև 35%-ի։

Բարձր ոդտակար գործողության գործակից ունենալուց բացի, շոգեմեքենաների հետ համեմատած, ներքին այրման շարժիչներն ունեն նաև հետևյալ առավելությունները. քիչ տեղ



Նկ. 127. Ոտտոյի շարժիչի ֆեդերալային դիագրամի սխեման



Նկ. 128. Ոտտոյի շարժիչի ռեալ ինդիկատորային դիագրամը

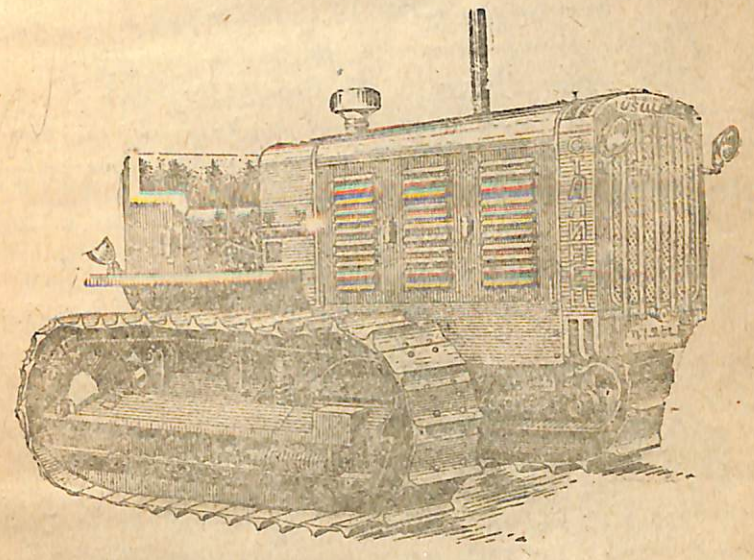
են բռնում, արագ են գործարկվում և ավելի անվտանգ են։ Ոտտոյի շարժիչի ինդիկատորային դիագրամը և իրական ինդիկատորային դիագրամը տրված են 127 և 128 նկարներում։

139. Ներքին այրման շարժիչների կիրառության ոլորտները։ Շնորհիվ իրենց առավելությունների և ոդտակար գործողության բարձր գործակցի՝ ներքին այրման շարժիչները լայն կիրառություն են գտնում ֆաբրիկա-գործարանային ուժակայաններում՝ դուրս մղելով այնտեղից շոգեմեքենաները։

Այդ շարժիչների մեջ յուրաքանչյուր ձիաուժին բաժին ընկնող փոքր կշիռը և արագ գործարկման հնարավորությունը (առանց նախորոք կաթսա տաքացնելու անհրաժեշտության, որ հատուկ է շոգեմեքենաներին) անփոխարինելի են դարձնում այդ մեքենաները թեթև նավերի, արագընթաց ռազմանավերի

և մանավանդ սուզանավերի համար։ Սակայն դույություն ունեն նաև ավիանոսային նավեր, շատ մեծ հզորությամբ, որոնք նույնպես Դիզելի շարժիչներով են աշխատում (ջերմանավերը)։

Ներքին այրման շարժիչները, որպես քաշող ուժ, մեծ են գտնում նաև յերկաթուղիներում։ Այն հանգամանքը, որ կանգ առած ժամանակ մեքենայի աշխատանքը կարելի է դարեցնել, մեծ չափով խնայողական է դարձնում ջերմաքարշերը շոգեքարշի համեմատությամբ, որի կանգ առած ժամանակ նույնպես պետք է շարունակել կաթսայի տաքացումը։ Ջերմա-



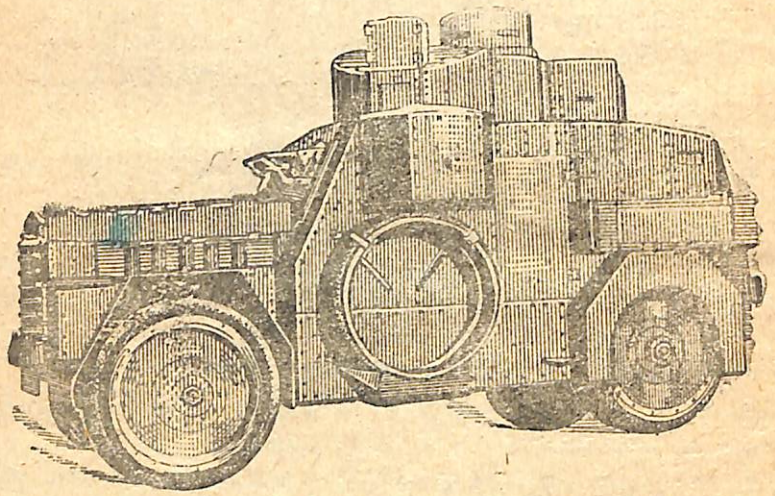
Նկ. 129. Թրթռատրակտոր տրակտոր

քարշերին մեծ առավելություն և տալիս այն հանգամանքը, որ նրանց աշխատանքի համար ջուր չի պահանջվում, դրա հետևանքով նրանք առանձնապես արժեքավոր են մեր Միության ջրազուրկ վայրերում։

Կատուցելով ներքին այրման այնպիսի շարժիչներ, որոնց յուրաքանչյուր ձիաուժ հզորությանն ընկնում է 1 կգ քաշ, և որոնց լիսեռը 1 րոպեում կատարում է 1500—2000 պտույտ, հնարավոր դարձավ լուծել ոդանավերի ու դիրիժաբլների կառուցման հարցերը։

Մեր յերկրի ծայրամասերը կենտրոնից բաժանող հեռավորության տարածությունները, լեռները, տայգաները, տունդրաները ու անապատները վրայով հաղորդակցության դժվարությունները վերացնելու համար Միության մեջ ոդային հաղորդակցությունը անտեսական ու քաղաքական հսկայական նշանակություն ունի։

Ներքին այրման շարժիչների կիրառությունն ավտոմոբիլների մեջ առաջնակարգ, կարևորագույն խնդիր է դարձնում մեր յերկրում անուղիս տրանսպորտի զարգացումը։ Անուղիս տրանսպորտի նշանակության մասին կարելի յե դատել այն բանից, որ առաջին հնգամյակի գործարան-գիգանտների շարքը մտցվեցին և յերրորդ վճռական տարվա վերջում գործարկվեցին այնպիսի գիգանտներ, ինչպիսիք են Ստալինի անվան Մոսկվայի ավտոգործարանը, որն արտադրում է բեռնատար ու մարդատար ավտոմեքենաներ (ЗИС) և ավտոբուսների մոտոռներ, ու Գորկիի քաղաքի ավտոմոբիլային գործարանը։



Նկ. 130. Զրահապատ ավտոմոբիլ

Վերջապես ներքին այրման շարժիչի գործարկումով հնարավոր դարձավ տրակտորի կառուցումը, որը կիրառվում է գյուղատնտեսության մեջ, վարելահողերման գործում և ուրիշ

ձեռնարկություններում։ Տրակտորի կիրառությունը գյուղատնտեսության մեջ ապահովում է քաղաքական և տնտեսական վիթխարի նշանակություն ունեցող այն խնդրի լուծումը, ինչպիսին է գյուղատնտեսության մեքենայացումը և մեքենայացման ու կոլեկտիվացման հիման վրա՝ գյուղատնտեսության սոցիալիստական վերակառուցումը, որի վերջնական նպատակն է վերացնել քաղաքի և գյուղի միջև յեղած տարբերությունը։

Թրթուրային ընթացքի կիրառությունը տրակտորի մեջ (նկ. 129) ապահովում է նրա տեղափոխությունն անհարթ մակերևույթների և փխրուն հողի վրայով։

Ռազմական գործում ներքին այրման շարժիչները, բացի ռազմանավերից, լայն կիրառություն են գտնում և այլ բնագավառներում։ Մի կողմից ժամանակակից հրետանին և ուրիշ հատուկ մասեր զգալի չափով մեքենայացված են՝ ձիու ուժը փոխարինվում է տրակտորով։ Մյուս կողմից՝ ինքնաշարժ փոխադրամիջոցները գառնում են մարտական միավորներ՝ զրահապատ ավտոմոբիլներ (նկ. 130) և տանկեր։

Տանկը զրահապատ և զինված մի մեքենա յե, որը աչքի յե ընկնում իր ամենուր շարժունակությամբ և կտրված տեղերով անցնելու ընդունակությամբ։

Տանկերը գործադրվում են թշնամանների վրա գրոհելու, թշնացանցապատումները քարուքանդ անելու և մարտական այլ գործողությունների համար։

Վերջապես հրաձիգ զենքերը հարմարեցվում են հենց ներքին այրման շարժիչներին։

Վարժություն 13.

1. Կրկնակի գործողության շոգեմեքենայի մեջ գոլորշու միջին ճնշումը հավասար է 2,175 $\frac{\text{կգ}}{\text{սմ}^2}$ (կարելի յե ընդունել հավասար 2-ի)։ Մխոցի տրամագիծը՝ D=49 սմ, մխոցակոթի տրամագիծը՝ D_1=6,5 սմ։ Մխոցի քայլը՝ L=100 սմ։ Մեխանիկական ոգտակար գործողության գործակիցը՝ η=0,85։ Գտնել մեքենայի հզորությունը՝ N, յերբ մեքենայի պտույտաթիվը 1 րոպեում հավասար է 150-ի։

Պատ. 238 ձիաուժ։

2. Մեկ ժամում շոգեկաթսայի հնոցի մեջ լրիվ քանակությամբ նավթ հարկավոր կլինի այրել 800 կգ ղեքտառաք գոլորշի սառնալու համար, վորն ունենա 12 մթնոլորտ ճնշում և 280° ջերմաստիճան, յերբ կաթսան մուտքող

Ջրի ջերմաստիճանը հավասար է 25°-ի, յուղման ջերմաստիճանը 12 մթնոլորտ ճնշման տակ 186,9°-ի, յուղման խազնված ջերմությունը այդ ճնշման տակ հավասար է 478,2-ի, վերջապես գոլորշու տեսակարար ջերմունակությունը՝ 0,5-ի, նավթի ջերմարար ունակությունը՝ 10000-ի, իսկ կաթսայի ոգտակար գործողության գործակիցը՝ 0,75-ի։ Պատ.≃75 կԳ։

3. Հաշվեցնք 1800 մմ տրամագիծ և 7500 մմ յերկարություն ունեցող գլանաձև կաթսայի տաքացման մակերևույթը, յեթե այրման արտադրանքները կաթսան տաքացնում են վոչ միայն արտաքուստ, այլև անցնում են նրա ներսից մի կիսախողովակով, վորի տրամագիծը հավասար է 1050 մմ-ի։ Կաթսայի ջուրը տաքացնելուն մասնակցում են նրա կողային մակերևույթի 0,5 մասը և կիզախողովակի մակերևույթի 0,9 մասը (ընչու վոչ ամբողջ մակերևույթը) [1]։ Պատ. 43,4 մ²

4. Մարշատար գնացքի վրա կատարած փորձերը, վորն աշխատում է գոլորշու 12 մթնոլորտային ճնշման տակ 380° ջերմության դեպքում, 1 ժամում յուրաքանչյուր ձիաուժի վրա ծախսվում է 12,5 կգ գոլորշի։ Վորոշել շոգեքարշի լրիվ ոգտակար գործողության գործակիցը (տվյալները փոխ վերցնել նախորդ խնդրից)։

5. Ի՞նչ հզորության մխալան շոգեմեքենայի կարող է տեղադրել այն կաթսան, վորի տրամագիծն է 2200 մմ, յերկարությունը՝ 8500 մմ, յեթե նրա միջով անցնող կիզախողովակի տրամագիծն է 885 մմ և յեթե մեքենան 1 ժամում 1 ձիաուժի վրա ծախսում է 11,1 կգ գոլորշի, իսկ կաթսայի տեսակարար գոլորշիարտադրողականությունն է $20 \frac{\text{կգ}}{\text{մ}^2 \cdot \text{ժամ}}$։

Պատ.≃70 ձիաուժ։

6. Ի՞նչի յե հավասար նավթի գոլորշիարտադրողականությունը, չափված գոլորշու կիլոգրամների այն քանակով, վորն ոտացվում է 1 կիլոգրամ վառելանյութի այրումից, յեթե կաթսայի ոգտակար գործողության գործակիցը հավասար է 70%, յեթե նա տալիս և հաղորդում գոլորշի 12 մթնոլորտ ճնշման տակ (ձեռացած ավյալները նախորդ խնդիրներից)։ Պատ. 10,7։

7. 1 ձիաուժ ժամում հետևյալ քանակությամբ ածուխ են պահանջվում[2]։

1820 թ.—12 կԳ	1880 թ.—1,4 կԳ
1830 » — 5 »	1900 » —1,2 »
1840 » —2,5 »	1920 » —0,9 »
1860 » — 2 »	1925 » - 0,57 »

Հաշվեցնք, թե ինչպես և ածում շոգեմեքենաների ոգտակար գործողության գործակիցը՝ նրանց կատարելագործմանը զուգընթաց։

8. Գտնք 1902 թ. տիպի 76 մմ-ոց թնդանոթի ոգտակար գործողության գործակիցը, յեթե արկի կշիռը հավասար է 6,5 կԳ-մի, սկզբնական արագությունը՝ $588 \frac{\text{մ}}{\text{վայր}}$-ի վառոդի լիցքը՝ 0,88 կԳ-ի Պատ.≃34%։

9. Գտնք հրացանի ոգտակար գործողության գործակիցը, յեթե գնդակի կշիռը հավասար է 9,6 գ-ի, թռիչքի արագությունը՝ $880 \frac{\text{մ}}{\text{վայր}}$-ի, վառոդի լիցքը՝ 3,2 գ-ի, իսկ վառոդի ջերմարար ունակությունը՝ 900-ի։ Պատ. 31%։

10. Վորոշել հրացանի և 76 մմ-ոց թնդանոթի հզորությունը նախորդ խնդիրներից, յեթե առաջինի կրակման տեղությունն է 1,680 վայրկյան, իսկ յերկրորդինը 0,01 վայրկ։

ՀԱՐՑԵՐ

1. Գոլորշիով աշխատող ինչ տիպի մեքենաներ գոյություն ունեն։
2. Ի՞նչպես և կատարվում հնոցը շոգեմեքենաների մեջ։ Ջերմության ինչպիսի կորուստներ են տեղի ունենում հնոցի մեջ։
3. Ի՞նչ կազմություն և տեսակներ ունեն կաթսաները։
4. Ի՞նչպես և աշխատում սողնակավոր մխոցային շոգեմեքենան։
5. Ի՞նչ ուղղություններով և ընթացել շոգեմեքենաների կատարելագործությունը։
6. Վիճակային դրաֆիկայի միջոցով ինչպես կարելի յե չափել շոգեքաշմանի աշխատանքը։
7. Ի՞նչպես և ստացվում և ինչ նշանակություն ունի ինդիկատորային դիագրամը։
8. Ի՞նչի վրա յե հիմնված շոգետուրբինի կատարվածքը։
9. Վորո՞նք են շոգեմեքենաների ջերմային, տնտեսական և մեխանիկական ոգտակար գործողության գործակիցները։
10. Ի՞նչը գրգռապատճառ հանդիսացավ ներքին այրման շարժիչների գյուտի համար։
11. Ի՞նչ սկզբունքի վրա յե հիմնված ներքին այրման շարժիչների կատարվածքը։

Գրականութիւն: Каменщиков, Паровые машины, паровые турбины к двигатели внутреннего сгорания. Лопатин, Победа пара. Питман, Завоевание огня. Бажин, Паровоз. Васильев, Дюрнбаум. Столетие первого пассажирского поезда. Бизюкин, На железнодорожной станции. Вейс, Двигатели внутреннего сгорания. Сотников, Моторволшебник. Лукашевич, Как устроен автомобиль. Кузнецов, Современный самолет. Джибсон, Великие изобретения. Доминик, В волшебном мире техники. Рымкевич, Гиганты техники. Рымкевич,

[1] № 1—3 խնդիրները փոխ են առնված Լ. Ցն. Լևինսոնի (Машиноведение» գրքից։

[2] Լևմմել „Социальная физика“ էջ 40։

Труд и техника. Бонд, Герои техники. Силы природы, изд. „Сеятель“; под ред. Петровского. Гюнтер Ганс, Технические мечтания. Григорьев, Паровоз. Лебединский, Элементарное учение об энергии. Леман, Энергия и энтропия. Милонов, Как создавались современные машины. Мостицкий, Машина в колхозе.

Критические
фонкюр
фонкюр

Критик

Государственная республиканская библиотека Наркомпроса АрмССР им. Ш. А. Мясникяна г. Ереван

Աղյուսակ 1

Պարզ մարմինների ջերմային հատկություններ

Մարմիններ	Ջերմահաղորդականության գործակիցը կալորիա/սմ վրկ աստ	Տեսակարար ջերմունակությունը կալորիա/գ աստ	Հալման ջերմաստիճանը °C	Եռման ջերմաստիճանը °C	Գծային ընդարձակության գործակիցը 1/աստ
Ալյումինիում	0,000024	0,21	658	80	18·0
Վոլֆրամ	0,000004	—	3000	—	—
Ցինկ	0,000012	0,11	1520	49	2450
Երկաթ	0,000011	0,11	1300—1400	—	—
Պղպատ	0,000014	0,03	1064	16	—
Նոսկի	0,000019	0,09	մոտ 900	—	—
Արույր	0,000017	0,19	1084	42	2300
Պղինձ	0,000013	0,11	1452	60—70	—
Նիկել	0,000023	0,06	232	14	—
Անագ	0,000009	0,03	1764	27	—
Պլատին	0,000029	0,03	327	5	—
Կապար	0,000019	0,05	961	24	—
Արծաթ	0,000029	0,094	419	28	—
Ցինկ	0,000009	0,19	800—1400	—	—
Ապակի	—	0,5	0	80	—
Ստեարին	—	—	54	35	800
Պարաֆին	—	—	80	36	218
Նավթալին					

Աղյուսակ 2

Հեղուկների ջերմային հատկություններ

Մարմիններ	Ջերմահաղորդականության գործակիցը կալորիա/սմ վրկ աստ	Տեսակարար ջերմունակությունը կալորիա/գ աստ	Հալման ջերմաստիճանը °C	Եռման ջերմաստիճանը °C	Գծային ընդարձակության ջերմաստիճանը
Սալիցա	0,001	0,58	—114	78	202
Ջուր	0,00018	1	0	100	539
Հեքսանի	0,001	0,51	—	~170—260	~75
Սնդիկ	0,00018	0,033	— 38,9	357	68
Եֆիր	0,00166	0,56	—123,6	35	90
Ձեթ	—	—	—	316	—

Աղյուսակ 3

Գազերի տեսակարար ջերմունակությունը

(Հաստատուն ճնշման դեպքում)

Ոդ	0,21
Թթվածին	0,22
Ազոտ	0,25
Ջրածին	3,41

Աղյուսակ 4

Ցրի հարաբերական խոնավության պսիխրոմետրական աղյուսակ

(Փոխ և առնված Ա. Բաչինսկու ֆիզիկո-տեխնիկական տեղեկատու № 55 աղյուսակից)

Չոր ջերմաչափի ցուցմունքը °-ով	Չոր և խոնավ ջերմաչափերի ցուցմունքների տարբերությունը										
	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	91	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

Ըստ նախ ցենթագրենք չոր ջերմաչափը ցույց և տալիս 22°, խոնավը՝ 16°, նրանց ցուցմունքների տարբերությունը հավասար է 6°-ի։ Այն ժամանակ հարաբերական խոնավությունը (տոկոսներով) կլինի 22°-ով սկսվող տողի և այն սյան հատման կետում, որի գլխին կանգնած է 6°, այս դեպքում հարաբերական խոնավությունը հավասար է 54%։

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

I. Տատանումներ յով ալիքներ

	Եջ
1. Ներդաշնակ տատանում	3
2. Տատանումը վոքոշող մեծությունները	5
3. Ճոճական շարժման կապը պտտական շարժման հետ	6
4. Հեռավորության գրաֆիկը ներդաշնակ տատանման դեպքում	9
5. Լաբորատոր աշխատանք 1	10
6. Ճոճանակի ճոճման որենքները	11
7. Ֆիզիկական ճոճանակ	12
8. Ճոճանակի էլերտուրյունը ժամացույցի մեջ	
9. Ճոճանակի ոգտագործումն ազատ անկման արագացումը չափելու համար	12
Վարժություն 1	13
10. Առաձգական մարմինների տատանումը	13
11. Տատանումների տարածվելը առաձգական մարմիններում	14
12. Ընդլայնական տատանում	15
13. Ձերկայնական տատանում	17
14. Ալիքի յերկարությունը	19
15. Ալիքների անդրադարձումը և բեկումը	20
16. Ալիքների ինտերֆերենցը	22
17. Կանգուն ալիք	23
18. Ռեզոնանս	25
19. Ռեզոնանսի յերևույթը տեխնիկայում	27
Հարցեր	28
20. Ձայն	30
21. Տոն Տոնի ուժեղությունն ու բարձրությունը Սիրենա	30
22. Ձայնական ալիքների անդրադարձումն ու բեկումը	33
23. Ձայնական ալիքների ինտերֆերենցը	35
24. Զարկումներ	36
25. Մարմնի սեփական տոնը	37
26. Մարմնի հիմնական տոնը	

27. Վերին ներդաշնակ տոները 37
28. Տեմբը 38
29. Ձայնական ռեզոնանս 38
30. Լաբորատոր աշխատանք 2. Ձայնի արագության չափումը տարբեր նյութերի մեջ 39
31. Լաբորատոր աշխատանք 3. Ձայնական ալիքի յերկարության որոշումը ռեզոնանսի միջոցով 41
32. Գրամոֆոն 41
33. Ուլտրաձայները 42
34. Պայքար աղմուկների դեմ 43
35. Ձայնական յերևույթների ոգտագործումը ռազմական տեխնիկայում 43

Վարժություններ 2 47

Հարցեր 47

II. Ջերմություն — ենեργիա

36. Ջերմության ուսմունքի զարգացումը 49
37. Ջերմության քանակի միավորը 51
38. Նյութի տեսակարար ջերմունակությունը 51
39. Ջերմաքանակի բանաձևը տաքացման և սառեցման դեպքում 52
40. Ջերմային բալանսի հավասարումը 53

Վարժություն 3. 57

41. Ջերմությունը վորպես եներգիայի տեսակ 58
42. Ջերմության մեխանիկական համարժեքը 61
43. Ջերմության մեխանիկական համարժեքի վորոշումը Ջոուլի կողմից 63
44. Եներգիայի փոխակերպման և պահպանման որենքի տարածումը ջերմային յերևույթների վրա 65
45. Լաբորատոր աշխատանք 4. Նյութի տեսակարար ջերմունակության վորոշումը 68
46. Լաբորատոր աշխատանք 5. Ուժեղ տաքացած մարմնի ջերմատեխնիկական վորոշումը կալորիմետրային յեղանակով 69
47. Ջերմային եներգիայի աղբյուրները 70
48. Վառելանյութի և սննդի ջերմատար ունակությունը 76

Վարժություն 4. 77

Հարցեր 80

III. Մարմինների ընդարձակումը ջերմությունից

49. Մարմինների գծային և ծավալային ընդարձակումը 80
50. Լաբորատոր աշխատանք 6. Պինդ մարմնի գծային ընդարձակման գործակցի չափումը 82

51. Պինդ մարմինների գծային ընդարձակման գործակցի բանաձևը 84
52. Մարմնի յերկարության բանաձևը վորևե ջերմաստիճանում 85
53. Մարմինների ծավալային ընդարձակման գործակցի բանաձևը 86
54. Մարմնի ծավալի բանաձևը վորևե ջերմաստիճանում 88
55. Մարմինների խտության փոխհարաբերությունը ջերմաստիճանի փոփոխության հետևանքով 88
56. Ջերմային ընդարձակման ոգտագործումը տեխնիկայում 89

Վարժություն 5. 91

Հարցեր 92

IV. Մոլեկուլյար կինետիկ տեսության հիմունքները

57. Մոլեկուլ 94
58. Մարմնի մոլեկուլները բաժանված են միմյանցից մոլեկուլային տարածությունով 96
59. Հարակցությունը 97
60. Դիֆֆուզիա 100
61. Բրաունյան մոլեկուլային շարժում 102
62. Կինետիկ տեսություն 104
63. Ջերմային վիճակի բացատրությունը ըստ մոլեկուլային կինետիկ տեսության 104

Հարցեր 107

V. Գազերի հատկությունները

64. Գազերի մասին ուսմունքի զարգացումը 108
65. Լաբորատոր աշխատանք 7. Գազի մասսայի ծավալի և ճնշման միջև ոգտագործած առնչությունը հաստատուն ջերմաստիճանի ժամանակ (Բոյլ-Մարիոտաի որենքը) 109
66. Բոյլ-Մարիոտաի որենքը 112
67. Ծավալի և ճնշման առնչության գրաֆիկը 114
68. Գազի խտության կախումը ճնշումից 115
69. Գեյ-Լյուսսակի որենքը 116
70. Լաբորատոր աշխատանք 8. Ոդի ծավալային ընդարձակման գործակցի չափումը (հաստատուն ճնշման տակ) 118
71. Գազերի ճնշման ջերմային գործակիցը 119
72. Իդեալական գազ 121
73. Գազային ջերմաչափ 122
74. Բացարձակ ջերմաստիճան 123

Վարժություն 6. 124

75. Գազային վիճակի բանաձևը 131

251

Վարժություն 7. 127

76. Դազերի մոլեկուլային-կինետիկ տեսություն 128
77. Գազի գրամ-մոլեկուլը և մոլեկուլների քանակը նրա մեջ . . 131
78. Գազերի հատկությունների տեխնիկական կիրառությունը . . 132

Հարցեր 134

VI. Հեղուկների հատկությունները

79. Հեղուկի մակերևույթի ձևը արտաքին ուժերի ազդեցության տակ . 134
80. Հեղուկի մակերևույթային շերտը 135
81. Հեղուկների սեղմելիությունը 138
82. Մակերևույթային շերտի պոտենցիալ էներգիան. Մակերևույթային լարվածությունը 138
83. Փորձեր, որոնք յուրահատուկ են հանում մակերևույթային շերտի հատկությունները 140
84. Թրջում 144
85. Մենիսկ 145
86. Մակերևույթային ձգման կախումը մենիսկի ձևից 147
87. Մազականություն 147
88. Լաբորատոր աշխատանք 6։ Մակերևույթային լարվածության մեծության վորոշումը 151
89. Հեղուկների կինետիկ տեսությունը 151

Վարժություն 8. 152

Հարցեր 153

VII. Պինդ մարմինների հատկությունները

90. Բյուրեղային վիճակ 154
91. Ամորֆ վիճակ 156
92. Բյուրեղի ատոմական ցանց 157
93. Դեֆորմացիա 159
94. Դեֆորմացիայի մեծության կախումը վերջինիս առաջացնող ուժից 163
95 Ճաճականություն, փխրունություն, պլաստիկություն . . . 165
96. Թուլլաթրելի լարում 167
97. Հուկի օրենքը 168
98. Լաբորատոր աշխատանք 10։ Դեֆորմացիայի մեծության և դեֆորմացիա առաջացնող ուժի միջև յեղած կախման հետազոտությունը 169

99. Ներքինայի փոխակերպումը դեֆորմացիաների ժամանակ . . 171
100. Պինդ մարմնի կինետիկ թեորիան 171

Վարժություն 9. 172

Հարցեր 173

VIII. Նյութի ագրեգատային վիճակի փոփոխությունը

1. Հալում և պնդացում

101. Հալման և պնդացման ջերմաստիճանը 175
102. Հալման ջերմություն 176
103. Ջերմային բալանսի հավասարումը հալման կամ պնդացման ժամանակ 178
104. Մարմնի ծավալի փոփոխությունը հալման և պնդացման վերջում 179
105. Ճնշման ազդեցությունը հալման կետի վրա 180
106. Լաբորատոր աշխատանք 11։ Հալման տեսակարար ջերմության վորոշումը 181

Վարժություն 10. 183

Հարցեր 183

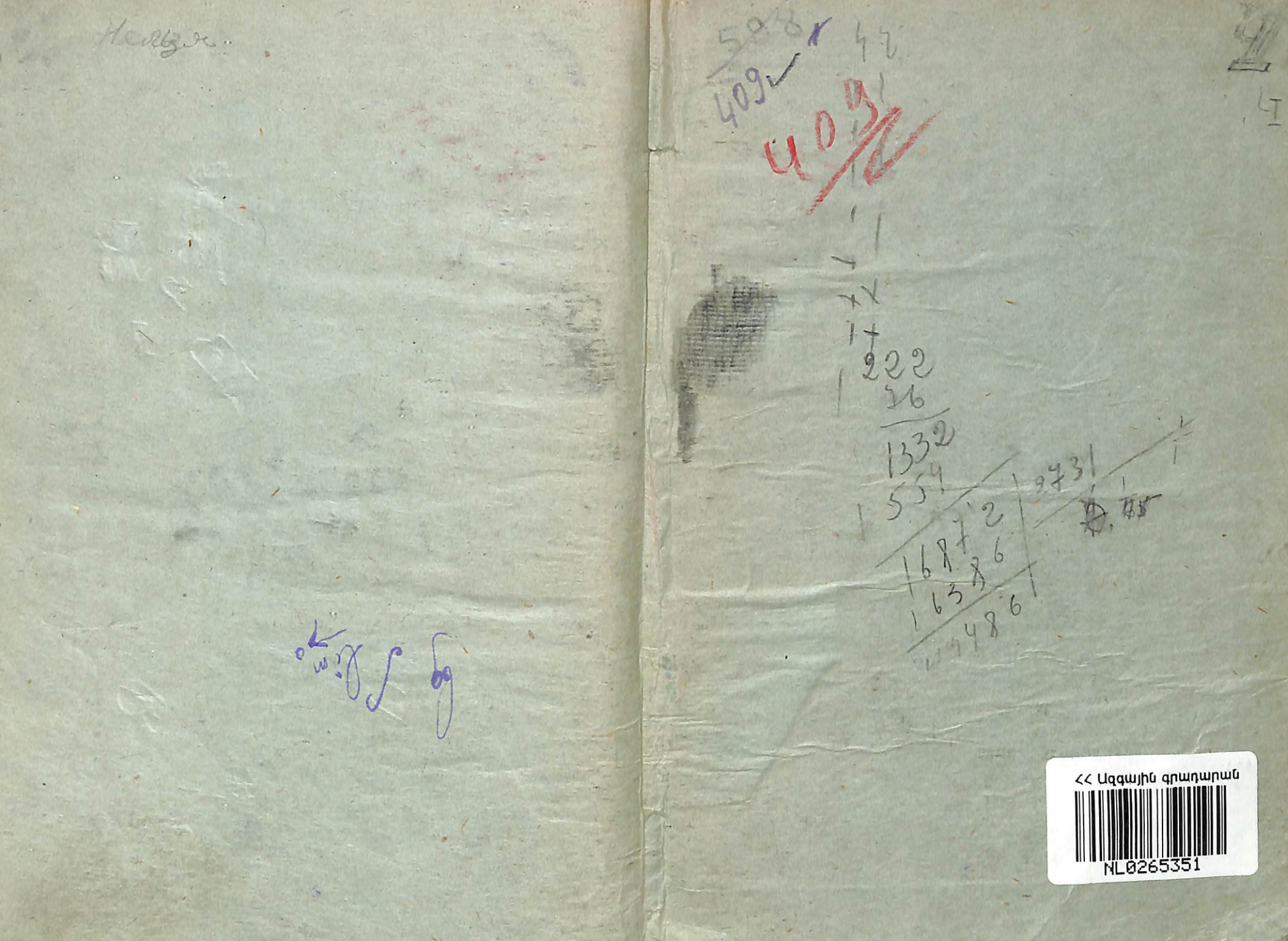
2. Գոլորշիացում

107. Գոլորշիացում 184
108. Ծագում 184
109. Գոլորշիացման բացատրությունը քաղ մոլեկուլյար-կինետիկ տեսության 185
110. Գոլորշիացման ջերմություն 187
111. Գոլորշու ճնշման և ծավալի կախումը միմյանցից հաստատուն ջերմաստիճանում 188
112. Հագեցած գոլորշիների ճնշման կախումը ջերմաստիճանից . . 191
113. Դալտոնի օրենքը 193
114. Ցնդում 194
115. Ջերմային բալանսի հավասարումը գոլորշիացման և խտացման (կոնդենսացիայի) ժամանակ 197
116. Լաբորատոր աշխատանք 9։ Ջրի գոլորշու խտացման տեսակարար ջերմության վորոշումը կալորիմետրի օգնությամբ . . . 198
117. Չհագեցող գոլորշիները հագեցնող գործնական միջոցները . . 199
118. Կրիտիկական ջերմաստիճան 200
119. Գազերի խտացումը 201
120. Ցածր ջերմաստիճաններ ստանալու յեղանակները 202
121. Հեղուկ գազերի կիրառությունները 205

Վարժություն 11. 206
Վարժություն 11. 207
Հաշիվը 208
122. Ոդի խոնավությունը 210
123. Ծորի կետ 210
124. Հիգրոմետր 212
125. Պսիխրոմետր 213
126. Մազային հիգրոմետր 214
Վարժություն 12. 214
Հաշիվը 214

IX. Գազի յեվ օդաու աշխատանքը

127. Գազի աշխատանքը հաստատուն ճնշման դեպքում 216
128. Գազի ընդարձակման աշխատանքի գրաֆիկը 217
129. Շոգեշարժիչները 219
130. Հնոց 220
131. Կաթսա 224
132. Շոգեմեքենաները մինչև Ուատտը և Ուատտի մեքենան . . . 224
133. Սողնակ 227
134. Ուատտի շոգեմեքենայի մեջ մտցված կատարելագործությունները 228
135. Շոգեմեքենայի ինդիկատորային դիագրամը 232
136. Շոգեմեքենայի ոգտակար գործողության գործակիցը . . . 235
137. Շոգեատուբբինները 237
138. Ներքին այրման շարժիչները 238
139. Ներքին այրման շարժիչների կիրառությունները 240
. 243
Վարժություն 13. 245
Հաշիվը 247
Հավելված 247


ՀՀ Ազգային գրադարան
NL0265351

ԳԻՆԸ 2 Ռ. 55 Կ.
ԿԱԶՄԸ 60 Կ.

Проф. Н. Н. СОКОЛОВ

Курс физики

часть вторая

УЧЕБНИК ДЛЯ 9-го КЛАССА СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Армгиз, Ереван, 1940 г.