

7332

ՖԻԶԻԿԱՅԻ
ՊՐԱԿՏԻԿՈՒՄ

53

\$-52

ՊԵՏՅՐԱՏ

19 AUG 2006
05 JUL 2010

53
5-52 ՀԽՍՀ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Հ. ՆԱԳԱՍՏԻԿՅԱՆ Զ. ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ
Ն. ԲՈԶԱՐՅԱՆ, Ս. ԶՈՐԱԲՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ՊՐԱԿՏԻԿՈՒՄ

ԱՌԱՋԻՆ ՄԱՍ

ՋԵՌՆԱՐԿ ԲԱՐՁՐԱԳՈՒՅՆ ԴՊՐՈՑՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Խմբագրեց Հ. ՆԱԳԱՍՏԻԿՅԱՆ

2442057

53 ԳԽԿ/ԿԿԿ
Ք-52 ԿԿԿԿԿԿԿ
Վ.Ի

120	2/11/04		
120	57/25	024	
ԷԷ	4087	1479	
ԶԷ	2390	5/1/04	
ՎԿ	22/11/04		

11.2

0 5.09. 2013

БИБЛИОТЕКА
Академии Наук
УССР



24440 59

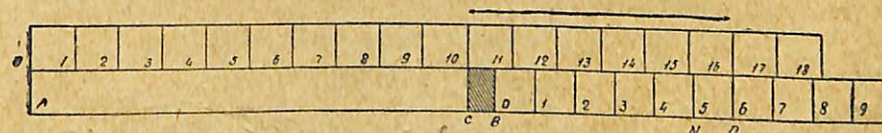
7332

ԳԼՈՒԽ 1

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԶԱՓՈՂԱԿԱՆ ԳՈՐԾԻՔՆԵՐ

1. ՆՈՆԻՈՒՍ

Սանտիմետրների (կամ միլիմետրների) բաժանած մասշտաբի շիջոցով կարելի չէ յերկարությունը չափել մի սանտիմետր (կամ մի միլիմետր) ճշտությամբ, այսինքն չափվելիք յերկարությունը n սանտիմետրից (կամ միլիմետրից) ավել է, իսկ $n + 1$ սանտիմետրից (միլիմետրից) պակաս: Կարելի չէ աչքաչափով չափել և ավելի մեծ ճշտությամբ, սակայն առանց հատուկ հարմարանքի հնարավոր չէ վորոշել ճշտության աստիճանը: Մասշտաբի միջոցով ցանկացած ճշտությամբ չափելու համար (որինակ $\frac{1}{10}$ միլիմետր) մասշտաբին միացնում են նոնիուս (Nonius) կոչվող հարմարանքը: Նոնիուսը մի կարճ քանոն է, վորի յերկարությունը ավյալ դեպքում (0,1 մմ ճշտությամբ չափված) վերցնում են հավասար 9 միլիմետրի և բաժանում տասը մասի, այդպիսով նոնիուսի յուրաքանչյուր բաժանմունքը հավասար է 0,9 մմ: Այժմ տեսնենք, թե ինչպես է կատարվում



Նկ. 1. Նոնիուս

չափման գործողությունը: Յեթե հարկավոր է չափել AB ձողի յերկարությունը, ապա AB-ն դնում են միլիմետրների բաժանած մասշտաբի կողքին, այնպես վոր ձողի մի ծայրը (A) համընկնի մասշտաբի զերոյի հետ: Դիցուք, ձողի մյուս ծայրը (B) այդ ժամանակ գտնվում է 10-րդ և 11-րդ բաժանմունքների միջև, այդ նշանակում է, վոր AB ձողի յերկարությունը հավասար է $10 + x$ միլիմետրի, վորտեղ x -ը մի միլիմետրից պակաս է: Հիմա նոնիուսը (N) դնում ենք մասշտաբի յերկարությամբ այնպես, վոր նրա զերոն

համընկնի ձողի B ծայրի հետ (տես նկ. 1) և դիտում, թե նոնիուսի վոր գիծը ավելի շատ է մոտ մասշտաբի գծերից (բաժանման) մեկին: Ինչպես նկարից յերևում է, նոնիուսի 6-րդ գիծը համարյա համընկնում է մասշտաբի գծերից մեկի հետ, այն էլ 16-րդ գծի հետ: Վերջնակա յերկու միևնույն կետերը՝ մասշտաբի 10-րդ բաժանմունքի կետը (C) (և նրա հետ համընկած կետը ձողի վրա) և նոնիուսի վեցերորդ բաժանմունքի կետը (D) (և նրա հետ համընկած կետը մասշտաբի վրա): Այդ յերկու կետերի հեռավորությունը (CD-ն) չափած էր վրա: Այդ յերկու կետերի հեռավորությունը մասշտաբով հավասար է 6 միլիմետրի: Իսկ այդ կետերի հեռավորությունը չափած նոնիուսով հավասար է $x + 6$ բաժանմունք նոնիուսի, այսինքն հավասար է $x + \frac{6 \cdot 9}{10}$: Այդպիսով ստանում ենք հետևյալ հավասարումը

$$6 = x + \frac{6 \cdot 9}{10}, \quad (1)$$

վորակելից՝

$$x = 0,6 \text{ միլիմետր}$$

Ինչպես տեսանք քանոնի VI-րդ բաժանմունքը համընկել էր նոնիուսի VI բաժանմունքի հետ: Ապացուցենք, վոր քանոնի n-րդ բաժանմունքը կարող է համընկնի միայն նոնիուսի n-րդ բաժանմունքի հետ: Իրոք, յեթե միևնույն հատվածը պարունակում է n բաժանմունք քանոնի, իսկ նոնիուսի n + 1 բաժանմունքը և x-ը, ապա, (1) հավասարման փոխարեն, կունենանք հետևյալ հավասարումը

$$n = x + \frac{(n+1)9}{10}$$

վորակելից

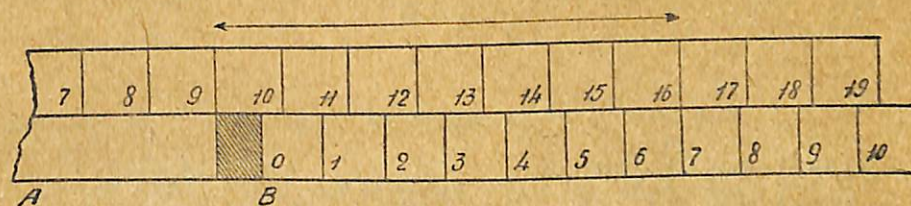
$$x = \frac{n-9}{10}$$

Բայց վորովհետև n չի կարող 9-ից մեծ լինել, հետևաբար x-ի համար ստացած արժեքը բացասական է, վորը չի կարող լինել: Իսկ յեթե ընդունենք, վոր նոնիուսի n-րդ բաժանմունքը համընկնում է քանոնի (n + 1)-րդ բաժանմունքի հետ, այն ժամանակ կունենանք այսպիսի հավասարում՝

$$n + 1 = x + \frac{n \cdot 9}{10}$$

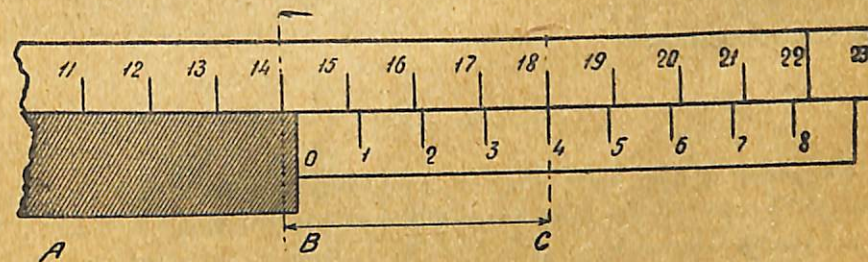
վորակելից $x = 1 + \frac{n}{10}$, այսինքն, դարձյալ անհեթեթ յեզրակացություն հանգանք՝ x-ը չի կարող 1-ից մեծ լինել:

Նկ. 2-ի դեպքում AB-ի յերկարությունը հավասար է 92,7 մմ.



Նկ. 2.

Նկար 3-ում պատկերացրած նոնիուսը չափում է $\frac{1}{20}$ ճշտությամբ. քանոնի 19 բաժանմունքը բաժանված է (նոնիուսի վրա)



Նկ. 3.

20 մասի. համընկած է չորրորդ բաժանմունքը. հետևաբար՝

$$4 = x + \frac{4 \cdot 19}{20}$$

$$x = \frac{4}{20}$$

$$\text{Իսկ } AB = 14 \frac{4}{20} = 14 \frac{1}{5} \text{ (քանոնի բաժանմունքի):}$$

Յերբեմն վործածում են հակադարձ նոնիուս. այս դեպքում քանոնի n + 1 բաժանմունքը բաժանում են n մասի, յեթե ցանկանում են $\frac{1}{n}$ ճշտությամբ չափել: Ինչպես նկ. 4-ից յերևում է քանոնի 5-րդ բաժանմունքը համընկած է նոնիուսի 4-րդ բաժանմունքի հետ. հիմա ունենք այսպիսի հավասարում՝

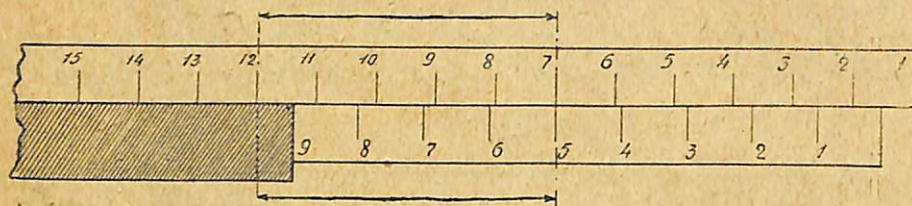
$$5 = x + \frac{4 \cdot (n+1)}{n}$$

վորովհետև հիմա նոնիուսի մի բաժանմունքը հավասար է $\frac{n+1}{n}$,

Լուծելով այս հավասարումը կստանանք՝

$$x = \frac{n - 4}{n}$$

Նկ. 4-ի դեպքում $x = \frac{6}{20}$, այսինքն, յեթե նոնիուսի բաժանմունքները համարակալած լինեն աջ ծայրից, ապա համընկած համարը բաժանած n -ի կտա x -ի արժեքը:

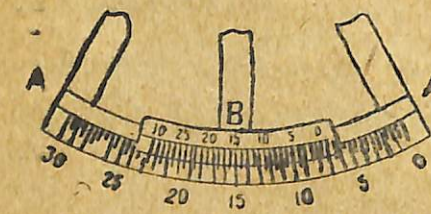


Նկ. 4.

Անկյունը վորոշ ճշտությամբ չափելու համար գործածում են աղեղային նոնիուս, վորի կառուցման համար կիրառվում է սովորական նոնիուսի սկզբունքը:

Դիցուք շրջանը (A), վորի վրա նշանակված են աստիճաններ և վորի միջոցով կարելի չէ չափել անկյունն աստիճաններով՝ բաժանված է այնպես, վոր նրա յուրաքանչյուր բաժանմունքը հավասար է $30'$ -ի: Յեթե B աղեղը հավասար է 29 նման բաժանմունքների և բաժանված է 30 մասի, ապա նոնիուսի յուրաքանչյուր բաժանմունքը հավասար կլինի $\frac{30' \cdot 29}{30} = 29'$:

Մի վորոշ անկյուն չափելիս պետք է այնպես անել, վոր անկյան գագաթը համընկնի AA շրջանի կենտրոնի հետ, իսկ մի կողմը անցնի շրջանի զերո կետով, մյուս կողմին պետք է սեղմել նոնիուսի զերոն: Ղեցուք այդ կողմը կամ նոնիուսի զերոն գտնվում է



Նկ. 5. Անկյունային նոնիուս

$$22 \cdot 30' = x + 22 \cdot 29'$$

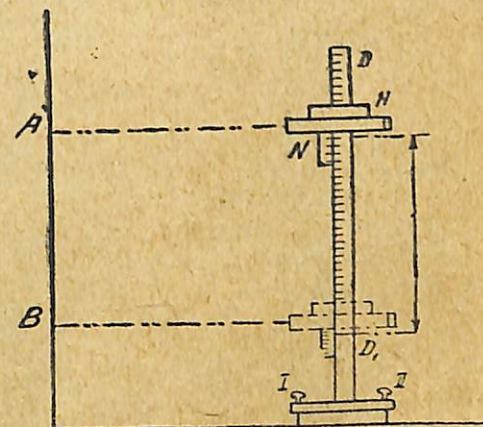
վորտեղից

$$x = 22'$$

և անկյունը հավասար է $15^\circ 22'$: Չափման ճշտությունը տվյալ դեպքում հավասար է $1'$:

2. ԿԱԹԵՏՈՄԵՏՐ

Կաթետոմետրը ծառայում է յերկու կետերի ուղղահիգ հեռավորությունը չափելու համար, յերբ այդ կետերը գտնվում են միևնույն կամ տարբեր ուղղահիգերի վրա: Կաթետոմետրը (Նկ. 6) բաղկացած է հետևյալ մասերից՝ ա) յեռոտանուց, վորն ունի յերեք պտուտակներ (I, II և III), բ) ուղղահիգ քանոնից, (DD), վորը կոչվում է նաև պրիզմա, և բաժանված է աստիճանների և միլիմետրների, գ) հորիզոնական դիտակից (H), վորը շարժվում է պրիզմայի յերկարությամբ և դ) նոնիուսից (N), վորը շարժվում է դիտակի հետ միասին և վորի միջոցով վորոշվում է դիտակի ղերքը պրիզմայի վրա: Ուղղելով դիտակը նախ կետերից մեկի վրա (A), ապա մյուսի (B), կարելի չէ հաշվել այդ կետերի ուղղահիգ հեռավորությունը՝ AB (Նկ. 6): Դիտակը ոժտված է հարթաչափով, վորի միջոցով հնարավոր է դիտակին ճիշտ հորիզոնական ուղղություն տալ:

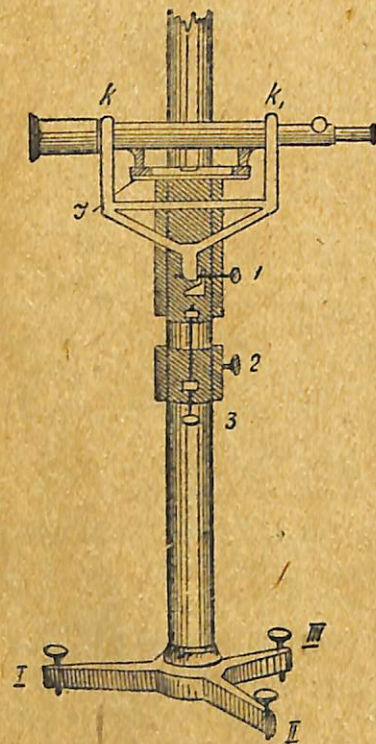


Նկ. 6. Կաթետոմետր.
III պտուտակը չի յեղվում

Նախ քան չափումներ սկսելը, անհրաժեշտ է կաթետոմետրը ճիշտ սարել: Տեսնենք թե ինչ պահանջների պիտի բավարարի ճիշտ սարած կաթետոմետրը:

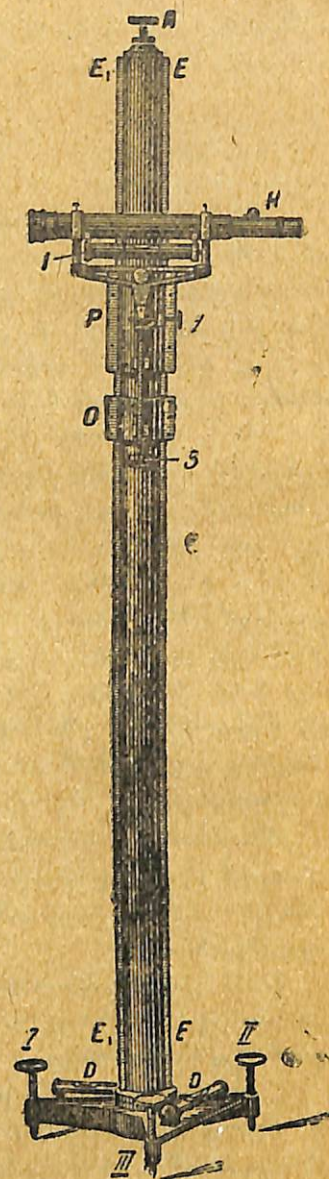
I. Դիտակի առանցքը զուգահեռ պիտի լինի հարթաչափի առանցքին. այդ տեղի կունենա այն ժամանակ, յերբ հարթաչափի բշտիկը միջնակետում է և միաժամանակ դիտակի առանցքը հորիզոնական: Այդ վիճակը ստեղծելու համար նախ № 1 պտուտակի միջոցով հարթաչափի բշտիկը բերում ենք միջնակետը, ապա բարձրացնում ենք դիտակը հարթաչափի հետ միասին և շուտ տալով (այնպես, վոր ոկուլարը գրավի ոբյեկտիվի տեղը, իսկ ոբյեկտիվը՝ ոկուլարի տեղը) դարձյալ դնում ենք k և k₁ փոսիկների մեջ: Դրանից բշտիկը մի քանի բաժանմունք կտեղափոխվի: Ղեցուք տեղափոխվում է n բաժանմունք: Նույն № 1 պտուտակի ոգնությունը բշտիկը կիսով չափ (այսինքն

$\frac{n}{2}$ բաժանմունք) յետ և տարվում, $\frac{n}{2}$ բաժանմունք ել յետ և տարվում այն պտուտակի միջոցով, վորը գտնվում և հարթաչափի ծալքերից մեկի վրա: Այս ձևով կհաջողվի ստեղծել այնպիսի վիճակ, վոր դիտակի և հարթաչափի առանցքները լինեն իր գույգահեռ և հորիզոնական:



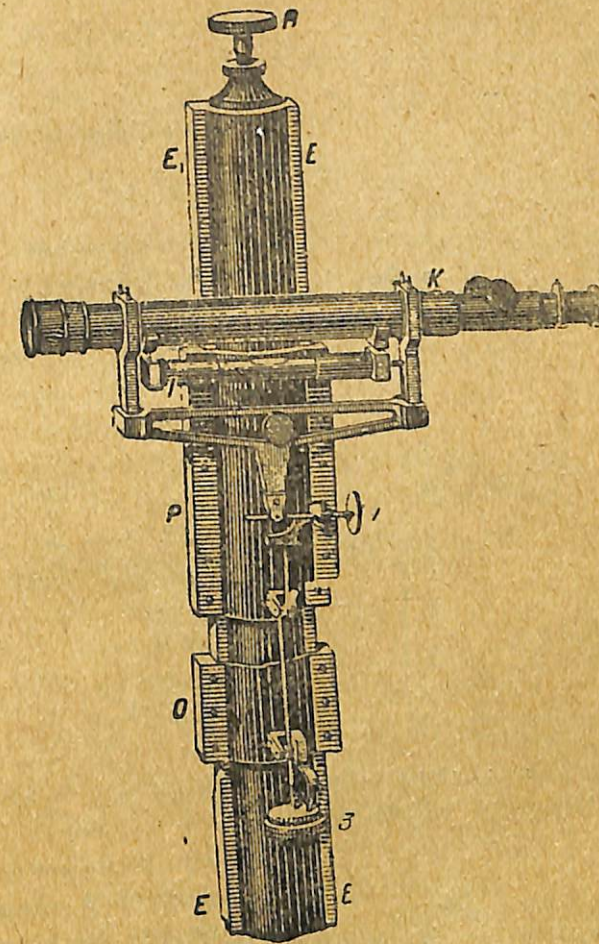
Նկ. 7. Կաթնամեք

II. Կաթնամեքի պրիզման պիտի ուղղահայաց լինի հորիզոնական դիրք ունեցող դիտակի և հարթաչափի առանցքներին: Այդ հաջողվում և անել յեռոտանու վրա գտնվող յերեք պտուտակների միջոցով (նկ. 7գ): Նախ աչքաչափով պրիզմային տրվում և ուղղա-

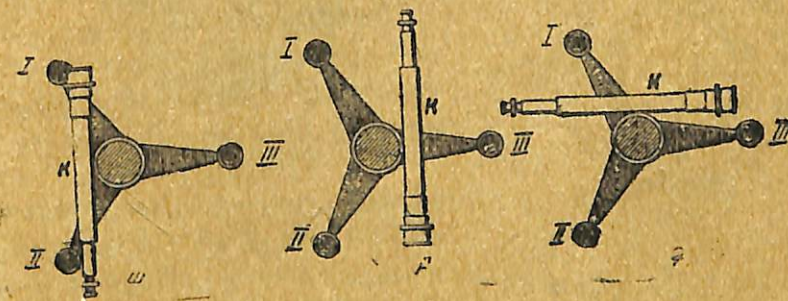


Նկ. 7ա. Կաթնամեք
(Ձ 2 պտուտակ չի յերեվում)

հիշ ուղղություն: Այնուհետև դիտակը պտտացնելով դնում են գույգահեռ յեռոտանու յերկու պտուտակներին (դիրք (ա)) և Ձ 1 պտու-

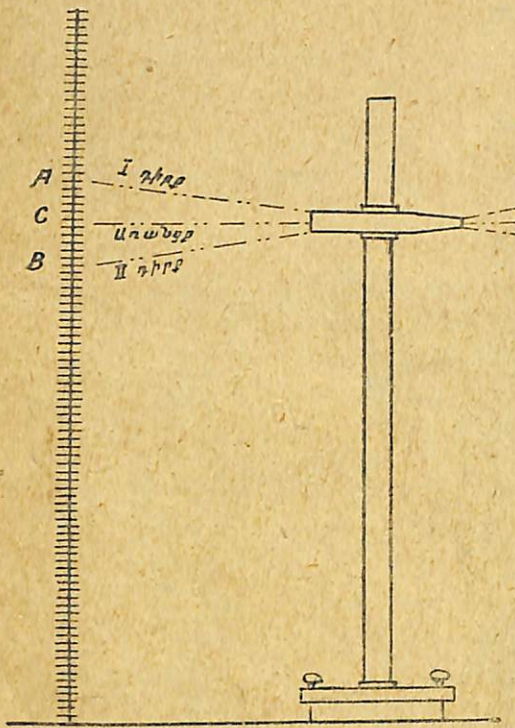


Նկ. 7բ. Կաթնամեքի օարձական մասը. Ձ 2 պտուտակ չի յերեվում

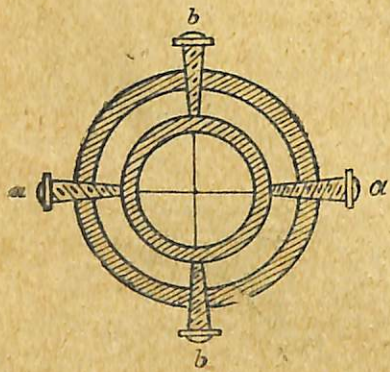


Նկ. 7գ. Գիսակի օարքեր դիրք

տակի ոգնությամբ բշտիկը բերվում միջնակետ: Պատել դիտակը 180°-ով (դիրք (բ)). նկատում են, վոր բշտիկը մի քանի (n) բաժանմունք տեղափոխվել է: № 1 պտուտակի ոգնությամբ բշտիկը վերա-



Նկ. 8. Դիտակի յերկրաչափական յեվ ոպտիկական առանցքները պես և համընկնեն



Նկ. 9

դարձնում են $\frac{n}{2}$ բաժանմունք, իսկ I և II պտուտակների (յեռոտանու վրա)

ոգնությամբ ել $\frac{n}{2}$ բաժանմունք տեղափոխում. այսինքն բշտիկը վերադարձնում միջնակետը. այս յեղանակով հնարավոր է լինում ստեղծել այնպիսի վիճակ, վոր կաթետոմետրի պրիզման գտնվի ուղղաձիգ հարթության վրա, վորն ուղղահայաց է դիտակի առանցքին (առաջարկվում է անել համապատասխան գծագիրը): Այժմ դիտակը պտտենք 90° (դիրք (դ)) և ոգտվելով № 1 և յեռոտանու III պտուտակներից՝ բշտիկը վերադարձնենք միջնակետը:

Այդպիսով կաթետոմետրին կհաղորդվի պահանջված դիրքը:

III. Դիտակի յերկրաչափական և ոպտիկական առանցքները պետք է համընկնեն:

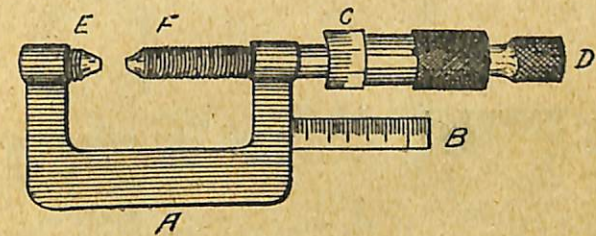
Ոպտիկական առանցք կոչվում է այն ուղիղ գիծը, վորն անցնում է որչեպեղի կենտրոնով և թելիկների հատման կետով:

Այս վիճակն ստեղծելու համար դիտակն ուղղում ենք քանոնի բաժանմունքների վրա և գրի յենք առնում թելի հատման կետի վրա յերկացող թիվը (A) (նկ. 8). ապա

պտտացնելով դիտակը յերկրաչափական առանցքի շուրջը 180°-ով, գրի յենք առնում քանոնի այն թիվը (B), վորը հիմա յե յերևում թելի հատման կետի վրա: Ոկուլարի մոտ գտնվող a և a պտուտակները այնքան պտտել, վոր թելիկի հատման կետը համընկնի քանոնի C բաժանմունքի հետ, վորտեղ C-ն A և B բաժանմունքների միջնակետն է: Նույնը կատարում ենք նաև bb թելի ուղղությամբ:

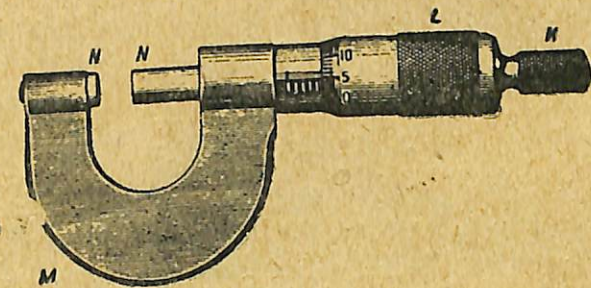
3. ՄԻԿՐՈՄԵՏՐ

Միկրոմետրը ծառայում է լարի տրամագիծը, թելի, թիթեղի հաստությունը չափելու համար: Միկրոմետրը (նկ. 10 և 11) բաղկացած է հետևյալ մասերից՝ A աղեղից, F միկրոմետր պտուտակից, B սկալայից, C գլանից և պտուտակի գլխիկից (D):



Նկ. 10. Միկրոմետր հասուկ սկալայով

Չափվելու յենթակա մարմինը դնում են անշարժ E-ի և F-ի միջև և պտուտակի գլխիկը պտտացնելով (անպայման D գլխիկը քրոնելով) մարմինը սեղմում են E-ի և F-ի միջև, այնքան, վոր D պտը-



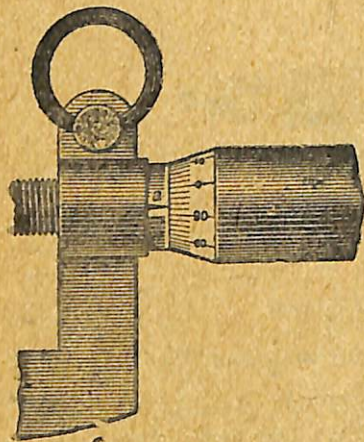
Նկ. 10ա. Քայլը = 1/2 մմ

տեցնելիս պտուտակը այլևս չշարժվի: E և F-ի հեռավորության ամբողջ թիվը միկրոմետրները կարդացվում է B սկալայի վրա, իսկ միլիմետրի հարյուրերորդական մասերը՝ C գլանի վրա: Գործիքի կադմությունը այնպես է, վոր յերբ E և F իրար շոշափում են C-ի գե-

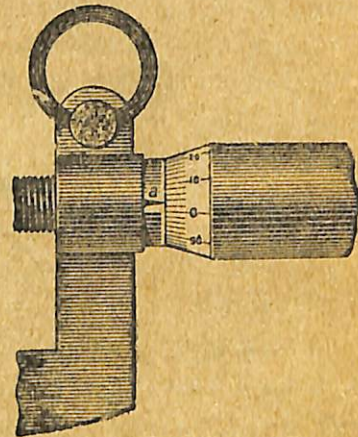
քոն համընկնում է B սկալայի զերոյի հետ: Յերբ պտուտակը մի լրիվ պտույտ է անում, F-ը հեռանում է E-ից մի միլիմետր (կամ կես միլիմետր), վորը սկալայի մի բաժանմունքն է (նկ. 10ա և 11): C գլանի շրջանագիծը բաժանված է 100 հավասար մասի. ուրեմն, յեթե C գլանը մի բաժանմունքով պտտենք F-ը E-ից կհեռանա $\frac{1}{100}$

միլիմետր (կամ $\frac{1}{200}$ մմ.):

Յեթե E և F իրար շոշափելու ժամանակ C-ի զերոն չի համընկնում B սկալայի զերոյի հետ, ապա պետք է նախապես վորոշել սխալը և հետագա չափումի ժամանակ այդ սխալը (+) կամ (-) նշանով նկատի առնել (նկ. 10բ և 10գ):



Նկ. 10բ. Միկրոմետր սխալը = + 0,035



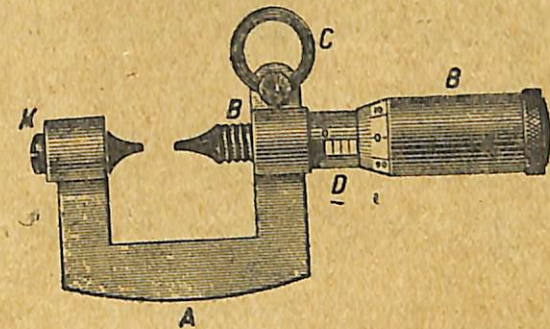
Նկ. 10գ. Միկրոմետր սխալը = - 0,015

4. ՇՏԱՆԳԵՆՅԻՐԿՈՒՄ

Շտանգենցիբիլությունը գործածվում է բազմազան դեպքերում՝ հաստություն, լերկարություն, խորություն, ներքին տրամագիծ և այլ հափումներ կատարելու համար: Նկ. 12, 13, 14, 15, 16 ցույց են տված շտանգենցիբիլի տարբեր գործածությունները:

Նկ. 16 տեսնում ենք շտանգենցիբիլություն, վորը բացի նոսրության ունի նաև միկրոմետրիկ պտուտակ. այդ պտուտակի շնորհիվ չափվող մարմինը ափելի ճիշտ է տեղակայվում: Չափելու համար A և B պտուտակները թուլացնում են և չափման յենթակա մարմինը դր-

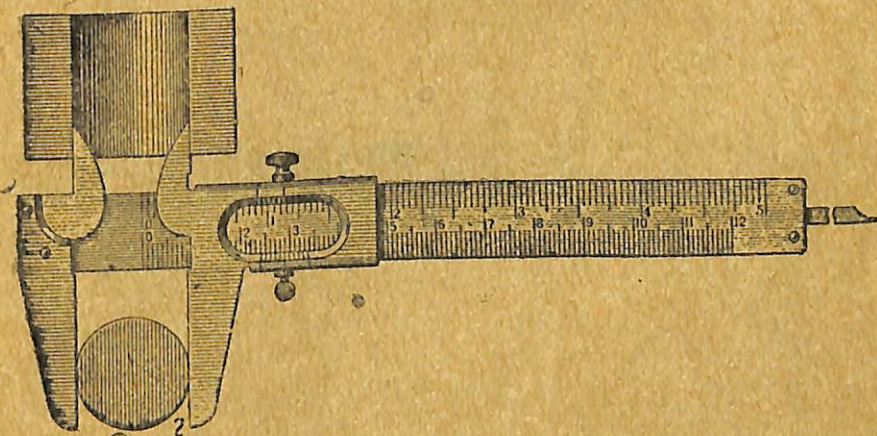
վում է շտանգենցիբիլության վրանների միջև և ըստ հնարավորության, սեղմվում, ապա ամրացնում են B պտուտակը և C պտուտակի միջոցով կատարվում է վերջնական տեղակայումը. սրանից հետո ամ-



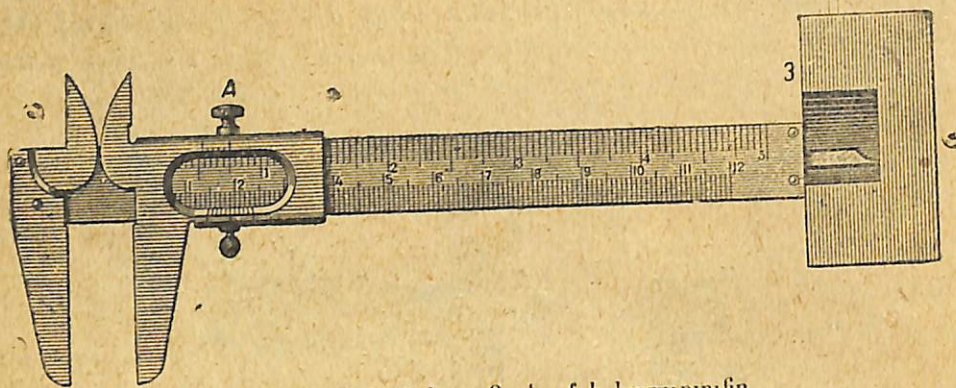
Նկ. 11. Միկրոմետր, վորի սկալան պտուտակի վրա յե՝ Քայլը = 1 մմ



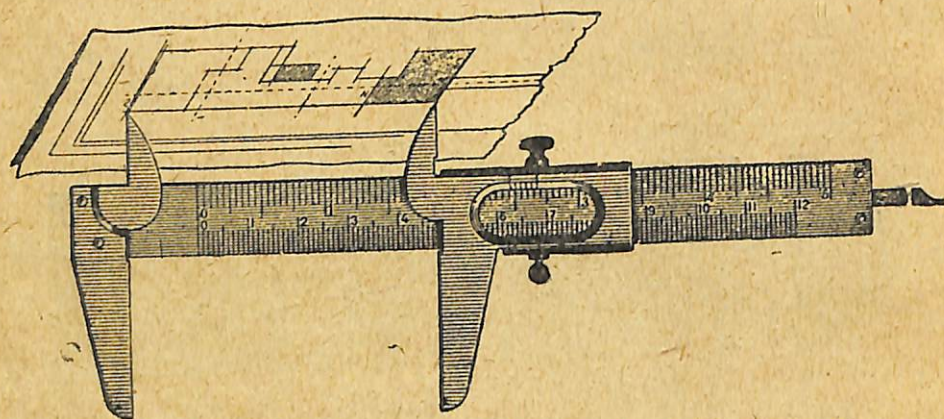
Նկ. 12. Պարզ շտանգենցիբիլություն: Չափվող մարմինը դրվում է A մասում յեվ սեղմվում



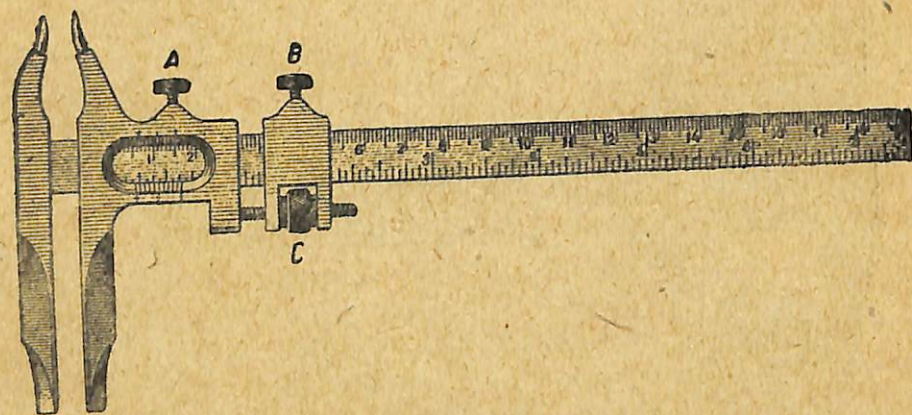
Նկ. 13. Շտանգենցիբիլություն: Չափում է հաստությունը (1) յեվ ներքին տրամագիծը (2)



Նկ. 14. Շանգեկներկույ. Չափում է խորությունը



Նկ. 15. Շանգեկներկույ. Չափում է յերկու կետերի հեռավորությունը

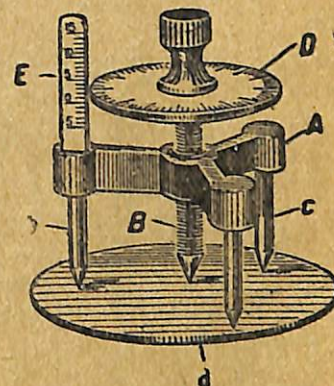


Նկ. 16. Շանգեկներկույ՝ միկրոմետրիկ պսուսակով

բացնում են նաև A պտուտակը և դրի առնում շտանգեկներկույի ցուցմունքը՝ ամբողջ միլիմետրները վերցվում են քանոնի վրա, իսկ տասնորդական մասերը՝ նոնիուսի միջոցով:

5. ՍՖԵՐՈՄԵՏՐ

Բարակ թիթեղների հաստությունը ինչպես և կոր մակերևույթների կորություն շառավիղը մեծ ճշտությամբ չափելու համար գործածում են սֆերոմետր (նկ. 17): Սֆերոմետրը բաղկացած է մի յեռոտանուց (A), վորի միջով անցնում է մի միկրոմետր պտուտակ (B): Պտուտակի ներքևի ծայրը սուր է, իսկ ծայրի վրա տեղավորված է մի սկավառակ, վորը բաժանված է լինում հավասար մասերի՝ սովորաբար 500 մասի: Յեռոտանու վրաներից մեկի վրա, ուղղաձիգ դիրքով, ամրացած է քանոն, վորի յուրաքանչյուր բաժանմունքը հավասար է $\frac{1}{2}$ միլիմետրի: Դիսկի մի լրիվ պտույտի ժամանակ դիսկը բարձրանում կամ իջնում է $\frac{1}{2}$ միլիմետր, հետևաբար դիսկի մի բաժանմունքին համապատասխանում է 0,001 մմ:



Նկ. 17. Սֆերոմետր

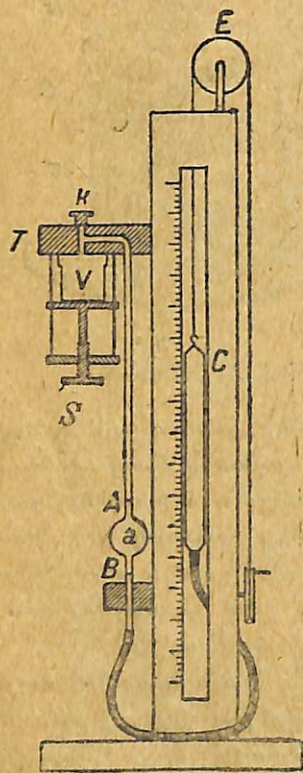
Նախ քան սֆերոմետրի միջոցով չափումներ կատարելը՝ պետք է վորոշել գործիքի սխալը. յեթե սֆերոմետրը դրված է ճշտված հարթության վրա և B պտուտակի սուր ծայրը շոշափում է հարթության մակերևույթը, ապա D սկավառակի դերոն պիտի համընկնի E քանոնի դերոյի հետ: Սովորաբար այդ տեղի չի ունենում և մենք վորոշում ենք գործիքի սխալը՝ քանոնը տալիս է լրիվ $\frac{1}{2}$ միլիմետրերը, իսկ սկավառակը միլիմետրի հազարերորդական մասերը:

Մըանից հետո կարելի յե անցնել չափման. B պտուտակի ծայրը յետ պտտելով բարձրացնում են, և տակը դնում չափվելիք թիթեղը. ապա իջեցնում են պտուտակը մինչև վոր պտուտակի ծայրը շոշափի թիթեղի մակերևույթը: Նորից են չափում սկավառակի բարձրությունը՝ քանոնի և սկավառակի բաժանմունքների միջոցով: Այս թվից հանելով գործիքի սխալը գտնում ենք թիթեղի հաստությունը 0,001 մմ ճշտությամբ: Սֆերոմետրով աշխատելիս շատ կարևոր է կարողանալ պտուտակը այնքան իջեցնել, վոր նրա սուր ծայրը միմիայն շոշափի մակերևույթը՝ այսինքն գտնվի ճիշտ այն հարթության վրա, վորն անցնում է յեռոտանու յերեք յոթանի ծայրերով: Ստուգել



այդ կարելի յե հետևյալ ձևով: Յեթե պտուտակը ավել և իջեցրած քան պետք ե շոշափման համար, ապա վրտներից մեկին ձեռ տալուց ամբողջ սփերոմետրը սկսում ե պտտվել պտուտակի շուրջը, իբրև առանցքի: Իսկ յեթե դեռ չի շոշափում, ապա վրտներից մեկը շարժելիս ամբողջ սփերոմետրը մակերևույթով սահում ե:

6. ՎՈԼՅՈՒՄԵՆՈՄԵՏՐ (ԾԱՎԱԼԱԶԱՓ)



Նկ. 18. Վոյուսեւնոմեք

այնքան, վոր սնդիկը հասնի ճիշտ B գծին. այժմ յեթե ծորակը փակենք, մանոմետրի ձախ ծնկի մեջ կուենենանք ($v + a$) ծավալով ող, վորը գտնվում ե մթնոլորտային ճնշման տակ (H). Բարձրացնենք աջ ծունկը այնքան, վոր սնդիկը հասնի A գծին. սնդիկը աջ ծնկի մեջ այլևս նույն բարձրության վրա չի լինի. դիցուք A-ից բարձր

Պիրնի հ մմ. ուրեմն v ծավալով ողը գտնվում է $(H + h)$ մմ ճնշման տակ: Կիրառելով Բոյլ-Մարիոտի սրենքը, կարող ենք գրել

$$(v + a) H = v (H + b)$$

Լուծելով այս հավասարումը կտանանք՝

$$v = \frac{aH}{h} \quad \text{und} \quad v_h = aH$$

Վ ՎՈՐՈՇԵՆՈՅ ՀԵՏՈՒ ԿԱՐՈՂ ԵՆՔ ԱՆԳՆԵԼ ԱՆՀԱՅՈՒ ԾԱՎԱԼԻ ՎՈՐՈՇՏԱՆ։
S ՎՊՈՒՆԱԿԻ ԴԻՋԻՏՈՎ ԲԱԳՈՒՄ ԵՆՔ V ԱՆՈՒԹԻ ԿԱՎԱՐԻՆԸ Լ ԴԵՋԸ
ԴՆՈՒՄ ԱՅՆ ՈՐՈՇԻՆԸ, ՎՈՐԻ ԾԱՎԱԼԸ (x) ԾԱՆԿԱՆՈՒՄ ԵՆՔ ՎՈՐՈՇԵՆՆԷՐԸ
ՎԵՐԵ ԿԻՐԱՌԱԾ ԴԵՊԱՆԱԿՈՎ ՀԱՓՈՒՄ ԵՆՔ՝

a + v = x ծավալի համապատասխան ճշգրտմը՝ H

4.

$v - x$ ծախսի համապատասխան ճնշումը՝ $H + h'$

Դարձյալ ունենաք՝

$$(a + v - x) H = (v - x) (H + h')$$

ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐՈՒՄԻՆ ԴԱՏԱՆԻ ԿԱՌԱՐԱՐՈՒՄԻՆ

$$x = \frac{vh' - aH}{h'}$$

Ինչպես քիչ առաջ տեսանք $aH = v h$, այդ պատճառով

$$x = aH \left(\frac{vh'}{h'aH} - \frac{1}{h'} \right) = aH \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{h'} \right)$$

හ්‍යං

$$x = v h \left(\frac{1}{h} - \frac{1}{h'} \right) = v \left(1 - \frac{h}{h'} \right)$$

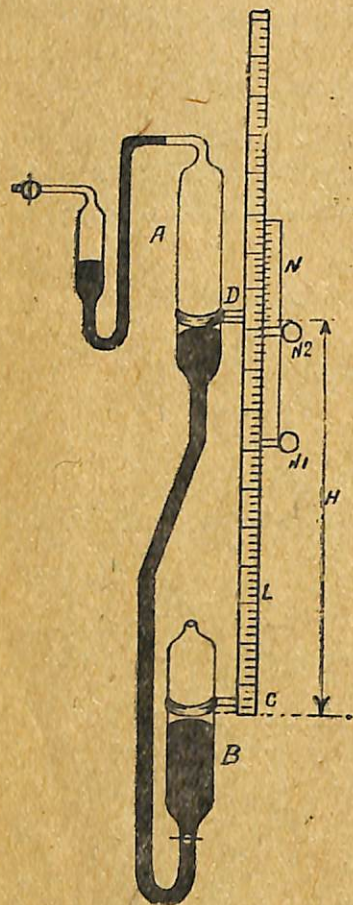
Այդպիսով, փորձարկվող մարմնի ծավալը արտահայտվում է հաստատուն γ ծավալի h $\left(1 - \frac{h}{h'}\right)$ արտահայտությամբ միջոցով:

7. ՍԻՖՈՆԱՅԻՆ ԲԱՐՈՄԵՏՐ

(Մթնոլորտային ճնշումը չափելու համար)

Լաբորատորիաներում հաճախ գործածվում է Կրակելչի սխեման՝
յին բարոմետրը: Նա ունի հետևյալ կազմութունը (նկ. 19): Հաղոր-
դակից անոթները՝ A և B միացած են բարակ խողովակով. A անո-
թը դատարկ է, իսկ B-ն բաց է Մթնոլորտային ճնշումը հախվում

և C և D մակարդակների տարբերությունը: Չափումների համար ծառայում է շարժական L քանոնը և N նոնիուսը: Քանոնի C ծայրին ամրացած է մետաղե ողակ, վորի ներքին յեզրը համընկնում է քանոնի զերոյի հետ. նման մի ողակ էլ (D) ամրացած է նոնիուսին, այնպես, վոր նոնիուսի զերոն համընկնում է D-ի ներքին յեզրի հետ: Չափելու համար № 1 պտուտակը թուլացնում են և № 2 միկրոմետրիկ պտուտակի միջոցով քանոնը դանդաղ շարժում են, մինչև վոր C ողակի ներքին յեզրը համընկնի B խողովակի սնդիկի մենիսկի հետ: Ամրացնելով № 1 պտուտակը (վորպեսզի քանոնը այլևս չը շարժվի) շարժում են նոնիուսը, մինչև վոր D ողակի ներքին յեզրը համընկնի A խողովակի սնդիկի մենիսկի հետ. դարձյալ պետք է ուշադիր լինել, վոր համընկնումը տեղի ունենա մենիսկի վերին մասի հետ: Վորից հետո սովորական չեղանակով քանոնի և նոնիուսի ցուցմունքների միջոցով չափում են մթնոլորտային ճնշումը: Ստացած թվի նկատմամբ պետք է կատարել ուղղումներ:



Նկ. 19.

Սիմոնային բարոմետր

կհավասարակշռել մթնոլորտի ճնշումը 0° :

Նկատի պետք է ունենալ նաև քանոնի յերկարության փոփոխությունը տեմպերատուրայի փոփոխությունից: Ինչպես հայտնի է մարմնի (l_1) չերկարությունը t° -ում արտահայտվում է այսպես՝

$$l_t = l_0 (1 + \alpha t),$$

վորտեղ l_0 նույն մարմնի յերկարությունն է 0° -ում, իսկ α գծային ընդարձակման գործակիցն է: Յեթե սնդիկի սյան բարձրությունը

t° նշանակենք H_t , իսկ 0° -ում H_0 , ապա

$$H_t = H_0 [1 + (\beta - \alpha)t]$$

վորտեղ β -ն սնդիկի ընդարձակման գործակիցն է, պարզ է, վոր քանոնի և սնդիկի ընդարձակվելը հակառակ իմաստով են ազդում H_t -ի արժեքի վրա:

Նախորդ հավասարումից ստանում ենք

$$H_0 = \frac{H_t}{1 + (\beta - \alpha)t} = H_t [1 + (\beta - \alpha)t]^{-1}$$

և վորովհետև $\beta - \alpha$ շատ փոքր է, ապա կարող ենք ընդունել

$$H_0 = H_t [1 - (\beta - \alpha)t]$$

կամ

$$H_0 = H_t - H_t (\beta - \alpha)t$$

Ինչպես տեսնում ենք H_0 -ն ստանալու համար H_t -ի նկատմամբ պետք է ուղղում կատարել. այդ ուղղումը (ΔH_t) հավասար է

$$\Delta H_t = H_t (\beta - \alpha)t$$

և վորը պետք է հանվի H_t արժեքից: ΔH_t -ը հաշվելու համար պետք է տեղադրել β -ի և α -ի արժեքները: Սնդիկի համար $\beta = 0,000181$, և յեթե քանոնի արույրից է, ապա $\alpha = 0,000019$: Այդպիսով ստանում ենք՝

$$H_0 = H_t - 0,000162 H_t \cdot t$$

$$\Delta H_t = 0,000162 H_t \cdot t$$

8. ՀԱՅԵԼՈՒ ՅԵՎ ՍԿԱԼԱՅԻ ՄԵԹՈԴԸ

Փոքր պտտման, թեքման անկյուններ չափելու համար հաճախ գործածում են այս յեղանակը:

Միևնույն շատիվի վրա ամրացած են մի սկալա (քանոն) և ուղղահայան դիտակ, վորի ուղղաբուն գտնվում է թելի խաչ (Նկ. 20) դիտակի միջոցով դիտում են ուժեղ լուսավորված քանոնի պատկերը հայելու մեջ, վորը ամրացած է գործիքի պտտվող մասին և վորի թեքման անկյունը պետք է չափել: Դիցուք դիտակով (M) հայելու մեջ յերևում է քանոնի O բաժանմունքը (Նկ. 20ա), յերբ հայելին թեքվում է α անկյամբ, ապա դիտակի մեջ յերե-

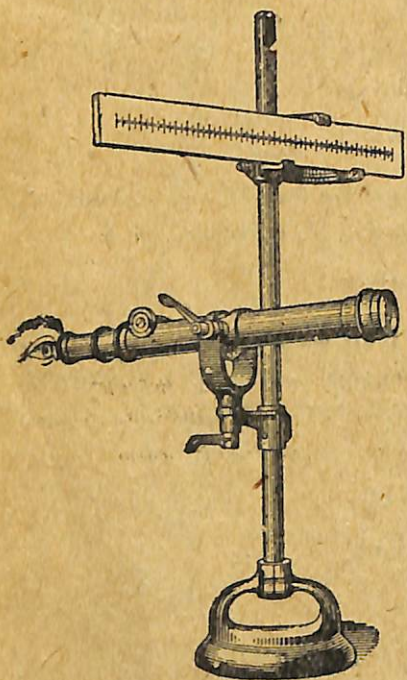
վում ուրի բաժանմունքը, վորը բաժարարում է

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{n}{d}$$

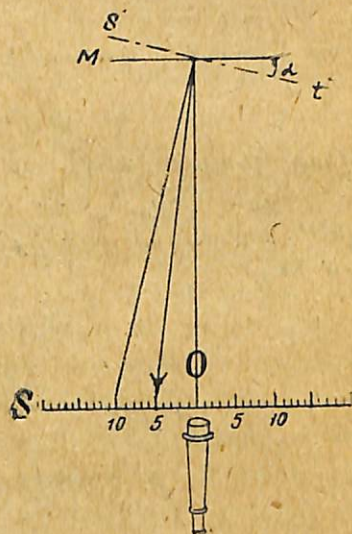
հավասարումին. այստեղ d -ն դիտակի հեռավորությունն է հայելուց: Սովորաբար α անկյունը փոքր է լինում. այդ դեպքում կարող ենք գրել՝

$$2\alpha = \frac{n}{d} \text{ կամ } \alpha = \frac{n}{2d}$$

ուրեմն, թեքման անկյունը (α) չափելու համար պետք է դիտակի մեջ յերևացող թիվը բաժանել դիտակի հեռավորության վրա հայելուց:



Նկ. 20. Մի աստիճի վրա ամրացած է դիտակ յեվ սկալա



Նկ. 20ա. Հայելու յեվ սկալայի մերովր

9. ՈՒՆՈՒՄԱՐ ՄԻԿՐՈՄԵՏՐ

Փոքր հեռավորություններ մեծ ճշտությամբ չափելու համար գործածում են նաև ոկուլար միկրոմետր: Դա մի փոքր սկալա է (1 mm—5 mm), գծված ապակու վրա, և վորի բաժանմունքները հավասար են 0,1 mm կամ 0,05 mm: Միկրոմետրը տեղավորում են

միկրոսկոպի մեջ, ոկուլարից առաջ, այնտեղ վորտեղ ստացվում է որոշակի տված պատկերը: Միկրոսկոպով դիտելով վորև առարկա միաժամանակ տեսնում են և առարկան մեծացած և սկալան (վոչ այնքան շատ մեծացած). այդ հնարավորութունն է տալիս համեմատելու և չափելու առարկան, առարկայի մեծութունը, յեթե նախապես հայտնի չե սկալայի յուրաքանչյուր բաժանմունքի արժեքը:

Ոկուլար միկրոմետրի ամեն մի բաժանմունքի արժեքը իմանալու համար, պետք է նրա միջոցով չափել վորև յերկու գծերի հեռավորությունը, վորը նախապես հայտնի չե, կամ մի այլ ոկուլար միկրոմետրի միջոցով չափել տվյալ միկրոմետրի բաժանմունքի արժեքը:

ԼՈԳԱՐԻԹՄԱԿԱՆ ՀԱՇՎԵՔԱՆՈՆ

1. Լոգարիթմական հաշվեքանոնի կազմաւորումը: Յերբ կարիք է լինում կատարել մեծ քանակութեամբ հաշիւներ մեծ թվերի նկատմամբ, այն եւ վոչ ստույգ թվերի կամ յերբ հաշիւներից մեծ ճշտութիւն չի պահանջւում, ապա կարելի յետուստիել սովորական թվաքանական գործողութիւններից կիրառելով լոգարիթմական հաշվեքանոնը: Հաշվեքանոնի կառուցման համար ոգտագործված է լոգարիթմների այն հատկութիւնը, վոր

$$\log (A \cdot B) = \log A + \log B$$

$$\log \frac{A}{B} = \log A - \log B$$

$$\log (A^n) = n \log A$$

Գոյութիւն ունեցող բաղմաթիւ լոգարիթմական հաշվեքանոններից մենք կնկարագրենք ամենատարածվածը մեզ մոտ, վորը պատրաստում է „Росметровес“ տրեստը:

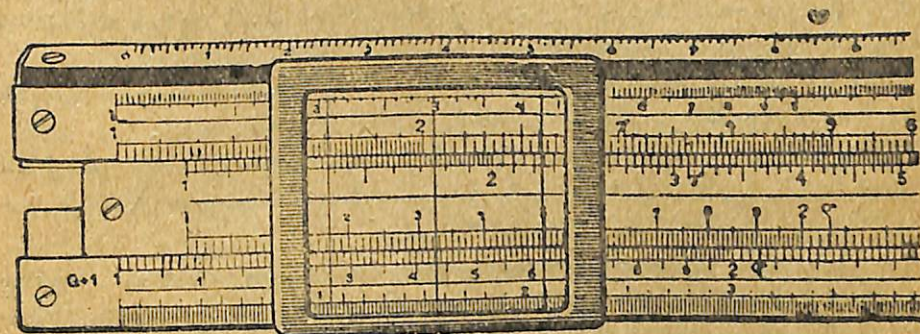
Հաշվեքանոնը բաղկացած է յերեք հիմնական մասերից՝ ա) հիմնական քանոնից, վորը հետագայում կանվանենք «քանոն», բ) շարժական ձողիկից, վորը կանվանենք «լեզվակ» (Zunge) և գ) շարժական ապակուց, վորը դրված է մետաղե շրջանակի մեջ և կոչվելու յետ «վիդիր»:

Ապակու վրա, քանոնին ուղղահայաց ուղղութեամբ գծված է մի բարակ գիծ:

Մեր նկարագրած հաշվեքանոնի յերկարութիւնն է 28 cm.: «Քանոնի» վրա գծված է չորս սկալա (շկալա), իսկ լեզվակի յերկարութիւնը վրա եւ գծված է յերեքական սկալա. սկալաների յերկարութիւնն է 25 cm.:

Աւաջին սկալան (ներքեից) ունի հաւասար բաժանմունքներ, վորոնք նշանակված են 0, 1, 2... 10 թվանշաններով (մի ծայրի 0-ն չի գրվում, իսկ մյուս ծայրի 10-ի փոխարեն գրված է 1):

Յերկու հաջորդական թվերի միջև յեղած տարածութիւնը բաժանված է 10 մասի (յերկար գծերով), իսկ վերջինիս յուրաքանչյուր մասը բաժանված է 5 մասի: Այդպիսով ամբողջ սկալան բաժանված է 500 մասի: Այս սկալան կոչվում է լոգարիթմական և նշանակվում է տառով: Նրա միջոցով կարելի յետ գտնել ցանկացած թվի լոգարիթմը:



Նկ. 21. Հաշվեքանոն

Ներքեից յերկրորդ սկալան, վորը կոչվում է հիմքերի սկալա և նշանակվում է տառով, բաժանված է 1, 2... 9 թվանշաններով, տասը՝ վոչ հաւասար մասերի: Այդ թվանշաններին համապատասխան յերկարութիւնները (ձախ ծայրից հաշված) համեմատական են նրանց լոգարիթմներին. այսինքն՝ 1 և 2, 1 և 3, 1—4 և այլն թվանշանների միջև գտնվող հատվածների յերկարութիւնները համեմատական են 2, 3, 4... 10 թվերի լոգարիթմներին: Տարածութիւնը 1—2 թվանշանների միջև բաժանված է տասը մասի (1—9 թվանշաններով) և յուրաքանչյուր մասը դարձյալ տասը մասի յետ բաժանված. այդպիսով 1—2 ինտերվալը բաժանված է 100 մասի: 2—3 և 3—4 ինտերվալները բաժանված են 50-ական մասի: Մնացած ինտերվալները (4—5, 5—6, 6—7, 7—8, 8—9) բաժանված են 20-ական մասի:

Յերրորդ սկալան տեղավորված է «լեզվակի» ներքին յեզրի վրա և նույնութեամբ համընկնում է նախորդ սկալայի հետ. սա նշանակվում է «1»-ով:

Զորրորդ սկալան նույնն է, ինչ վոր նախորդները, միայն թվանշաններն սկսվում են հակառակ կարգով, այսինքն սկսվում է

10-ով (գրված՝ 1) և վերջանում 1-ով. նա գտնվում է լեզվակի վրա (միջին տողը) և նշանակվում I_h -ով:

Հին գերոգ սկալան գտնվում է «լեզվակի» վերին յեզրին, պատրաստված է նույն ձևով, ինչ I սկալան է, սակայն յերկու անգամ փոքրացած է. այդպիսով նա պարունակում է բոլոր թվերի լոգարիթմները՝ սկսած մեկից մինչև 100-ը:

Այս սկալայի վրա թվերը գրված են հետևյալ կարգով՝ 1, 2, 3...9, 1 (փոխանակ 10-ի), 2 (20-ի փոխարեն) և այլն մինչև 1 (100-ի փոխարեն): Սկալան նշանակենք K_1 -ով:

Վեցերոգ սկալան, վորը գտնվում է «քանոնի» վրա, նույնն է ինչ նախորդը. նշանակենք K -ով:

Վերջապես յոթերոգ սկալան (նշանակված M -ով) գտնվում է «քանոնի» վերին յեզրի վրա և պարունակում է բոլոր թվերի լոգարիթմները սկսած 1-ից մինչև 1000-ը:

Բացի այս յոթը սկալաններից կա ևս յերեք սկալա, վորոնք նշանակված են լեզվակի տակի յերեսի վրա: Ներքևի սկալան (նշանակված T -ով) տանգենսների սկալան է. նրա միջոցով կարելի յե գտնել տանգենսները՝ $5^\circ 45'$ մինչև 45° անկյունների:

Միջին սկալան (նշանակված է $S\&T$) ծառայում է $35^\circ, 5'$ մինչև $5^\circ 45'$ անկյունների սինուսները և տանգենսները գտնելու համար: Վերին սկալան (նշանակված S -ով) ծառայում է $5^\circ 45'$ մինչև 90° անկյունների սինուսները գտնելու համար:

2. I յեւ I_1 սկալաների վրա ամեն մի քվի համապատասխան տեղը զտնել: Նախ տեսնենք, թե ինչպես են գտնում «միանիշ» թվերը. «միանիշ» ասելով հասկանում ենք այնպիսի անկանոն տասնորդական կոտորակ, վորի ամբողջ մասը 9-ից մեծ չի:

Դիցուք պետք է գտնել 1,52 թիվը. այս թիվը գտնվում է 1 և 2 միջև (վորոնք նշանակված են խոշոր թվանշաններով). կանգ ենք առնում 5-ի վրա. դնելով վիզիրի գիծը այդ 5-ի վրա, կստանանք 1,5 թիվը. մեզ հարկավոր 1,52 գտնելու համար՝ յերկու բաժանմունք աջ ենք դնում (ամեն մի բաժանմունք այս՝ 1—2 ինտերվալում հավասար է 0,01):

Գտնենք հիմա 1,478 թիվը: Այս թիվը գտնվում է 1,47-ի և 1,48-ի միջև. իսկ թվերը մենք կարող ենք գտնել յեթե վիզիրի գիծը դնելով 1,48-ի վրա, վիզիրը դեպի ձախ շարժենք գծի հաստուածթյամբ, ապա կստանանք 1,478 թիվը:

Գտնենք 6,56 թիվը: Այս թիվը գտնվում է 6-ի և 7-ի միջև (խոշոր թվանշաններով գրված): Դնելով վիզիրը նրանց ճիշտ միջնագծի վրա կստանանք 6,5 թիվը. իսկ յեթե տանենք դեպի աջ՝ հաբեան յերկար գծի վրա, կստանանք 6,6 թիվը. այս յերկուսի միջև

կա ևս մի գիծ, ավելի կարճ, քան հարեան գծերը. նրան համապատասխան թիվը կլինի 6,55: Մեզ հարկավոր 6,56 թիվն ստանալու համար, վիզիրը պետք է դեպի աջ շարժել գծի հաստուածթյամբ (մոտավորապես):

Իմանալով հաշվեքանոնի յերկարությունը կարելի յե հաշվել ամեն մի բաժանմունքի յերկարությունը (ոգտվելով վիզիրից և L սկալայից), վորը տարբեր ինտերվալներում տարբեր է. միաժամանակ կարելի յե ասել, թե ինչպիսի բացարձակ և հարաբերական սխալ ենք առնում վորեն թիվ սկալայի վրա վերցնելիս: Հաշվները ցույց են տալիս, վոր այդ հարաբերական սխալը գտնվում է $0,15\%$ և $0,2\%$ միջև: Հաշվեքանոնով հաշվելիս կատարած սխալը կախում ունի նաև հաշվողի փորձառությունից և գործիքի առանձնահատկություններից: հաշվողի համար այդ սխալը կարող է լինել $0,1\%$, իսկ սկսնակի համար $0,2\%$ և ավել:

3. Բազմապատկում՝ «միանիշ» քվերի: Դիցուք պետք է հաշվել $2,46 \cdot 3,54$ արտադրյալը: Գործողությունը կատարվում է այսպես: I սկալայի վրա գտնում ենք 2,46 թիվը և նրա վրա դնում վիզիրի գիծը. նույն գծի վրա յենք դնում I_1 սկալայի ձախ ծայրը (այսինքն 1 թիվը). ապա I_1 -ի վրա գտնելով 3,54-ը այդ թվի վրա տեղափոխում վիզիրը: I սկալայի վրա, այն ժամանակ, վիզիրի գծի տակ կգտնենք արտադրյալը՝ 8,71:

Նկատի ունենալով, վոր I և I_1 սկալանների վրա գրած թվերով և ձախ ծայրով կազմված հատվածները համեմատական են հենց այդ թվերի լոգարիթմներին, ապա գումարելով այդ հատվածները մենք գումարում ենք թվերի լոգարիթմները և այդ գումարը կներկայացնի արտադրյալի լոգարիթմը, իսկ նրա համապատասխան թիվը՝ արտադրյալը:

Յեթե բազմապատկիչների լոգարիթմների գումարը մեծ է 1-ից, այն ժամանակ վերոհիշյալ յեղանակով չի լինի բազմապատկել: Այս դեպքում I_1 -ի ձախ ծայրը պետք է փոխարինել աջ ծայրով. այդ դեպքում I_1 -ի ձախ ծայրը կգտնվի լոգարիթմը գումարելու փոխանույնն է, թե յերկրորդ արտադրիչի լոգարիթմը գումարելու փոխանույնն է, հանենք նրա մասնիկի լրացուցիչը (ապացուցել): Դիցուք պետք է բազմապատկել $7,35 \cdot 9,48$: Դրա համար I -ի վրա գտնում ենք 7,35-ը. նրա հետ համատեղում I_1 -ի աջ ծայրը. ապա I_1 -ի վրա գումարում 9,48 թիվը, սրա համապատասխան թիվը I -ի վրա կլինի $69,68 = 7,35 \cdot 9,48$: Համապատասխան թիվը գտնում ենք վիզիրի միջոցով:

4. «Միանիշ» քվերի բաժանումը: Դիցուք պետք է գտնել $4,28 : 1,94$:

Նախ գտնում ենք I -ի վրա 4,28. նրա հետ համատեղում I_1 -ի

1,94 թիվը. այն ժամանակ I_1 -ի 1-ի (ձախ ծայրի) համապատասխան թիվը 1-ի վրա կլինի պահանջած թիվը՝ 2,206:

Բաժանման ժամանակ ևս կարող ե պատահել, վոր I_1 -ի ձախ ծայրը հաշվեքանոնից դուրս գա. այդ տեղի յե ունենում, յերբ համարիչի լոգարիթմի մանտիսը փոքր ե հայտարարի լոգարիթմի մանտիսից (ապացուցել): Այս դեպքում վարվում ենք նույն ձևով, ինչպես և բազմապատկման ժամանակ: Որինակի համար հաշվենք $\frac{2,65}{8,42}$ 1-ի վրա գտնում ենք 2,65-ը և նրա հետ համատեղում I_1 -ի

8,42 թիվը. այն ժամանակ I_1 -ի աջ ծայրը՝ 1-ի վրա տալիս ե պահանջված քանորդը. տվյալ դեպքում 0,314:

5. Բազմապատկում յեթի բաժանում կառավար քվերի ցկաւումը: Յուրաքանչյուր թիվ (N) կարող ե պատկերացվել այսպես $N = a \cdot 10^m$, վորտեղ a -ն «միանիշ» թիվ ե, իսկ m -ը դրական կամ բացասական թիվ ե: Որինակ. $4237 = 4,237 \cdot 10^3$, $0,35 = 3,5 \cdot 10^{-1}$: Հետևաբար 4237-ը $0,35$ -ով բազմապատկելու համար, նախ բազմապատկում ենք, նախորդ յեղանակով՝ 4,237-ը $3,5$ -ով. ապա արտադրյալը բազմապատկում 10^2 ($10^3 \cdot 10^{-1} = 10^2$):

Նույն ձևով ենք վարվում նաև բաժանման ժամանակ:

Ծանոթություն: Բազմապատկման և բաժանման գործողությունները կարելի յե կատարել նաև K և K_1 սկալանների վրա:

6. Բարձրացնել և ցածրացնել: Այս գործողության համար հաշվեքանոնի «լեզվակը» չի գործածվում:

Ինչպես տեսանք K և K_1 սկալանները յերկու անգամ կարճ են 1-ից. հետևաբար միևնույն հատվածը, վորը 1-ի վրա հանդիսանում ե վորեւե a -ի լոգարիթմը, K-ի կամ K_1 -ի վրա հավասար կլինի $2 \log a$, այսինքն կներկայացնի a^2 թիվը: Հետևաբար վորեւե a թվի քառակուսին գտնելու համար պետք ե այդ թիվը վերցնել 1 սկալայի վրա և նրա հետ համատեղել վիզիրի գիծը. նույն գիծը ցույց կտա K-ի վրա a^2 :

Որինակ՝ հաշվել $4,5^2$:

1-ի վրա վերցնում ենք 4,5 և այդ թվի համատեղում վիզիրի գիծը. նույն գծի տակ K սկալայի վրա ունենք 2025 թիվը. բայց վորովհետև $4,5^2$ -ին յերկնիշ ե, ապա ուրեմն $4,5^2 = 20,25$:

Դարձյալ մի որինակ. հաշվել $0,36^2$:

Պատկերացնենք այդ թիվը «միանիշ» թվի միջոցով՝ $0,36^2 = (3,6 \cdot 10^{-1})^2 = 3,6^2 \cdot 10^{-2}$:

Ուրեմն, նախ պետք ե գտնել $3,6^2$. ապա արդյունքը բաժանել 100-ի վրա: Կատարելով գործողությունները կստանանք $0,36^2 = 0,13$: Հաշվի միջոցով ոտացվում ե՝ $0,36^2 = 0,1296$:

Հաշվեքանոնի տված սխալը (բացարձակ) տվյալ դեպքում հավասար ե $0,0004$. իսկ հարաբերական սխալը հավասար ե $\frac{4}{1296} \approx 0,003 = 0,3\%$:

7. Քառակուսի արմատ հանել: Տվյալ a միանիշ թվից քառակուսի արմատ հանելու համար, a թիվը գտնում ենք K սկալայի վրա և նրա հետ համատեղում վիզիրի գիծը. նույն գծի տակ 1-ի վրա ստանում ենք $\sqrt{a}$: Յեթե տված թիվը «միանիշ» չի, ապա բազմապատկելով 10-ի համապատասխան աստիճանով կարելի յե վերածել յերկու արտադրիչների՝ «միանիշ» թվի և 10^m -ի: Գործողությունների հետագա ընթացքը նույնն ե:

8. Խորանարդ աստիճան բարձրացնել: I և M (յոթերորդ) սկալանների միջոցով հեշտությամբ գտնվում ե ամեն մի թվի խորանարդը: M-ի թվերը նշանակված են այսպես՝ միևնույն հատվածը, վորը 1 սկալայի վրա հանդիսանում ե a -ի լոգարիթմը, M-ի վրա հավասար ե $3 \log a$, այսինքն ներկայացնում ե a^3 . այսինքն, յեթե վիզիրի գիծը I սկալայի վրա գրվի a -ի վրա, ապա M-ի վրա նա ցույց կտա a^3 :

Նախ քան խորանարդ բարձրացնելը, թիվը պետք ե պատկերացվի «միանիշ» թվի և 10^m արտադրյալի ձևով:

Որեհակեւե՝ Հաշվել՝ $(32,45)^3$

$(32,45)^3 = (3,245 \cdot 10)^3 = 3,245^3 \cdot 10^3$:

1-ի վրա վերցնում ենք 3,245. գտնում նրա համապատասխանը M-ի վրա (վիզիրի միջոցով): Ստանում ենք 342. բայց քանի վոր $3,245^3$ յերկնիշ թիվ ե, ուստի $3,245^3 = 34,2$. իսկ $32,45^3 = 34200$ հարաբերական սխալը հավասար ե $0,2\%$:

9. Խորանարդ արմատ հանել: $\sqrt[3]{a}$ գտնելու համար, M-ի վրա գտնում ենք a -ն, և նրա համապատասխանը 1-ի վրա կլինի հենց $\sqrt[3]{a}$: Հաշվենք $\sqrt[3]{4,64}$:

M սկալայի վրա վերցնում ենք 4,64 թիվը (4 և 5 թվանշանների միջև). գտնում ենք նրա համապատասխանը 1-ի վրա՝ 1666. բայց վորովհետև $\sqrt[3]{4,64}$ միանիշ ե, ուստի $\sqrt[3]{4,64} = 1,666$:

10. Տված քվի լոգարիթմը գտնել: Դրա համար ծառայում ե L սկալան: Ինչպես տեսանք L-ը բաժանված ե 500 հավասար մասերի. իսկ 1-ի վրա վերցրած հատվածները համեմատական են նշանակված թվերի լոգարիթմներին. հետևապես, յեթե վիզիրի գիծը գրվի 1-ի վորեւե a թվի վրա, ապա նույն գիծը L-ի վրա կտա $\log a$ (ավելի ճիշտ, $\log a$ -ի մանտիսը): Բերենք մի շարք որինակներ:

$$\begin{aligned}\log 1,1 &= 0,012 & \log 3,32 &= 0,51 \\ \log 1,5 &= 0,176 & \log 5,48 &= 0,738 \\ \log 2,3 &= 0,362 & \log 8,25 &= 0,916\end{aligned}$$

L և I սկալաների միջոցով կարելի յե կատարել և հակառակ գործողությունը, այսինքն, գտնել այն թիվը, Վորի լոգարիթմը տված է:

Որինակներ 1. $\log x = 0,324$:

L-ի վրա վերցնում ենք 324 թիվը և նրա համապատասխանը I-ի վրա՝ 211-ը կլինի այն թիվը, Վորի լոգարիթմի մաստիսը 324 է. իսկ Վորովհետև խարակտերիստիկը 0-ն, ուրեմն $x = 2,11$:

2. $\log x = 1,688$:

L-ի վրա վերցնում ենք 688 և նրա համապատասխանը I-ի վրա, Վորը կլինի 488. Բայց Վորովհետև խարակտերիստիկը հավասար է մեկի, ապա ուրեմն $x = 48,8$:

Նախորդ ասածներից կարող ենք յեղրակացնել, Վոր հաշվեքանոնը հնարավորություն կտա մեծ հեշտություններ և արագություններ հաշվել բարդ արտահայտություններ:

11. Տված թվի ռդած արժեքը գտնել: Հաճախ կարիք է լինում գտնազան թվերի շրջած արժեքը գտնել: Այդ նպատակի համար շատ հարմար է I_h սկալան: Ստուգենք I_h սկալայի հետևյալ հատկություններ: Վերցնենք յերկու համապատասխան թիվ՝ I_1 -ի և I_h -ի վրա. ինչպես տեսնում ենք նրանց արտադրյալը հավասար է 10-ի: Իրոք, I_1 -ի 2-ին՝ I_h վրա համապատասխանում է 5 ($2 \cdot 5 = 10$), 4-ին համապատասխանում է 2,5 և այլն: Այս հատկության պատճառն այն է, Վոր յերկու իրար համապատասխան թվերի (a_1 և a_2) լոգարիթմների գումարը հավասար է սկալայի յերկարությունը, այսինքն $1 = \lg 10$. հետևաբար

$$\log a_1 + \log a_2 = \log 10$$

$$\text{կամ} \quad a_1 a_2 = 10$$

$$\text{Ուրեմն} \quad a_1 = \frac{10}{a_2}, \text{ իսկ } a_2 = \frac{10}{a_1}$$

Մրանից յերևում է, թե ինչպես պետք է տված թվի շրջած արժեքը գտնել՝ տված թիվը վերցնում ենք I_1 -ի վրա և գտնում նրա համապատասխան I_h -ի վրա. ստացած թիվը բաժանելով 10-ի վրա կստանանք տված թվի շրջած արժեքը:

12. Սինուսի լիկ ցանցների արժեքներ սահմաններում: Յեռանկյունաչափական ֆունկցիաների արժեքները գտնելու համար պետք է նախ լեզվակը շուռ տալ: Լեզվակի վրա կտեսնենք 3 սկալա: Առաջին սկալան (S) տալիս է սինուսների լոգարիթմների այն անկյունները, Վորոնք անմիջապես քանոնի վրա նշանակված են՝ $5^\circ 45'$

մինչև 90° : Բաժանմունքների մասշտաբը I սկալայի մասշտաբն է. այդ հնարավորություն և տալիս I սկալայի միջոցով հաշվել անկյան սինուսը. Բայց Վորովհետև I-ի վրա թվերն սկսվում են 1-ից մինչև 10, ապա սինուսի արժեքն ստանալու համար I-ի ցուցմունքը պետք է բաժանել 10-ի վրա:

Նույն յեղանակով T սկալայի միջոցով գտնում ենք անկյան տանգենսը՝ $5^\circ 45'$ մինչև 45° անկյունների համար:

S&T սկալայի միջոցով գտնում ենք փոքր անկյունների ($35' 5$ մինչև $5^\circ 45'$) սինուսը և տանգենսը. սակայն այս դեպքում I-ի ցուցմունքը պետք է բաժանել 100-ի վրա:

Որինակներ

$$\sin 6^\circ 30' = 1,133 : 10 = 0,1133$$

$$\sin 10^\circ = 1,736 : 10 = 0,1736$$

$$\sin 23^\circ 50' = 0,4048$$

$$\sin 55^\circ 10' = 0,820$$

$$\sin 74^\circ 20' = 0,963$$

$$\operatorname{tg} 10^\circ = 1,763 : 10 = 0,1763$$

$$\operatorname{tg} 15^\circ 35' = 2,740 : 10 = 0,2740$$

$$\operatorname{tg} 21^\circ 48' = 0,401$$

$$\operatorname{tg} 35^\circ 40' = 0,7175$$

$$\operatorname{tg} 40^\circ 20' = 0,849$$

$$\operatorname{tg} 44^\circ 10' = 0,971$$

Յեթե α անկյունը մեծ է 45° -ից, ապա նրա տանգենսը գտնելու համար կողովենք հետևյալ բանաձևից

$$\operatorname{tg} \alpha = \cotg (90^\circ - \alpha) = \frac{1}{\operatorname{tg} (90^\circ - \alpha)}$$

Վորտեղ

$$90^\circ - \alpha < 45^\circ$$

Ուրեմն α անկյան տանգենսը գտնելու համար, նախ պետք է գտնել $90^\circ - \alpha$ անկյան տանգենսը, ապա ստացած արժեքը շրջիլ՝ Վերջին գործողությունը կատարվում է I_h սկալայի միջոցով:

Մյուս յեռանկյունաչափական ֆունկցիաները կարելի է հաշվել սինուսների և տանգենսների միջոցով:

ՍԽԱԼՆԵՐԻ ՀԱՇՎՈՒՄԸ

1. Յուրաքանչյուր ֆիզիկական մեծություն կարող է վորոշվել (չափելու և հաշվելու պրոցեսների միջոցով) միայն մի վորոշ ճշտությամբ. ճշտության սահմանը կախված է մեր ունակություններից, տեխնիկայի զարգացման աստիճանից և պահանջից:

Ֆիզիկական յերևույթի ուսումնասիրությունը կապված է այս կամ այն հաշվելու կամ չափելու պրոցեսի հետ. յուրաքանչյուր արդյունք գիտական արժեք կունենա միայն այն ժամանակ, յերբ գտնված մեծությունների ճշտության աստիճանը մեղ հայտնի չէ, միայն այդ դեպքում կատարված չափումները արժեք են ներկայացնում. յեթե մի վորոշ ֆիզիկական մեծության համար գտնված է որ. 2,41 թիվը և հայտնի չի այդ թվի ճշտության սահմանը, ապա այդ թիվը վոչ մի արժեք չունի ֆիզիկոսի համար: Այդ է պատճառը, վոր լատերաւոր աշխատանք կատարողից պահանջվում է վոչ միայն այս կամ այն մեծությունը գտնել, այլ նաև ցույց տալ գտած թվի ճշտության սահմանը:

2. Չափումների պրոցեսին անխուսափելիորեն ուղղեկցում են յերկու տեսակ սխալներ՝ սխտեմատիկ և պատահական:

Սխտեմատիկ սխալները առաջանում են գործիքների և կիրառվող մեթոդի թերություններից: Նման սխալների մասին խոսք չի լինելու, նրանցից հնարավոր է խուսափել:

Պատահական սխալների պատճառը մեր զգայանների անկատարությունն է: Պատահական սխալները վոչ մի հայտնի որեւի յենթակա չեն՝ մի չափում տալիս է իսկականից մեծ արժեք, մի ուրիշ չափում նույն հաշվողությամբ կարող է ավելի փոքր արժեք տալ:

Պատահական սխալները հատուկ ուսումնասիրության առարկա չեն ներկայացնում հավանականություն տեսության համար: Մեղ համար այնուամենայնիվ կարևոր է ծանոթանալ մի շարք գործնական միջոցների, վորոնք անհրաժեշտ են չափած մեծության ճշտության սահմանը վորոշելու տեսակետից:

3. Ինչպես ասացինք, յուրաքանչյուր չափում իր մեջ պարունակում է վորոշ սխալ. բաց այդ սխալը կարող է լինել և դրական, և բացասական. այսինքն չափումից ստացած թիվը կարող է և մեծ լինել իսկական արժեքից և փոքր. իսկ յեթե չափումը մենք մի քանի անգամ կրկնենք, ապա շատ հավանական է, վոր դրական նշանով կատարած սխալը հավասարվի բացասական նշանով սխալին: Յեւ յեթե այդ չափումների միջին թվաբանականը վերցնենք, ապա իսկականին ավելի մոտ արժեք կստանանք, քան առանձին չափումներից վորեւ մեկն է տալիս: Իրոք, դիցուք մի վորոշ մեծություն, վորի իսկական արժեքն է a , չափում ենք n անգամ և ստանում հետևյալ թվերը՝

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$$

և դիցուք առաջին արդյունքը տարբերվում է իսկականից (a -ից) ε_1 -ով, յերկրորդը ε_2 և այլն: Ստանում ենք հետևյալ հավասարություններ՝

$$\begin{aligned} a - a_1 &= \varepsilon_1 \\ a - a_2 &= \varepsilon_2 \\ &\dots \\ a - a_n &= \varepsilon_n \end{aligned} \quad (1)$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots, \varepsilon_n$ մեղ անհայտ են. սակայն մենք կարող ենք պնդել, վոր այդ սխալները միևնույն հավանականությամբ կարող են և դրական լինել և բացասական. շեղումները և մեծի կողմը, և փոքրի կողմը հավասար հավանական են. յեթե չափումների թիվը (n -ը) բավական մեծ է, Այդ իսկ պատճառով կարող ենք ընդունել, (մեծ ճշտությամբ), վոր $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n = 0$: Գումարելով (1) հավասարությունները կստանանք՝

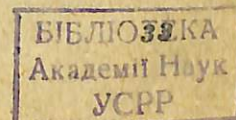
$$na - (a_1 + a_2 + \dots + a_n) = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n$$

Ինչպես ասացինք, $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n = 0$, հետևաբար

$$\begin{aligned} na &= a_1 + a_2 + \dots + a_n, \text{ իսկ} \\ a &= \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \bar{a} \end{aligned} \quad (2)$$

այսինքն, չափվող մեծության ամենահավանական արժեքը (իսկական արժեքին մոտ մեծությունը) հանդիսանում է n չափումների միջին թվաբանականը՝ $\bar{a}$:

Առանձին չափումների շեղումները միջին արժեքից ($\bar{a}$ -ից) մեծ ճշտությամբ նույնն են, ինչվոր շեղումները իսկական (a) արժեքից



[(2) հավասարության հիման վրա], այսինքն հավասար են

$$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$$

այս մեծությունները՝ վերցրած դրական նշանով կոչվում են առանձին չափումների բացարձակ սխալներ:

Առանձին սխալների միջին թվաբանականը կոչվում է միջին բացարձակ սխալ. այդ սխալը նշանակենք ε_0 :

Ուրեմն
$$\varepsilon_0 = \pm \frac{|\varepsilon_1| + |\varepsilon_2| + \dots + |\varepsilon_n|}{n}$$

Վորտեղ $|\varepsilon_i|$ -ով նշանակված է ε_i -ի թվային արժեքը: Միջին բացարձակ սխալի (ε_0 -ի) և չափվող մեծություն միջին արժեքի հարաբերությունը կոչվում է միջին հարաբերական սխալ (E)՝

$$E = \frac{\varepsilon_0}{a}$$

Միջին հարաբերական սխալը սովորաբար արտահայտում են տոկոսներով՝ վորի համար $\frac{\varepsilon_0}{a}$ բաղմադատվում են 100-ով:

4. Հավանականությունյան տեսությունյան մեջ զբաղվում են նաև հետևյալ մեծություններով՝

1. առանձին չափումների միջին կվադրատիկ սխալով, վորը կնշանակենք f_m :

2. արդյունքի միջին կվադրատիկ սխալով (F_m).

3. առանձին չափումների հավանական սխալով (f_w).

4. արդյունքի հավանական սխալով (F_w):

f_m և F_m մեծությունները սահմանվում են հետևյալ հավասարումներով՝

$$f_m \pm = \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n-1}}$$

Վորտեղ n -ը կատարած չափումների թիվն է.

$$F_m = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)}}$$

Արտահայտությունների առաջ վերցված են $+$ և $-$ նշանները այն իմաստով, վոր հավասար չափով հավանական է և պլյուս նշանը և մինուս նշանը. այսինքն, իսկական արժեքի համար հավասար հավանական է

$$\bar{a} + F_m \text{ և } \bar{a} - F_m$$

Վորտեղ $\bar{a}$ միջին թվաբանականն է:

f_w և F_w մեծությունների համար հավանականությունյան տեսությունը արտածում է հետևյալ հավասարությունները

$$f_w = \pm 0,6745 f_m = \pm 0,6745 \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n-1}}$$

$$F_w = \pm 0,6745 F_m = \pm 0,6745 \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)}}$$

Ինչ վերաբերում է առանձին չափումների սխալներին f_m և f_w (կվադրատիկ և հավանական), պարզ է, վոր նրանց արժեքը չի փոքրանա, յերբ չափումների թիվը (n) մեծանում է, վորովհետև առանձին չափումների վորակը կախում ունի գործիքների և չափողի հատկություններից. իսկ արդյունքի վերաբերյալ սխալները՝ կվադրատիկ սխալը (F_m) և հավանական սխալը (F_w) փոքրանում են, յերբ n -ը մեծանում է. այդ յերևում է F_m և F_w արտահայտություններից:

Այդպիսով, իբրև վերջնական արդյունք չափվող մեծության համար կարող ենք ընդունել

$$a = \bar{a} \pm 0,6745 F_m$$

Կամ

$$a = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \pm 0,6745 \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)}}$$

Կիրառենք մեր ստանդերը մի որինակի նկատմամբ: Դիցուք չափելով տված խորանարդի կողը, ստացանք հետևյալ թվերը՝

22,13 mm, 22,10 mm, 22,09mm, 23,13 mm

22,08 mm, 22,08 mm, 22,16 mm:

Գտնում ենք նախ միջին թվաբանականը

$$\bar{a} = \frac{22,13 + 22,10 + 22,09 + 22,13 + 22,08 + 22,16 + 22,08}{7}$$

$$\bar{a} = 22,11 \text{ mm:}$$

Առանձին չափումների սխալները (վերցրած է թվային արժեքը անկախ նշանից)

$$\varepsilon_1 = |22,11 - 22,13| = 0,02 \text{ mm.}$$

$$\varepsilon_2 = |22,11 - 22,10| = 0,01 \text{ mm.}$$

$$\varepsilon_3 = |22,11 - 22,09| = 0,02 \text{ mm.}$$

$$\varepsilon_4 = |22,11 - 22,13| = 0,02 \text{ mm.}$$

$$\varepsilon_5 = |22,11 - 22,08| = 0,03 \text{ mm.}$$

[(2) հավասարության հիման վրա], այսինքն հավասար են

$$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$$

այս մեծությունները՝ վերցրած դրական նշանով կոչվում են առանձին չափումների բացարձակ սխալներ:

Առանձին սխալների միջին թվաբանականը կոչվում է միջին բացարձակ սխալ. այդ սխալը նշանակենք ε_0 .

Ուրեմն
$$\varepsilon_0 = \pm \frac{|\varepsilon_1| + |\varepsilon_2| + \dots + |\varepsilon_n|}{n}$$

վորտեղ $|\varepsilon_i|$ -ով նշանակված է ε_i -ի թվային արժեքը: Միջին բացարձակ սխալի (ε_0 -ի) և չափվող մեծության միջին արժեքի հարաբերությունը կոչվում է միջին հարաբերական սխալ (E)՝

$$E = \frac{\varepsilon_0}{a}$$

Միջին հարաբերական սխալը սովորաբար արտահայտում են տոկոսներով՝ վորի համար $\frac{\varepsilon_0}{a}$ բազմապատկում են 100-ով:

4. Հավանականության տեսությունից մեջ դրադվում են նաև հետևյալ մեծություններով՝

1. առանձին չափումների միջին կվադրատիկ սխալով, վորը կնշանակենք f_m .

2. արդյունքի միջին կվադրատիկ սխալով (F_m).

3. առանձին չափումների հավանական սխալով (f_w).

4. արդյունքի հավանական սխալով (F_w):

f_m և F_m մեծությունները սահմանվում են հետևյալ հավասարումներով՝

$$f_m = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n-1}}$$

վորտեղ n -ը կատարած չափումների թիվն է.

$$F_m = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)}}$$

Արտահայտությունների առաջ վերցված են $+$ և $-$ նշանները այն իմաստով, վոր հավասար չափով հավանական է և պլյուս նշանը և մինուս նշանը. այսինքն, իսկական արժեքի համար հավասար հանական է

$$\bar{a} + F_m \text{ և } \bar{a} - F_m$$

վորտեղ $\bar{a}$ միջին թվաբանականն է:

f_w և F_w մեծությունների համար հավանականության տեսությունը արտածում է հետևյալ հավասարությունները

$$f_w = \pm 0,6745 f_m = \pm 0,6745 \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n-1}}$$

$$F_w = \pm 0,6745 F_m = \pm 0,6745 \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)}}$$

Ինչ վերաբերում է առանձին դիտումների սխալներին f_m և f_w (կվադրատիկ և հավանական), պարզ է, վոր նրանց արժեքը չի փոքրանա, յերբ չափումների թիվը (n) մեծանում է, վորովհետև առանձին չափումների վորակը կախում ունի գործիքների և դիտողի հատկություններից. իսկ արդյունքի վերաբերյալ սխալները՝ կվադրատիկ սխալը (F_m) և հավանական սխալը (F_w) փոքրանում են, յերբ n -ը մեծանում է. այդ յերևում է F_m և F_w արտահայտություններից:

Այդպիսով, իբրև վերջնական արդյունք չափվող մեծության համար կարող ենք ընդունել

$$a = \bar{a} \pm 0,6745 F_m$$

կամ

$$a = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} \pm 0,6745 \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)}}$$

Կիրառենք մեր ասածները մի որինակի նկատմամբ: Դիցուք չափելով տված խորանարդի կողը, ստացանք հետևյալ թվերը՝

$$22,13 \text{ mm}, 22,10 \text{ mm}, 22,09 \text{ mm}, 23,13 \text{ mm}$$

$$22,08 \text{ mm}, 22,08 \text{ mm}, 22,16 \text{ mm}:$$

Գտնում ենք նախ միջին թվաբանականը

$$\bar{a} = \frac{22,13 + 22,10 + 22,09 + 22,13 + 22,08 + 22,16 + 22,08}{7}$$

$$\bar{a} = 22,11 \text{ mm}:$$

Առանձին չափումների սխալները (վերցրած է թվային արժեքը անկախ նշանից)

$$\varepsilon_1 = |22,11 - 22,13| = 0,02 \text{ mm}.$$

$$\varepsilon_2 = |22,11 - 22,10| = 0,01 \text{ mm}.$$

$$\varepsilon_3 = |22,11 - 22,09| = 0,02 \text{ mm}.$$

$$\varepsilon_4 = |22,11 - 22,13| = 0,02 \text{ mm}.$$

$$\varepsilon_5 = |22,11 - 22,08| = 0,03 \text{ mm}.$$

$$\varepsilon_6 = |22,11 - 22,16| = 0,05 \text{ mm.}$$

$$\varepsilon_7 = |22,11 - 22,08| = 0,03 \text{ mm.}$$

Միջին բացարձակ սխալը (ε_0) հավասար է

$$\varepsilon_0 = \frac{0,02 + 0,01 + 0,02 + 0,02 + 0,03 + 0,05 + 0,03}{7}$$

$$\varepsilon_0 = \pm 0,026 \text{ mm.}$$

Միջին հարաբերական սխալը (E) հավասար է

$$E = \pm \frac{0,026}{22,11} = 0,0012 \text{ կամ } 0,12\%$$

Առանձին չափումների միջին կվադրատիկ սխալը f_m հավասար է

$$f_m = \pm \sqrt{\frac{0,02^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,05^2 + 0,03^2}{6}}$$

$$f_m = \pm 0,031,$$

Արդյունքի միջին կվադրատիկ սխալը F_m հավասար է

$$F_m = \pm \frac{0,031}{\sqrt{7}} = \pm 0,004 \text{ mm}$$

Արդյունքի հավանական սխալը (F_w) կլինի

$$F_w = \pm 0,6745 \cdot 0,004 = \pm 0,0027 \text{ mm}$$

Հավանական հարաբերական սխալը կլինի

$$\frac{0,0027}{22,11} = 0,0001 \text{ կամ } 0,01\%$$

Յուրաքանչյուր աշխատանքի բացատրականի վերջում տրվում է սխալի հաշվման յեղանակը. սակայն մենք սահմանափակվում ենք միջին բացարձակ և միջին հարաբերական սխալների հաշվումներով:

5. Գումարի յեվ տարբերության սխալը: Դիցուք տված է գտնել բաղադրված պարագիծը (S), վորի առանձին կողմերի յերկարությունները (a, b, c, d...) կարող են չափվել՝ $\pm \Delta a$, $\pm \Delta b$, $\pm \Delta c$ և այլն բացարձակ սխալներով. պետք է գտնենք S-ի սխալը (ΔS): S-ն իբրև պարագիծ հավասար է՝

$$S = a + b + c + d + \dots:$$

Ամենաանբարենպաստ դեպքը կլինի այն, վոր բոլոր սխալները միևնույն նշանը կունենան. այն ժամանակ ամբողջ գումարի սխալը ΔS -ը հավասար կլինի

$$\Delta S = \pm (\Delta a + \Delta b + \Delta c + \dots)$$

այսինքն, գումարի ամենամեծ հնարավոր սխալը հավասար է գումարելիների բացարձակ սխալների գումարին:

Իսկ հարաբերական ամենամեծ սխալը կլինի

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \frac{\Delta a + \Delta b + \Delta c + \dots}{a + b + c + \dots}$$

Դիցուք S մեծությունը ներկայացնում է a և b տարբերությունը՝

$$S = a - b$$

վորտեղ a և b չափելու հնարավոր սխալներն են $\pm a$ և $\pm b$: S-ի համար ամենամեծ սխալը կստացվի այն ժամանակ, յերբ a-ի և b-ի սխալները տարբեր նշաններ ունեն. հետևաբար տարբերության ամենամեծ բացարձակ սխալը կլինի՝

$$\Delta S = \pm (\Delta a + \Delta b)$$

Իսկ հարաբերական ամենամեծ սխալը կլինի

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \frac{\Delta a + \Delta b}{a - b}$$

6. Արտադրյալի սխալը: Դիցուք S-ով նշանակված է մի ուղղանկյան մակերեսը, վորի կողմերը a և b կարող են չափվել $\pm \Delta a$ և $\pm \Delta b$ սխալներով. գտնենք S-ի ամենամեծ սխալը (ΔS). ուղղանկյան կողմերի ամենամեծ հնարավոր արժեքը կլինեն $a + \Delta a$ և $b + \Delta b$. Իսկ ուղղանկյան մակերեսի ամենամեծ արժեքը կլինի՝

$$(a + \Delta a)(b + \Delta b):$$

Հետևաբար

$$\Delta S = (a + \Delta a)(b + \Delta b) - ab$$

կամ

$$\Delta S = b \cdot \Delta a + a \cdot \Delta b + \Delta a \cdot \Delta b:$$

$\Delta a \cdot \Delta b$ -ով կարելի չե արհամարհել՝ իբրև փոքր մեծությունների արտադրյալ զգալի փոքր է մյուս գումարելիներից. այդպիսով ΔS -ի համար ստանում ենք՝

$$\Delta S = \pm (b \cdot \Delta a + a \cdot \Delta b)$$

այսինքն արտադրյալի ամենամեծ բացարձակ սխալը հավասար է արտադրիչներից առաջինին՝ բաղադրված մյուսի բացարձակ սխալով՝ գումարած յերկրորդ արտադրիչը՝ բաղադրված առաջինի բացարձակ սխալով:

Արտադրյալի հարաբերական ամենամեծ սխալը հավասար է՝

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \frac{b \cdot \Delta a + a \cdot \Delta b}{ab} = \pm \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right)$$

այսինքն արտադրյալի հարաբերական ամենամեծ սխալը հավասար է արտադրիչների հարաբերական սխալների գումարին:

Դժվար չի համոզվել, Վոր յեթե արտադրիչներից մեկը (որինակ a -ն) հաստատուն է,

ապա $\Delta a = 0$ և
 $\Delta S = \pm a \cdot \Delta b$

իսկ

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \frac{a \cdot \Delta b}{a \cdot b} = \pm \frac{\Delta b}{b}$$

այսինքն տվյալ դեպքում հարաբերական ամենամեծ սխալը հավասար է վոչ հաստատուն արտադրիչի հարաբերական սխալին:

Յեթե S -ը ներկայացնում է մի ուղղանկյուն պրիզմայի ծավալ և [այդ պրիզմայի կողերը՝ a, b, c կարող են չափվել $\Delta a, \Delta b, \Delta c$ սխալներով, այս դեպքում ΔS և $\frac{\Delta S}{S}$ հաշվելու համար, $a \cdot b$ արտադրյալը կնշանակենք d -ով՝

$$d = ab$$

և

$$S = d \cdot c$$

Ինչպես քիչ առաջ տեսանք

$$\Delta d = \pm (a \cdot \Delta b + b \cdot \Delta a)$$

և

$$\frac{\Delta d}{d} = \pm \left(\frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta a}{a} \right)$$

Մյուս կողմից

$$\Delta S = \pm (d \cdot \Delta c + c \cdot \Delta d)$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \left(\frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta d}{d} \right)$$

Տեղադրելով այս յերկու վերջին հավասարությունների մեջ Δd -ի

և $\frac{\Delta d}{d}$ -ի արժեքները կստանանք

$$\Delta S = \pm (ab \cdot \Delta c + bc \cdot \Delta a + ac \cdot \Delta b)$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \left(\frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta a}{a} \right)$$

Նման յեղանակով կարելի յե հաշվել S -ի սխալները, յերբ S -ը ներկայացնում է ավելի քան յերեք արտադրիչների արտադրյալ:

Յեթե արտադրիչների թիվը հավասար է n -ի և արտադրիչները իրար հավասար են, այսինքն, $S = a^n$, ապա, հեշտությամբ կգտնենք,

$$\Delta S = \pm n a^{n-1} \cdot \Delta a$$

իսկ

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm n \frac{\Delta a}{a}$$

Աստիճանի բացարձակ սխալը հավասար է հիմքի բացարձակ սխալին բազմապատկած՝ հիմքի $n-1$ աստիճանով և աստիճանացուցով. իսկ աստիճանի հարաբերական ամենամեծ սխալը հավասար է հիմքի հարաբերական սխալին բազմապատկած աստիճանացուցով:

Մասնավոր դեպքերում, յերբ $S = a^3$,

$$\frac{\Delta S}{S} = 3 \frac{\Delta a}{a}, \text{ իսկ } \Delta S = 3a^2 \cdot \Delta a$$

7. Արմատի սխալը: Դիցուք $S = \sqrt[n]{a}$, վորտեղ a -ն չափվում է Δa սխալով, պետք է հաշվել S -ի սխալը (ΔS):

S -ը կարելի յե աչսպես պատկերացնել

$$S = a^{\frac{1}{n}}$$

և կիրառելով նախորդ բանաձևերը կստանանք՝

$$\Delta S = \pm \frac{1}{n} a^{\frac{1}{n}-1} \cdot \Delta a$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta a}{a}$$

Յեթե $n = 2$, ապա $S = \sqrt{\Delta a}$ և

$$\Delta S = \pm \frac{1}{2} a^{-\frac{1}{2}} \cdot \Delta a = \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta a}{\sqrt{a}}$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \pm \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta a}{a}$$

8. Կոսորակի սխալը: Դիցուք, $S = \frac{a}{b}$, վորտեղ a և b կարող են վորոշվել Δa և Δb սխալներով. հաշվենք S -ի սխալները:

S -ի համար ամենամեծ սխալը կստանանք, յեթե համարիչի և հայտարարի սխալների նշանները հակառակ են, այսինքն

$$S \pm \Delta S = \frac{a \pm \Delta a}{b \mp \Delta b}$$

ցերին պատասխանել կարելի չե ինտերպոլացիա կոչվող գործողութ-
թյան միջոցով:

Ճշտությունից մեծ շեղում կատարած չենք լինի, յեթե ընդու-
նենք, վոր փոքր ինտերվալներում ճնշման աճումները համեմատա-
կան են տեմպերատուրայի աճումներին: Դիցուք ջրի յեռման տեմ-
պերատուրան 731,6 mm ճնշման տակ հավասար ե x^0 -ի. վորտեղ x -ը
մեծ ե 98,92-ից, և փոքր 98,95-ից: Համեմատելով յերեք տվյալները՝

$$731 \text{ mm} \quad \text{—} \quad 98^{\circ},92$$

$$731,6 \text{ mm} \quad \text{—} \quad x^{\circ}$$

$$732 \text{ mm} \quad \text{—} \quad 98^{\circ},95$$

տեսնում ենք՝ յերբ

ճնշումն աճում ե 1 mm, յեռման տեմպերատուրն աճում ե $0^{\circ},03$

ճնշումն աճում ե 0,6 mm, յեռման տեմպերատուրն աճում ե ($x-98,92$)-ով
այս չորս մեծությունները մեծ ճշտությամբ համեմատական են. ուստի

$$\frac{1}{0,6} = \frac{0,03}{x-98,92}$$

վորտեղից $x = 98^{\circ},92 + 0^{\circ},02 = 98^{\circ},94$

Ընդհանուր դեպքում, յեթե փորձը կամ աղյուսակը տալիս ե, վոր

x_1 մեծությանը համապատասխանում ե y_1 -ը

x_2 մեծությանը համապատասխանում ե y_2 -ը,

ապա x_3 մեծության համապատասխան y_3 -ը գտնելու համար
(յեթե $x_1 > x_3 > x_2$ և $x_1 - x_2$ տարբերությունը փոքր ե) կազմում ենք
հետևյալ համեմատությունը՝

$$\frac{x_1 - x_2}{x_1 - x_3} = \frac{y_1 - y_2}{y_1 - y_3}$$

վորտեղից

$$y_3 = y_1 + (y_2 - y_1) \frac{x_1 - x_3}{x_1 - x_2}$$

Գ Լ Ո Ի և IV

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՖԻԶԻԿԱ

Ա. Շխասմիև № 1

1. ՏԵՆՆԻԿՈՒ-ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԿՇԵՌՔ

Յեթե հավասարադրուկ լծակի չերկու ծայրերին կերակված են
չերկու, իրար զուգահեռ և միևնույն կողմն ազդող ուժեր և յեթե այդ
պայմաններում լծակը հավասարակշռության մեջ ե, ապա ուժերն
իրար հավասար են: Այդ ուժերը կարող են լինել ծանրության ու-
ժեր: Իսկ այդ իր հերթին հնարավորություն ե տալիս մի մարմնի
ծանրությունը, կամ կշիռը, չափել, համեմատելով մի ուրիշ մարմնի
ծանրության հետ, վորն ընդունված ե վորպես միավոր:

Գործիքը, վորի միջոցով կատարվում ե այդ չափումը, կոչվում
ե կշեռք:

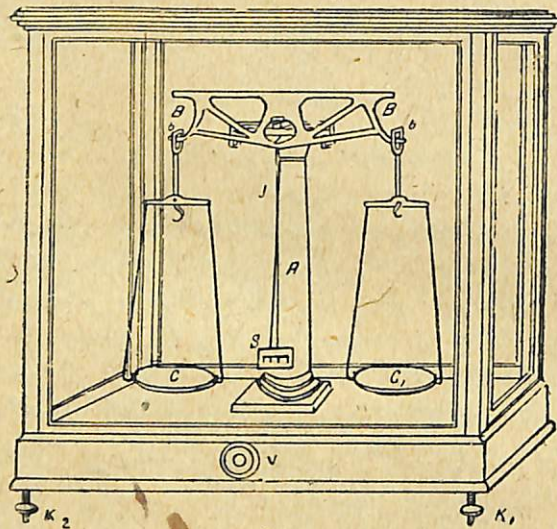
Կշեռքի հիմնական մասը նրա լծակն ե: BB լծակի (տես նկ. 22)
մեջտեղում մտցրած ե, լծակի հարթությանը նորմալ ուղղությամբ,
մի չեռանիստ պրիզմա: Պրիզմայի կողերից մեկը ուղղված ե դեպի
ներքև: Պրիզման սովորաբար պատրաստված ե լինում կոփված պող-
պատից կամ ագատից:

Պրիզմայի ներքև ուղղված կողը հենվում ե մի, նույնպես պող-
պատից, կամ ագատից պատրաստած, փոքրիկ թիթեղի վրա: Այդ թի-
թեղը ամրացրած ե կշեռքի A կանգնակի վրա: Լծակի ծանրության
կենտրոնը հենման կետից ցած ե, այնպես վոր դրված լինելով հե-
նարանի վրա, լծակը գտնվում ե կայուն հավասարակշռության մեջ:

Լծակի ծայրերում, հենման կետից հավասար հեռավորություն-
ների վրա գտնվում են ին յեռանիստ պրիզմաները, վորոնք նույն-
պես ուղղահայաց են լծակի հարթությանը: Այդ պրիզմաներն ել
պատրաստված են պողպատից կամ ագատից:

Պրիզմաների, դեպի վերև ուղղված կողերից, հատուկ ողերի մի-
ջոցով, կախված են C և C' նժարները: Ողերը b և b պրիզմաների
վրա են հենվում հատուկ, ագատից կամ պողպատից պատրաստած,
բարձիկների միջոցով:

Յեթե կշեռքի նժարների վրա վոչ մի մարմին չի գտնվում, լծակը պետք է կանգնած լինի հորիզոնական: Լծակի ուղղութիւնը ստուգելու համար, նրա մեջտեղից, ուղղահայաց այն գծին, վորը միացնում է b b պրիզմաների վերեւի սուր ծայրերը, ամրացրած է J յերկար սլաքը: Սլաքի ծայրը կարող է շարժվել, կանգնակի հիմքի մոտ ամրացրած, S սկալայի յերկարութեամբ: Յեթե լծակը հորիզո-



Նկ. 22. Տեխնիկո փմիական կեռօ

նական է, ապա սլաքի ծայրը կանգնած պիտի լինի սկալայի ճիշտ միջնակետում, զերո կետի վրա:

Կշեռքի պատմանդանի և նրա կանգնակի մեջ գտնվում է մի սարքավորում, վորը կոչվում է արրետիր: Արրետիրի միջոցով կշեռքի լծակը և նժարները կարելի չէ հենման կետերից քիչ բարձրացնել: Այդ գործողութիւնը կոչվում է արրետիրել: Հակառակ գործողութիւնը կոչվում է ազատել:

Արրետիրումը կատարում են այն նպատակով, վոր այն ժամանակ, յերբ կշեռքից չեն ոգտվում, պրիզմաները չճնշեն հենման հարթութիւնների վրա և անտեղի չմաշվեն: Արրետիրելը և ազատելը կատարում են հատուկ լծակի միջոցով, վորի v կոթը գտնվում է կշեռքի ներքեւի մասում՝ առաջից կամ կողքից:

Կշեռքի կանգնակին ուղղաձիգ ուղղութիւն տալու համար, նրա K վոտները, պտուտական շարժումով, կարելի չէ յերկարացնել կամ կարճացնել և, բացի դրանից կշեռքի մեջ, նրա հատակի վրա, գտնւում է մի կլոր վատերպաս: Յերբեմն վատերպասի փոխարեն կշեռքի մեջ, նրա կանգնակի կողքին, կախած է լինում ուղղալար:

Լավ պատրաստած կշեռքը պետք է բավարարի հետեյալ պայմաններին.

1) պրիզմաների հենման կողերը պետք է լինեն իրար զուգահեռ և գտնվեն միևնույն հարթութեան վրա:

2) լծակի բազուկները պետք է լինեն իրար հավասար՝ թե յերկարութեամբ և թե կշռով:

3) արրետիրը կամ պետք է ազատի բոլոր մասերը միաժամանակ և կամ հետեյալ հաջորդականութեամբ՝ նախ լծակը, ապա նժարները:

4) կշեռքի զգայնութիւնը պետք է լինի հաստատուն՝ անկախ բեռնավորումից:

Կշեռքի զգայնութիւնը չափվում է S սկալայի բաժանմունքների n թվով, վորով տեղափոխվում է I սլաքի ծայրը, յերբ նժարներից մեկին վրա դրված է վորոշ p կշռաքարը (սովորաբար 1 mg): Առհասարակ զգայնութիւնը կախում ունի բեռնավորումից: Սակայն, յեթե կշեռքի պրիզմաները ճիշտ են դասավորված, կշեռքի զգայնութիւնը հաստատուն է, անկախ բեռնավորումից և արտահայտվում է հետեյալ բանաձևով՝

$$1) \quad n = c \frac{\alpha p}{\omega h}$$

վորտեղ α լծակի բազուկի յերկարութիւնն է, h ՝ ծանրութեան կենտրոնի հեռավորութիւնն է հենակետից, p լծակի կշիռը:

Յուրաքանչյուր կշեռք հաշված է լինում վորոշ սահմանային բեռնավորման համար. ավելի ծանր մարմին կշռելու դեպքում, կշեռքը կարող է փչանալ, լծակը ծովելու հետևանքով:

Յուրաքանչյուր կշեռք ունենում է իրեն համապատասխան կշռաքարեր, վորոնք դրված են լինում տուփի մեջ (նկ. 23, 24, 25):

Կշռաքարերը սովորաբար դասավորված են լինում տուփի մեջ հետեյալ կարգով՝

1) 1000 g, 500, 200, 100, 100, 50, 20, 10, 10, 5, 2, 1, 1, 0,5, 0,2, 0,1, 0,1, 0,05, 0,02, 0,01, 0,01, g.

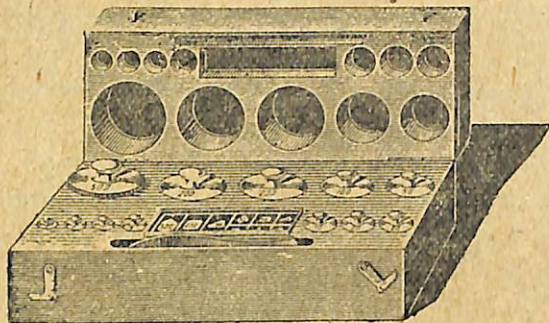


Նկ. 23. Կեռաւորերի տուփ

և կամ

2) 1000, 500, 200, 200, 100, 50, 20, 20, 10, 5, 2, 2, 1, 0,5, 0,2, 0,2, 0,1, 0,05, 0,02, 0,02, 0,01 ց.

Այսպիսի կշռաքարերի միջոցով հնարավոր է կշռել բոլոր ծանրությունները՝ 0,01-ից մինչև 1999,99 ց և կամ մինչև 2111,1 ց:



Նկ. 24. Կշռաքարերի տուփ՝ գրամի մասերով



Նկ. 25. Տարբեր ձևովի կշռաքարեր՝ 10—500 mg

Կեւոքի մեծ վարկելու կանոնները:

1) Չի կարելի կշեռքի նժարի մեջ դնել կամ նժարից հանել վորակե մարմին կամ կշռաքար յեթե կեւոքը արեւելքում է:

2) Մարմինը և կշռաքարերը նժարի մեջ դնել հանդարտ շարժումով արեւելքում կշեռքի վրա, այն ել նժարի մեջտեղը:

3) Կշեռքին և կշռաքարերին ձեռք չտալ: Կշռաքարերը տուփից հանելու և նժարի մեջ դնելու համար ծառայում է հատուկ պինցետ կամ ունեղի (նկ. 26):

4) Կշռաքարը նժարից վերցնելիս ոգտազործել պինցետը և նժարից վերցրած կշռաքարը, անմիջապես դնել տուփի մեջ իր տեղում. կշռաքարը կարող է գտնվել կամ տուփում և կամ կշեռքի նժարի վրա. կշռաքարի համար ուրիշ տեղ գոյություն չունի:

5) Յեթե կշռվելիք մարմնի և նժարի վրա դրված կշռաքարերի կշռի տարբերությունը մեծ է, կարիք չկա կշեռքը լրիվ ազատել, այլ բավական է այնքան թուլացնել, մինչև վոր պարզ յերևա, թե սլաքը

վոր կողմն է թեքվում: Ապա արեւելքի կշեռքը և ավելացնել, կամ պակասեցնել մի կշռաքար: Յեթե կշռվելիք մարմնի և նժարի վրա դրված կշռաքարերի միջև տարբերությունը փոքր է, այն ժամանակ, լծակը ազատելուց հետո, նա սկսում է ճոճանակի նման ճոճվել:



Նկ. 26. Իճպես պեթ և կշռաքար վերցնել

6) Լծակի ազատելը և արեւելքի վերադառնալ կատարել դանդաղ յեկ սահուն շարժումով: Յեթե լծակը ճոճվում է, ապա արեւելքի վերադառնալիս լինել շատ զգուշ և արեւելքի վրա մոմենտին, յերբ սլաքի ծայրը անցնում է դերո կետով:

7) Յեթե արեւելքում կշեռքի նժարները ճոճվում են՝ ապա մի կտոր թղթի ծայրով զգուշութամբ նախ հանդարտեցնել ճոճումները և հետո միայն ազատել լծակը:

8) Ճոճումները դիտելիս կշեռքի դռնակը պետք է անպայման ծածկած լինի:

9) Յեթե լծակն ազատելուց հետո նրա ճոճումները շատ թույլ են, ապա բարձրացնելով դուռը նժարից մեկի վրա պետք է մի քիչ թափահարել ձեռքով, հետևելով, սակայն, վոր ձեռքը վոր մի դեպքում չդիպչի կշեռքին: Լծակը, ողի հոսանքի ազդեցությամբ տակ կսկսի ավելի ինտենսիվ ճոճվել: Բավական է, յեթե սլաքի ծայրը միջին դրությունից ճոճվում է 3—5 բաժանմունք դեպի աջ և նույնքան դեպի ձախ:

10) Չի կարելի կշռվելիք մարմինը և կշռաքարերը յերկար ժամանակ թողնել նժարների մեջ, մանավանդ յեթե կշեռքը արեւելքում

ված չեւ, ցեթե կշռումը վերջացրած եւ, անհրաժեշտ ե իսկույն կշեռ-
քը արբետիրել. ապա հեռացնել կշռվելիք մարմինը, կշռաքարերը
դասավորել տուփի մեջ և կշեռքը փակել:

Մարմնի կշռումը:

Մարմինը կշռելու համար նախ վորոշում են զերո կետը: Դրա
համար ազատում են դատարկ կշեռքը և ստիպում, վոր լծակը ճոճվի՝
3—5 բաժանմունք ամպլիտուդով: Զանց առնելով 1—3 ճոճումները՝
սկսել գրել՝ աչքաչափով վորոշելով տասերորդ մասերը: Ճոճումները
դեպի ձախ համարել բացասական, իսկ դեպի աջ՝ դրական:

Սկսելով գրել առնել ձախից՝ գրել չորս հաշվում ձախից և յերեք՝
աջից: Զորս ձախ հաշվումներից վերցնել միջինը—(միջուկ) նշանով:
Ցերեք աջ հաշվումներից վերցնել միջինը + (պլյուս) նշանով: Զերո
կետը կլինի այդ յերկու սվյալների միջինը: Դիցուք նրան համապա-
տասխանում ե սկալայի 10 թիվը:

Զերո կետը անընդհատ, նույն իսկ կշռելու ընթացքում, փո-
խում ե իր տեղը: Այդ պատճառով, դրանից առաջացած սխալը նվա-
զեցնելու համար, զերո կետը վորոշել յերկու անգամ՝ կշռելուց առաջ
և կշռելուց անմիջապես հետո և վերցնել այդ յերկու սվյալներից
միջինը:

Առաջին անգամ զերո կետը վորոշելուց հետո, իսկույն, արբե-
տիրած կշեռքի ձախ նժարի մեջտեղում զետեղել կշռվելիք մարմին-
ը, իսկ աջ նժարի մեջտեղում կշռաքարերը և աստիճանաբար ստանալ
հավասարակշռության մոտիկ վիճակ: Դրա համար աչքաչափով վերց-
նել այն ամենափոքր կշռաքարը, վորը ավելի ծանր ե, քան կշռվե-
լիք մարմինը և հաջորդաբար անցնել ավելի մանր կշռաքարերին:

Որինակ՝ կշռում ենք արույրե մի փոքր զլան: Դնում ենք ձախ
նժարի վրա 20 ց.: Ազատում ենք կշեռքը: Շատ ե: Արբետիրում ենք:
Դնում ենք 10 ց.: Ազատում ենք կշեռքը: Քիչ ե: Արբետիրում ենք:
Դնում ենք 5 ց.¹⁾—շատ ե: Վերցնում ենք: Դնում ենք 2 ց.—շատ ե:
Վերցնում ենք: Դնում ենք 1 ց.—շատ ե: Վերցնում ենք: Դնում
ենք 0,5 ց.—շատ ե: Վերցնում ենք: Դնում ենք 0,2 ց.—քիչ ե: Դնում
ենք ևս 0,2 ց.—շատ ե: Վերցնում ենք: Դնում ենք 0,1 ց.—քիչ ե:
Դնում ենք 0,05 ց.—քիչ ե: Դնում ենք 0,02 ց.—քիչ ե: Դնում ենք
նորից 0,02 ց.—շատ ե: Վերցնում ենք: Դնում ենք 0,01 ց.: Հա-
մարյա թե հասել և հավասարակշռությանը:

1) Տեկտի մեջ այնուհետև չի գրված ազատելը կամ արբետիրելը, այդ գոր-
ծողութունները յենթադրվում ե, վոր կատարվում են ամեն անգամ:

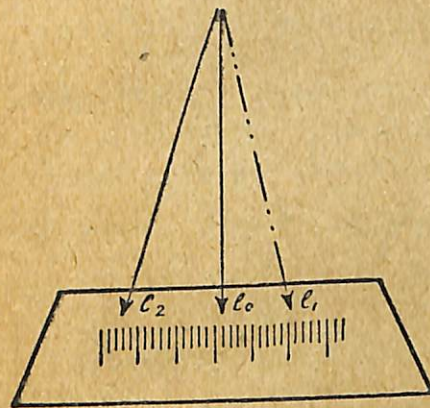
Ուրեմն նժարի վրա դրված ե՝

$$P = 10 + 0,2 + 0,1 + 0,05 + 0,02 + 0,01 = 10,38 \text{ ց.}$$

Այսպիսով գտել ենք յերկու կշիռ p և $p' = p + 0,1 \text{ ց}$ և այն-
պես, վոր $p < P < p'$: Այստեղ P մարմնի իսկական կշիռն ե:

Թողնելով նժարի վրա p կշռաքարերը, հաշվելով լծակի ճոճում-
ները, վորոշել S սլաքի հավասարակշռության դիրքը: Դիցուք սլա-
քին համապատասխանում ե սկալայի վրա 11 թիվը (նկ. 27): Այնու-

հետև, ավելացնելով p կշռաքա-
րին 10 mg, (այդպիսով նժարի
վրա դրված կլինի p' կշռաքա-
րերը) նույն ձևով վորոշել սլա-
քի l_2 հավասարակշռության դիր-
քը: Իսկ 0 կետին ինչպես ըն-
դունեցինք համապատասխանել
ե l_0 դիրքը:



Նկ. 27. Հավասարակշռության համապա-
սախան դիրքեր

Ցեթե l_1 դիրքից սլաքը l_2
դիրքը տեղափոխելու համար
անհրաժեշտ եր 10 mg, ապա
կազմելով համեմատութուն կա-
րելի յե վորոշել, թե քանի մի-
լիգրամ պետք ե ավելացնել p
կշռին վորպեսզի սլաքը l_1 դիր-
քից վերադառնա l_0 դիրքը:

$$\begin{array}{lcl} l_1 - l_2 & \text{տեղափոխման համար անհրաժեշտ ե} & 10 \text{ mg} \\ l_1 - l_0 & \text{»} & \text{»} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{x} \quad \text{»} \end{array}$$

$$\text{ուրեմն՝ } (l_1 - l_2) : (l_1 - l_0) = 10 : x$$

վորտեղից՝

$$2) \quad x = 10 \frac{l_1 - l_0}{l_1 - l_2} \text{ mg.}$$

Ավելացնելով p կշռին հաշված միլիգրամների թիվը (2) հավա-
սարումից կստացվի վոր՝

$$3) \quad P = p + 10 \frac{l_1 - l_0}{l_1 - l_2}$$

Հարմար է գրի առնել հետևյալ ձևով: Որինակ՝

l_0'		l_1		l_2		l_0''	
—	+	—	+	—	+	—	+
4,7	4,7	3,7	5,6	5,8	4,0	4,9	4,9
4,5	4,5	3,5	5,3	5,6	3,8	4,7	4,7
4,3	4,3	3,3	5,1	5,4	3,6	4,4	4,4
4,1	4,5	3,1	5,33	5,2	3,5	4,2	4,67
4,4		3,4		5,5		4,55	

$$l_0' = 0,05 \quad l_1 = 0,97 \quad l_2 = -0,81 \quad l_0'' = 0,06$$

Այստեղ l_0' ՝ դերո կետն է նախ քան կշռելը, l_0'' ՝ դերո կետն է կշռելուց անմիջապես հետո, իսկ l_0' -ի և l_0'' -ի միջինն է:

l_0' -ի ճոճումների միջինը դեպի աջ 4,5, իսկ դեպի ձախ—4,4:

Այս յերկու մեծությունների միջինը $l_0' = \frac{4,5 - 4,4}{2} = 0,05$:

Նման յեղանակով կստանանք՝

$$l_0'' = \frac{4,67 - 4,55}{2} = 0,06, \quad l_1 = \frac{5,33 - 3,4}{2} = 0,97$$

$$l_2 = \frac{3,8 - 5,5}{2} = -0,85 \quad \text{և} \quad l_0 = \frac{l_1^0 + l_2^0}{2} = \frac{0,05 + 0,06}{2} = 0,055$$

Տեղադրելով այս արժեքները (2) հավասարման մեջ ստանում ենք

$$x = 10 \frac{0,97 - 0,055}{0,97 + 0,85} \approx 5 \text{ mg}$$

Այսպիսով, բերված որինակի համար

$$P = 10,385 \text{ g}$$

Այս ձևով կշռելու ժամանակ կատարած սխալը 1 mg-ից պակաս է:

Ուղղումներ:

Ուղղում՝ ողում թեղի ունեցող կռի կորուստի նկատմամբ

Համաձայն Արքիմեդի որենքի ամեն մի մարմին ողում իր կշռից կորցնում է այնքան, Վորքան կշռում է նրա ծավալաչափ ողը:

Նշանակենք մարմնի կշիռը դատարկության մեջ . . . Q

Կշռաքարերի կշիռը (վորը թվանշաններով գրված է նրանց վրա)	.	.	.	.	.	.	.	P
Մարմնի տեսակարար կշիռը	.	.	.	.	.	.	.	d
Կշռաքարերի տեսակարար կշիռը	.	.	.	.	.	.	.	λ
Ողի	»	»	.	.	.	.	.	δ
Լծակի ձախ բազուկի յերկարությունը	.	.	.	.	.	.	.	K ₁
» աջ » »	.	.	.	.	.	.	.	K ₂

Լծակի հավասարակշռության դեպքում, աջ նժարի վրա աղդող ուժի մոմենտը, հենման կետի նկատմամբ, հավասար է ձախ նժարի վրա աղդող ուժի մոմենտին, նույն կետի նկատմամբ:

Ձախ նժարի վրա աղդող ուժը հավասար է Q՝ միևնույն այնքան, Վորքան մարմինը իր կշռից կորցրել է ողում: Վորովհետև մարմնի ծավալը հավասար է

$$\frac{Q}{d},$$

ապա մարմնի կորուստը ողում կլինի՝

$$\frac{Q}{d} \delta \text{ գրամ}$$

Նույն ձևով հաշված կշռաքարերի կորուստը ողում կլինի՝

$$\frac{P}{\lambda} \delta \text{ գրամ}$$

Կշռքի հավասարակշռության դեպքում ողում, ինչպես ասացինք, մոմենտները հավասար են. ուստի

$$\left(Q - \frac{Q}{d} \delta \right) K_1 = \left(P - \frac{P}{\lambda} \delta \right) K_2$$

կամ՝

$$Q \left(1 - \frac{\delta}{d} \right) K = P \left(1 - \frac{\delta}{\lambda} \right) K_2$$

Վորտեղից՝

$$Q = P \frac{1 - \frac{\delta}{\lambda}}{1 - \frac{\delta}{d}} \cdot \frac{K_2}{K_1}$$

$$\text{Կատարենք } \frac{1 - \frac{\delta}{\lambda}}{1 - \frac{\delta}{d}} \text{ բաժանումը. բայց նկատի առնելով } \frac{\delta}{\lambda} \text{ և } \frac{\delta}{d}$$

շատ փոքր լինելը, մենք կարող ենք արհամարհել նրանց բարձր առաքիճանները և նրանց արտադրյալը. ուստի կարող ենք գրել

$$\frac{1 - \frac{\delta}{\lambda}}{1 - \frac{\delta}{d}} \approx 1 - \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta}{d}$$

իսկ Q հավասար է՝

$$Q = P \left(1 - \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta}{d} \right) K_2$$

Այն դեպքում, երբ բազուկները իրար հավասար են ($K_1 = K_2$), ունենք՝

$$4) \quad Q = P + \delta P \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{\lambda} \right)$$

Ուրեմն, մարմնի կշիռը ճիշտ վորոշելու համար անհրաժեշտ է իմանալ նրա P կշիռը ոգում, ոգի (δ), մարմնի (d) և կշռաքարերի (λ) տեսակարար կշիռները: Ոգի տեսակարար կշիռը սովորաբար ճշգրիտ և տեմպերատուրի տակ վորոշում են հետևյալ բանաձևով՝

$$\delta = \frac{\delta_{0,760} \cdot H}{760(1 + \alpha \cdot t)}$$

վորտեղ $\delta_{0,760}$ ոգի խտությունն է նորմալ պայմաններում, վորը հավասար է $0,001293 \frac{g}{cm^3}$, իսկ α -ն գազի ծավալային ընդարձակման գործակիցն է. նա հավասար է $0,00367$,
Ուրեմն՝

$$\delta = \frac{0,001293 \cdot H}{760(1 + 0,00367 \cdot t)}$$

Այստեղ H-ը մթնոլորտի ճնշումն է, վորը վորոշում են բարոմետրի միջոցով, իսկ t-ն ոգի տեմպերատուրան է:

Ողղում բազուկների անհավասարության նկատմամբ

Լծակի բազուկների հավասարությունը վորոշում են հետևյալ ձևով՝ կշռաքարերի տուփից վերցնում են յերկու միեկույն արժեք ունեցող կշռաքար (որինակ յերկու 20 գրամանոց) և դնում կշռքի նժարների վրա: Յեթե սլաքը շատ քիչ է շեղվում գերո կետից, կշռքը կարելի է համարել հավասարաբազուկ. իսկ յեթե շեղումը զգալի է, կշռքի բազուկները իրար հավասար չեն:

Այդ դեպքում կշիռը վորոշելու համար զիմում են Գաուսսի յեղանակին:

Այդ յեղանակը հետևյալն է՝ սկզբից մարմինը դնում են ձախ նժարի վրա և վորոշում նրա P_1 կշիռը. հետո նույն մարմինը դնում են աջ նժարի վրա և նորից վորոշում նրա կշիռը (P_2): Մարմնի ճիշտ կշիռը ոգում նշանակենք P, իսկ բազուկների յերկարությունը K_1 և K_2 : Մոմենտների որենքի համաձայն կստանանք՝ առաջի դեպքում

$$P \cdot K_1 = P_1 K_2,$$

յերկրորդ դեպքի համար.

$$P \cdot K_2 = P_2 K_1$$

բազմապատկելով այս հավասարումները յրար վրա, կստանանք

$$P^2 K_1 K_2 = P_1 P_2 K_1 K_2$$

կամ կրճատելով $K_1 K_2$ -ով վերջնականապես կստանանք

$$P = \sqrt{P_1 P_2}$$

Տեղադրելով P-ի արժեքը (4) հավասարման մեջ կգտնենք մարմնի կշիռը (Q) դատարկության մեջ. Q-ն հավասար է՝

$$5) \quad Q = \sqrt{P_1 P_2} + \delta \sqrt{P_1 P_2} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{\lambda} \right)$$

Սխալի հաշիվը:

(3) հավասարումից հետևում է, վոր մարմնի կշիռը վորոշելիս, նժարի վրա դրված կշռաքարերին պետք է ավելացնել վորոշ թվով միլիգրամ: Այդ թիվը վորոշում են (2) հավասարումից՝ Ուրեմն, հարաբերական սխալը $\frac{\Delta x}{x}$ պետք է վորոշել վորպես կոտորակի սխալը. նա հավասար է համարիչի սխալին, գումարած հայտարարի սխալը. այսինքն՝

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta l_1 + \Delta l_0}{l_1 - l_0} + \frac{\Delta l_1 + \Delta l_2}{l_1 + l_2}$$

Մ. Շ. խոստանք № 2

2. ԱՆԱԼԻՏԻԿ ԿՇԵՌԻ

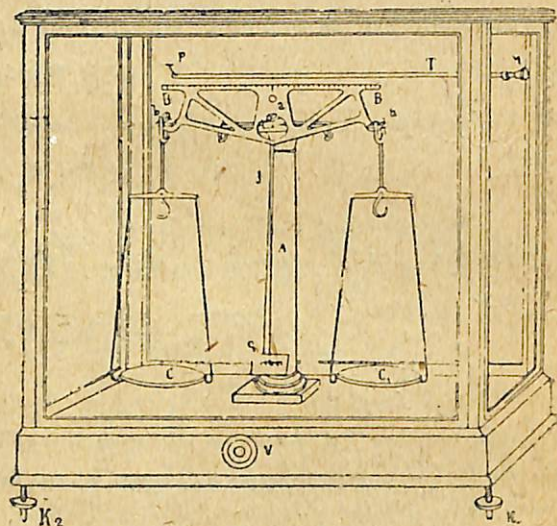
Յեթե պահանջվում է մարմնի կշիռը վորոշել այնպես, վոր սխալը լինի $0,1 \text{ mg}$ -ից պակաս, ապա ոգտագործում են անալիտիկ կշռք, վորի զգայունությունն անհամեմատ ավելի մեծ է, քան տեխնիկականի:

Ցաղը միլիգրամից ավելի փոքր կշռաքարեր ոգտագործելն, նրանց

Ուայտերը ռզտագործելու համար անալիտիկ կշեռքի (նկ. 29) աջ բազուկը բաժանված է 10 հավասար մասի, բաժանմունքների համարները սկսվում են յժակի միջնակետից:



Նկ. 28. Ռայսեր



Նկ. 29. Անայի տիկ կռնոք

Ֆեթե ռայտերը դրված է տասերորդ բաժանմունքի վրա, ապա կշեռքի նժարի վրա նա ազդում է 10 mg ուժով, իսկ յեթե ռայտերը կախած է 9, 8, 7 և այլն բաժանմունքներից, ապա, լծակի որեւնքի համաձայն, ռայտերն ազդում է համապատասխանաբար 9, 8, 7 և այլն միլիգրամ ուժով:

Կշռելու կանոնները և գործողությունները նույնն են, ինչ վեր-
տեսնելիս-քիմիական կշռքի համար: Որինակ, կշռում ենք լցրկաթի-
մի կտոր:

Այժմ ահիրաժեշտ է աշխատել ուսյաւերով: Ռայաւերը զնում ենք 9-րդ բաժանմունքի վրա. լծակի ճոճումներէց տեսնում ենք, վոր շատ է: Զմոռանալով արրետիբել, ուսյաւերը տեղափոխում ենք 7-րդ բաժանմունքի վրա: Շատ է: Ռայաւերը տեղափոխում ենք 5-րդ բաժանմունքի վրա. մի քիչ պակաս է:

Պետք է գրի առնել լծակի ճոճումները և այս յերկու դեպքերի համար վորոշել l_1 և l_2 կետերը և վերջապես, հեռացնելով մարմինը և կշռաքարերը, վորոշել l_0'' կետը:

Կշեռքի նոժարի վրա դրված է՝

$$P_0 = 20 + 10 + 0,2 + 0,05 + 0,01 \text{ g.} = 30,26 \text{ g.}$$

Ռայտերը ազդում է $p_1 = 5 \text{ mg}$ ուժով մարմնի կշիռը համաձայն (3)
բանաձևի կլիների

$$7) \quad P = p_0 + p_1 + 2 \frac{l_1 - l_0}{l_1 - l_2},$$

վորտեղ

$$p_0 + p_1 = 30,265 \text{ g.}$$

Ճոճումները հարմար է այսպես գրի առնել

l_0'	l_1	l_2	l_0''
— +	— +	— +	— +
$7,6 \mid 7,2$	$5,8 \mid 6,9$	$7,0 \mid 4,3$	$7,8 \mid 6,8$
$7,2 \mid 6,7$	$5,5 \mid 6,7$	$6,8 \mid 4,1$	$7,5 \mid 6,6$
$6,8 \mid 6,95$	$5,2 \mid 6,8$	$6,5 \mid 4,2$	$7,2 \mid 6,7$
$7,2 \mid$	$5,5 \mid$	$6,77 \mid$	$7,5 \mid$
$l_0' = -0,13$	$l_1 = 0,65$	$l_2 = -1,20$	$l_0'' = -0,4$

1) Ամեն անգամ կշռաբար զննելուց կամ հեռացնելուց առաջ կշեռքը պետք է արբեաիրել:

$$l_0 = \frac{l_0' + l_0}{2}; \quad l_0 = \frac{-0,13 - 0,4}{2} = -0,27$$

$$2 \cdot \frac{l_1 - l_0}{l_1 - l_2} = 2 \cdot \frac{0,65 + 0,27}{0,65 + 1,29} = 0,9 \text{ mg}$$

Ուրեմն՝ մարմնի կշիռն է

$$P = 30 \text{ g. } 265,9 \text{ mg.}$$

Ուղղումները և սխալի հաշիվը կատարել ախպես, ինչպես ասված է տեխնիկո-քիմիական կշեռքի համար:

Ա.Շխասմի № 3

3. Հեղուկների խտության չափումը Պիկնոմետրի Միջոցով

Չափվածի հարաբերությունը ծավալին՝ կոչվում է տեսակարար զանգված կամ խտություն. իսկ մարմնի կշռի հարաբերությունը ծավալին՝ կոչվում է տեսակարար կշիռ: Յերկրագնդի վրեժն կետի համար այս լերկու մեծությունների միջև գոյություն ունի ուղիղ համեմատականություն, այսինքն, լեթե մարմնի կշիռը վորոշում են գրամ-ուժերով, իսկ զանգվածը՝ գրամ-զանգվածներով, ապա թե խտությունը և թե տեսակարար կշիռը արտահայտվում են միևնույն թվային արժեքով: Սակայն պետք է միշտ հիշել, վոր խտությունը և տեսակարար կշիռը տարբեր ֆիզիկական մեծություններ են:

Խտությունը վորոշելու համար անհրաժեշտ է իմանալ լերկու մեծություն՝ մարմնի զանգվածը և ծավալը: Նշանակելով առաջինը m -ով, իսկ լերկրորդը v -ով, ապա խտության (d) համար կստանանք՝

$$1) \quad d = \frac{m}{v}$$

Հեղուկի խտությունը վորոշելու համար շատ հարմար է ոգտագործել պիկնոմետրը: Պիկնոմետրը լերբեմն ոգտագործվում է նաև պինդ մարմինների խտությունը վորոշելու համար:

Պիկնոմետրը ամեմապարզ դեպքում մի կուր է, վորի տարողությունը 5-ից 30 cm^3 է: Սովորաբար նրա տարողության մեծությունը գրված է լինում պիկնոմետրի վրա: Պիկնոմետրի վրը պետք է շատ նեղ լինի: Վորքան նեղ է վրը, այնքան ավելի ճիշտ արդյունք կարելի է ստանալ: Պիկնոմետրի վրի վրա շրջանագծի ձևով խաղ է քաշված:

Խտությունը վորոշելու համար նախ կշռում են դատարկ պիկնոմետրը՝ չոր վիճակում. ապա, լեթե նրա ծավալը ճիշտ հայտնի չէ,

նրա մեջ լցնում են (հատուկ ծորակի միջոցով) թորած ջուր՝ մինչև վրի խաղը և նորից կշռում: Վերջապես, թափելով միջի ջուրը և չորացնելով պիկնոմետրը, նրա մեջ լցնում են փորձարկվող հեղուկը և նորից կշռում:

Դիցուք, դատարկ պիկնոմետրի կշիռն է p_1 իսկ ջրով լցված պիկնոմետրի կշիռը՝ p_2 : ապա պիկնոմետրի մեջ լցրած ջրի կշիռը կլինի $p_2 - p_1$: Իմանալով պիկնոմետրի մեջ լցրած ջրի մաքուր կշիռը և տեմպերատուրան, մեծ հեղուկթյամբ կարելի է վորոշել այդ ջրի ծավալը, վորի համար պետք է ոգտագործել հետևյալ աղյուսակը.

Տեմպերատուրա	1 cm^3 ջրի կշիռը	1 գրամ ջրի ծավալը	Տեմպերատուրա	1 cm^3 ջրի կշիռը	1 գրամ ջրի ծավալը
10	0,9986	1,0014	18	0,9976	1,0024
11	85	15	19	74	26
12	84	16	20	72	28
13	83	17	21	70	30
14	82	18	22	67	33
15	81	19	23	65	35
16	79	21	24	63	37
17	77	23	25	60	40

Ինչպես տեսնում ենք, լերրորդ սյունը պարունակում է մի գրամ ջրի ծավալը՝ տարբեր տեմպերատուրաների համար. ուստի, բազմապատկելով $p_2 - p_1$ համապատասխան տեմպերատուրայի դիմացի թվով, կստանանք ջրի ծավալը, հետևաբար և պիկնոմետրի տարողությունը՝ մինչև վրի խաղը: Յեթե այդ թիվը c -է, ապա պիկնոմետրի տարողությունը, ինչպես և նրա մեջ լցրած հեղուկի ծավալը կլինի՝

$$v = c (p_2 - p_1)$$

Յեթե պիկնոմետրի կշիռը՝ նրա մեջ լցրած հեղուկով նշանակենք p_3 , ապա հեղուկի մաքուր կշիռը (p) կլինի՝

$$p = p_3 - p_1$$

Իսկ տեսակարար կշիռը d հավասար կլինի՝

$$2) \quad d = c \frac{p_3 - p_1}{p_2 - p_1}$$

Այն դեպքերում լերր պահանջվում է մեծ ճշտություն, անհրա-

ժեշտ և մտցնել հետևյալ ուղղումները՝ ողի մեջ կշիռի կորուստի վերաբերյալ և կշեռքի բազուկների անհավասարության վերաբերյալ։ Այդ ուղղումները հաշվելու համար մտցնենք հետևյալ նշանա-
կումները՝

պիկնոմետրի ապակու ծավալը	v
պիկնոմետրի տարողութունը մինչև խաղը	w
փորձարկվող հեղուկի տեսակարար կշիռը	x
կշռաքարերի տեսակարար կշիռը	Λ
ջրի	ρ
ողի	δ
ապակու	D
կշեռքի ձախ բազուկի յերկարութունը	l ₁
» աջ	l ₂

Այդ դեպքում, p₁ կշիռը ստանալու ժամանակ կշռաքարերի ծա-
վալը չեղել և $\frac{p_1}{\Lambda}$, p₂ կշիռը ստանալու ժամանակ $\frac{p_2}{\Lambda}$ և չերորդե կշիռի
ժամանակ $\frac{p_3}{\Lambda}$ ։

Կշեռքի հավասարակշռության պայմանը, այն ե՛լ աջ և ձախ
նժարների վրա ազդող ուժերի մոմենտները, լծակի հենակետի նկատ-
մամբ հավասար են, տալիս ե՛լ առաջի դեպքում՝

$$(vD - v\delta) l_1 = \left(p_1 - \frac{p_1}{\Lambda} \delta\right) l_2$$

կամ

$$3) \quad v(D - \delta) l_1 = p_1 \left(1 - \frac{\delta}{\Lambda}\right) l_2$$

Կշեռքի հավասարակշռության պայմանը չերկրորդ կշռման դեպքում
տալիս ե՛լ՝

$$4) \quad \left[v(D - \delta) + w(\rho - \delta)\right] l_1 = p_2 \left(1 - \frac{\delta}{\Lambda}\right) l_2$$

և վերջապես չերկրորդ կշռման դեպքում՝

$$5) \quad \left[v(D - \delta) + w(x - \delta)\right] l_1 = p_3 \left(1 - \frac{\delta}{\Lambda}\right) l_2$$

հանելով (4) հավասարումից (3)-ը կստանանք՝

$$6) \quad w(\rho - \delta) l_1 = (p_2 - p_1) \left(1 - \frac{\delta}{\Lambda}\right) l_2$$

հանելով (5) հավասարումից (3)-ը կստանանք՝

$$7) \quad w(x - \delta) l_1 = (p_3 - p_1) \left(1 - \frac{\delta}{\Lambda}\right) l_2$$

բաժանելով (7) հավասարումը (6)-ի վրա կստանանք՝

$$8) \quad \frac{x - \delta}{\rho - \delta} = \frac{p_3 - p_1}{p_2 - p_1}$$

Ձևափոխելով, վերջնականապես կստանանք՝

$$9) \quad x = \frac{p_3 - p_1}{p_2 - p_1} (\rho - \delta) + \delta$$

ρ ջրի տեսակարար կշիռը տվյալ տեմպերատուրայի տակ գտնու-
են վերե բերված աղյուսակից։

δ ողի տեսակարար կշիռը տվյալ t տեմպերատուրայի և H մի-
լիմետր ճնշման տակ վորոշում են հետևյալ բանաձևով

$$10) \quad \delta = \frac{0,001293 \cdot H}{760(1 + 0,00367 \cdot t)}$$

Հաբորատորիայի պայմաններում կարելի չե մոտավորապես ըն-
դունել՝

$$\delta = 0,00115$$

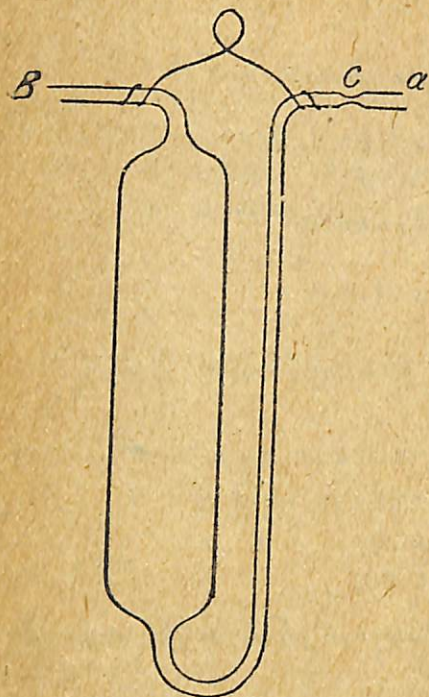
Փորձի կառավարումը

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ ե Ոստվալդի կամ Ռեն'յոի
պիկնոմետրներ, ջերմաչափ, կշեռք 0,1 gr ճշտությամբ և փորձարկ-
վող հեղուկներ։

Հեղուկների խտությունը վորոշելու համար շատ հարմար ե Ոստ-
վալդի պիկնոմետրը (յերբեմն այդ պիկնոմետրը սխալմամբ անվա-
նում են Շպրենգելի պիկնոմետր)։

Դա մի U ձև խողովակ ե, վորի մի կողմը բարակ ե, իսկ մյու-
սը հաստ (նկ. 30)։ Պիկնոմետրի մեջ հեղուկի լցնելը կատարվում ե
այնպես ինչպես ցույց ե տված 31 նկարում։ a ծայրը իջեցնում են
հեղուկով լիքը բաժակի՝ մեջ, իսկ b ծայրից առաջացնում են ողի
նոսրացում. ապա հեղուկը ինքը հեղատությամբ լցնում ե պիկնոմետ-
րը։ Նոսրացում առաջացնելու համար վերցնում են մի լիտրանոց
անոթ (A), վորի խցանի միջով անց ե կացրած յեռածալը խողովակ
(d)։ Այդ խողովակի մի ծայրը ռետինե խողովակով միացրած ե պիկ-
նոմետրի (տես նկար 31) b մասին, իսկ մյուս ծայրին միացրած ե
մի ուրիշ խողովակ, վորը ծառայում ե A անոթից ողը դուրս ծծելու

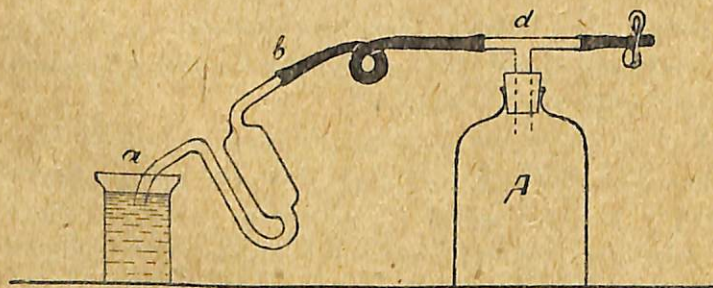
համար: Հեղուկը պիկնոմետրի մեջ պետք է լինի այնքան լցրած, վոր մենիսկը հասնի մինչև c նշանացույցը: Յեթե ավելի լցվեց, ապա պետք է ծծան թղթով b ծայրից ավելցուկ հեղուկը հեռացնել: Իսկ յեթե հեղուկը քիչ է լցվել պիկնոմետրի մեջ, ապա a ծայրից մտցնում են ապակյա ձողից կախված հեղուկի մի կաթիլ:



Նկ. 30. Ոսկալդի պիկնոմետր

մետրի միջով տաք և չոր ող անցկացնել:

Կշռել պիկնոմետրը 0,1 գրամ ճշտությամբ, դրա համար պետք է պիկնոմետրը կախել d կետից կշեռքի նժարից:



Նկ. 31. Պիկնոմետր լցնել հեղուկով

Լցնել պիկնոմետրը մաքուր ջրով (ցույց տված ձևով) և համոզվելով, վոր նա դրսից չոր է՝ պիկնոմետրը նորից կշռել:

Վորոշել ջրի տեմպերատուրան:

Հեռացնել պիկնոմետրի միջի ջուրը: Դրա համար պետք է թեքելով b ծայրը ցած, a ծայրից փուքսով ող փչել:

Ներսից և դրսից պիկնոմետրը չորացնել:

Լցնել նրա մեջ փորձարկվող հեղուկը և նորից կշռել:

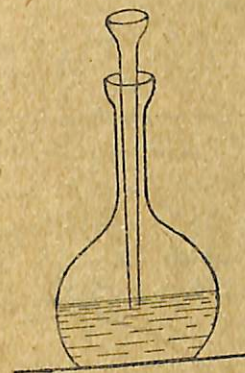
Կշիռը վորոշելուց հետո, հեռացնել պիկնոմետրի միջի հեղուկը և մաքրել պիկնոմետրը վերևը ցույց տված յեղանակով:

Վորոշել (10) հավասարման հիման վրա ողի խտությունը, իսկ ջրի խտությունը վերցնել աղյուսակից:

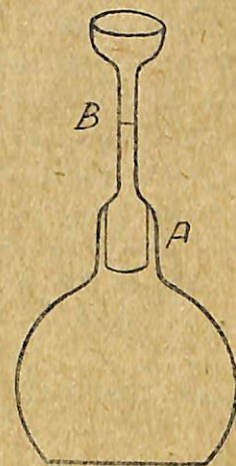
(9) հավասարման համաձայն վորոշել հեղուկի խտությունը:

Այն դեպքում, յերբ պիկնոմետրը ունի կուրբի ձև, հեղուկը լքցնում են ձագարի միջոցով (Նկ. 32): Այս պիկնոմետրը դատարկելու համար մտցնում են նրա մեջ մի կապիլար խողովակ և նրա միջոցով ող ներս մղում՝ պահելով պիկնոմետրի կոկորդը դեպի ցած:

Յեթե պահանջվում է պիկնոմետրի միջոցով վորոշել պինդ մարմնի տեսակարար կշիռը, ապա ոգտագործում են մի ուրիշ ձևի պիկնոմետր (Նկ. 33): Նա ունի լայն բերան (A), վորը փակվում է յերկարավիղ սնամեջ խցանով. խցանի վրա արված է մի խազ (B):



Նկ. 32. Պիկնոմետրի մեջ ձագարով հեղուկ լցնել



Նկ. 33. Պիկնոմետր՝ պինդ մարմնի տեսակարար կշիռը վորոշելու համար

Սխալի հառվելը

Սխալի հաշիվը կատարվում է բանաձևի հիմնական մասի նկատմամբ, առանց հաշվի առնելու ($p - \delta$) և δ մասերը:

R հակակշռի մեծությունը այնպես է ընտրած, վոր կշեռքը ողում հավասարակշռության մեջ է, յերբ նրա սյունյակը ուղղաձիգ է և n ծայրից կախած է Q լողանը:

R_1 կշռաքարի մեծությունը այնպես է ընտրված, վոր յերբ լողանը ընկղմում են 15°C տեմպերատուրա ունեցող մաքուր ջրի մեջ, ապա կշեռքը հավասարակշռվում համար R_1 ծանրոցը պետք է նստի լծակի 10-րդ բաժանմունքում (n կետը): Արքիմեդի որենքի հիման վրա կարելի յե յեղրակացնել, վոր R_1 ծանրոցի կշիռը հավասար է Q լողանի ծավալաչափ ջրի կշռին:

Փորձի կատարումը

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է՝ 1 Վեստֆալի կշեռք, 4 ռայտերներ, 1 ապակյա լողան, բարակ թելով և կարթով, 1 ուղղալար, 1 բաժակ և մի քանի սրվակ տարբեր հեղուկներով (լուծույթներով):

Լծակի հենարանը կշեռքի նկատմամբ այնպես դասավորել, վոր լծակի պրոնկցիան հատակի վրա անցնի S պտուտակով և հենարանի մյուս յերկու վտրերով կազմած անկյան կիսողով: Ուղղալարի և S պտուտակի միջոցով տալ սյունյակին ուղղաձիգ դիրք: Լողանը խնամքով լվալուց և չորացնելուց հետո կախել թելի և կարթի միջոցով լծակի n բաժանմունքից: Յեթե k և m սրածայրերը ձիշտ իրար դիմաց չեն, ապա պտտել R հակակշիռը դեպի աջ կամ դեպի ձախ այնքան, մինչև վոր աջ ծայրերը իրար ձիշտ հարմարվեն:

Լցնել բաժակի մեջ այն հեղուկից, վորի տեսակարար կշիռը հանձնարարած է վորոշել և բաժակը այնպես դասավորել, վոր լողանը ընկղմի հեղուկի մեջ:

Կշեռքի մինչև այդ յեղած հավասարակշռությունը կխախտվի: Հավասարակշռությունը վերականգնելու համար ոգտագործել ռայտերները:

Վերցնել սկզբից R_1 -ը և կախել 10 բաժանմունքից: յեթե շատ է, ապա ունելիով R_1 -ը տեղափոխել բաժանմունքից բաժանմունք դեպի ձախ այնքան, մինչև վոր գտնվեն յերկու այնպիսի իրար մոտ գտնվող բաժանմունք, վորոնց մեկից կախած լինելու դեպքում k ծայրը բարձրանում է, իսկ մյուսից կախած լինելու դեպքում՝ իջնում է (m ծայրի համեմատություն): Դիցուք դրանք 8 և 9 փոսիկներն են: Թողնելով R_1 ռայտերը այն բաժանմունքի վրա, վոր տալիս է ծայրի իջնում (մեր դեպքում 8 փոսիկի վրա), կախել 10 բաժանմունքից R_2 ռայտերը և այնուհետև նրա հետ վարվել նույնպես, ինչպես վարվեցիք R_1 ռայտերի հետ: Դիցուք, յերբ R_2 -ը գտնվում է 5 փոսիկի վրա k ծայրը բարձր է, իսկ յերբ գտնվում է 4 փոսիկի

վրա k ծայրը ցածր է, քան m սրածայրը: Թողնելով R_2 -ը 4 փոսիկի վրա նույն ձևով վերջնական հավասարակշռումը կատարել R_3 ռայտերով: Դիցուք հավասարակշռությունը ստացվեց, յերբ R_3 -ը գտնվում է 7 փոսիկի վրա:

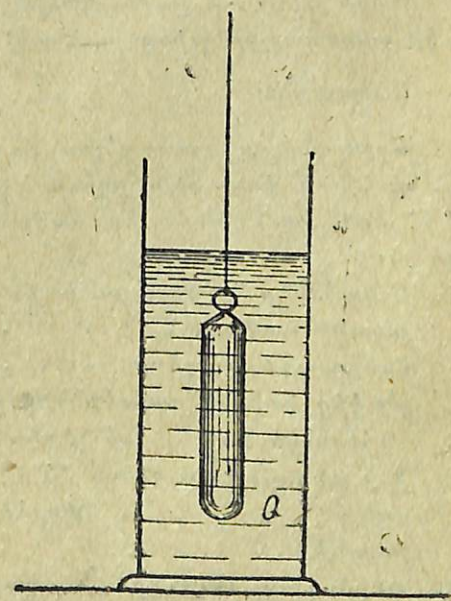
Ամենամեծ ռայտերի կշիռը R_1 -ի, յեթե նա դրված է առաջի փոսիկի վրա, ապա, լծակի որենքի համաձայն, նրա ազդեցությունը հավասար կլինի $0,1R_1$, յերկրորդի վրա՝ $0,2R_3$ և այլն: Նույնը կարելի յե ասել R_2 և R_3 ռայտերների մասին: Հիշենք, վոր $R_3 = 0,1R_2$ և $R_2 = 0,1R_1$: Մեր որինակում R_1 ռայտերը դրված է 8 փոսիկի վրա և ուրեմն, նրա ազդող ուժն է $0,8R_1$, R_2 ռայտերը դրված է 4 փոսիկի և նրա ազդող ուժն է $0,4R_2 = 0,04R_1$, իսկ R_3 ռայտերը դրված է 7 փոսիկի վրա և նրա ազդման ուժն է $0,7R_3 = 0,07R_2 = 0,007R_1$: Այսպիսով յերեք ռայտերները միասին ազդում են $0,8R_1 + 0,04R_1 + 0,007R_1 = 0,847R_1$ ուժով, վորը, համաձայն Արքիմեդի որենքի, հավասար է այն ուժին, վորով լողանը դուրս է մղվում հեղուկից:

Այդպիսով լողանի ծավալաչափ հեղուկի կշիռը հավասար է $0,847R_1$ իսկ նույն լողանի ծավալաչափ ջրի կշիռն է R_1 : Հետևաբար, հեղուկի տեսակարար կշիռը կլինի՝

$$2) \quad d = \frac{0,847R_1}{R_1} \quad \text{կամ} \quad d = 0,847$$

Ուշադրություն: Բաժակի մեջ հեղուկից պետք է այնքան լցնել, վոր լծակի հավասարակշռված վիճակում, լողանը լրիվ չափով ընկղմած լինի հեղուկի մեջ, ինչպես ցույց է տված 35 նկարում: Միաժամանակ պետք է հետևել, վոր լողանը չհենվի հատակին և չշոշափի բաժակի պատերը:

Յեթե (Q լողանի մի ուրիշ հեղուկի մեջ ընկղմած լինելու դեպքում) լծակը հավասարակշռվում համար ստիպված էք լինում առաջի R_1 ռայտերը կախել 10 բաժանմունքից, յերկրորդ R_1 ռայտերը դնել 1 փոսիկի վրա, R_2 ռայտերը 3 փոսիկի վրա և R_3 ռայտերը 9 փո-



Նկ 35. Լողանը լրիվ ընկղմել հեղուկի մեջ

սիկի վրա, ապա այդ հեղուկի տեսակարար կշիռը կլինի՝

$$3) \quad d = \frac{R_1 + 0,1R_1 + 0,03R_1 + 0,009R_1}{R_1} = 1,139.$$

Փորձը կատարել ամոնիքլորիդի (NH_4Cl) $32^\circ/0$, $16^\circ/0$, $8^\circ/0$, $4^\circ/0$ և $2^\circ/0$ լուծույթներով: Լուծույթները կամ պատրաստի վիճակում կստանաք աշխատանքների ղեկավարից և կամ կպատրաստեք ինքներդ հետևյալ յեղանակով:

Կշռել 32 գրամ NH_4Cl , լցնել մենդուրի մեջ և նրա վրա ավելացնել այնքան մաքուր ջուր, վոր ստացվի 100 cm^3 լուծույթ. այդպիսով կստացվի $32^\circ/0$: Այդ լուծույթից ճիշտ կեսը լցնել առանձին սրվակի մեջ, իսկ մյուս կեսի վրա ավելացնել 50 cm^3 ջուր, կստացվի $16^\circ/0$ լուծույթ: Այդ լուծույթի ճիշտ կեսը լցնել մի ուրիշ սրվակի մեջ, իսկ մնացածի վրա նորից ավելացնել 50 cm^3 ջուր, կստացվի $8^\circ/0$ լուծույթ, և այսպես շարունակ մինչև $2^\circ/0$ կամ $1^\circ/0$ լուծույթ ստանալը:

Չափել այդ լուծույթների տեմպերատուրան և տեսակարար կշիռը այդ տեմպերատուրի տակ ու գծել այն կորը, վորը ցույց է տալիս տեսակարար կշռի կախումը կոնցենտրացիայից, նշանակելով արացիսների առանցքի վրա կոնցենտրացիաները, իսկ որդինատների առանցքի վրա՝ համապատասխան տեսակարար կշիռները:

Բացի NH_4Cl -ի լուծույթներից վորոշել վորևե ջրից թեթև հեղուկի տեսակարար կշիռը, որինակ՝ սպիրտի կամ եթերի:

Ուղղումներ:

Աշխատանքը կատարելիս հաշվի չեն առնված ծանրոցների և լողանի կշռի կորուստը ոդում և բացի այդ ջրի տեսակարար կշիռը 15° C տակ համարվում եր հավասար մեկի, մինչև դեռ այդ այդպես չե:

Ուղղումներ կատարելու համար նշարակենք՝

լողանի ծավալը	V
մեծ ապտերի կշիռը	M
լծակից կախած ռալտերների կշիռը չերը լողանը	N
հեղուկի մեջ է, իսկ լծակը հավասարակշռած է	ρ
ջրի տեսակարար կշիռը 15° C տակ.	δ
որդի » » փորձի պայմաններում .	d
լողանի » » .	x
փորձարկող հեղուկի տեսակարար կշիռը .	β
ծանրոցների տեսակարար կշիռը .	u
(R) հակակշիռի կշիռը ոդում .	

Լողանը հավասարակշռված է ոդում յեթե՝

$$4) \quad u = V (d - \delta)$$

Լողանը հավասարակշռված է ջրում յեթե՝

$$5) \quad u = V (d - \rho) + M \left(1 - \frac{\delta}{\beta} \right)$$

Լողանը հավասարակշռված է փորձարկվող հեղուկի մեջ յեթե՝

$$6) \quad u = V (d - x) + N \left(1 - \frac{\delta}{\beta} \right)$$

Հանելով (5) հավասարումից (4) հավասարումը, կստանանք՝

$$V (\delta - \rho) + M \left(1 - \frac{\delta}{\beta} \right) = 0$$

կամ՝

$$7) \quad V (\rho - \delta) = M \left(1 - \frac{\delta}{\beta} \right):$$

Հանելով (6) հավասարումից (1) հավասարումը, կստանանք՝

$$V (\delta - x) + N \left(1 - \frac{\delta}{\beta} \right) = 0$$

կամ՝

$$8) \quad V (x - \delta) = N \left(1 - \frac{\delta}{\beta} \right)$$

Բաժանելով (8) հավասարումը (7) հավասարման վրա, կստանանք՝

$$\frac{x - \delta}{\rho - \delta} = \frac{N}{M}$$

$$\text{այդ } \frac{N}{M} = D \text{ հետևաբար}$$

$$\frac{x - \delta}{\rho - \delta} = D$$

Այստեղից ստանում ենք՝

$$x = D (\rho - \delta) + \delta$$

Այստեղ D-ն հեղուկի տեսակարար կշիռն է՝ վորոշված (2) կամ (3) հավասարման միջոցով (այսինքն առանց ուղղումների), իսկ x այդ նույն հեղուկի տեսակարար կշիռն է ճշտումներից հետո:

Ջրի տեսակարար կշիռը 15° կգտնենք աղյուսակներից՝

$$\rho = 0,99915 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

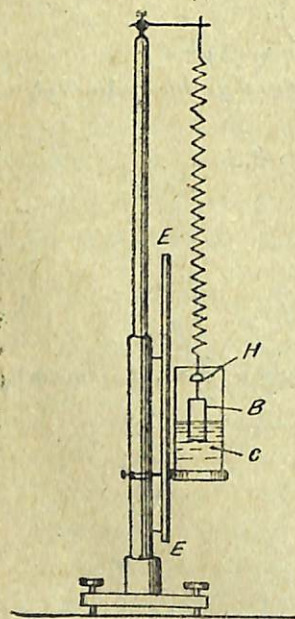
Ուղի տեսակարար կշիռը տվյալ t տեմպերատուրի տակ և H mm բարոմետրական ճնշման տակ կվորոշենք հետևյալ բանաձևով՝

$$\delta = \frac{0,001293 \cdot H}{760 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t)}$$

Աղյուսակ № 5

5. ՊԻՆԴ ՄԱՐԲՆԻ ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ԿՇԻՐԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԺՈՒԻԻ ԿՇԵՌՔԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Ժուլի կշեռքը ներկայացնում է մի յերկար զսպանակ, վորի մի ծայրը ամրացրած է հատուկ շտատիվից (A կետում)։ Իսկ մյուս ծայրին ամրացրած են յերկու դարակներ (B և C) (նկար 36)։ ω պտուտակների միջոցով շտատիվին կարելի է տալ ուղղաձիգ դիրք։ Շտատիվի և զսպանակի միջև դասավորված է միլիմետրանոց սկալա, վորի մի կեսը ուղղաձիգ ուղղությամբ հայելի է։ Հայելու շնորհիվ հափումները կատարելիս կարելի է խուսափել պարալաքսից։ Չափումները կատարում են H ցուցնակի միջոցով։



Նկ. 36. Ժուլի կշեռք

Տեսակարար կշիռը վորոշում են իմանալով, վոր մարմինը Արքիմեդի որենքի համաձայն, հեղուկի մեջ իր կշռից կորցնում է այնքան, վորքան կշռում է նրա ծավալով վերցրած հեղուկը։ Յեթե մարմնի կշիռը ողում P_1 -ն, իսկ նույն մարմնի կշիռը ջրում P_2 -ն, ապա նրա ծավալով ջրը կշռում է $P_1 - P_2$ ։ Իսկ վորովհետև ջրի տեսակարար կշիռը առանց զգալի սխալ կատարելու կարելի է ընդունել հավասար 1 -ի, ապա մարմնի ծավալը հավասար կլինի $P_1 - P_2$ ծավալային միավորի։

Այստեղից մարմնի տեսակարար կշիռը կլինի՝

$$d = \frac{P_1}{P_1 - P_2}$$

1)

Ժուլի կշեռքով պինդ մարմնի տեսակարար կշիռը վորոշելու համար վարվում են այսպես՝ նախ ստուգում են կշեռքի ճշտությունը։ Դրա համար ω պտուտակների և ուղղալարի միջոցով շտատիվին հաղորդում են ուղղաձիգ դիրք։ Այնուհետև B կամ C դարակի վրա դնում են հաջորդաբար 1 gr , 2 gr , 3 gr , 4 gr և այլն և ամեն անգամ դիրքում զսպանակի յերկարացումը։ Յեթե այդ յերկարացումները ստացվեն ճիշտ ուղիղ համեմատական դրված կշռաքարերին, ապա վորձը կարելի է սկսել։

K շարժական հենարանի վրա դնում են մի բաժակ, վորը կիսով հափ լցված է թորած ջրով։ Այնուհետև այդ հենարանը դասավորում են այնպես, վոր ներքին C դարակը և նրան B դարակին միացնող ձողի կեսը ընկղմած լինի ջրի մեջ։ Չափումները կատարում են H ցուցնակի միջոցով։ Դիցուք նա գտնվում է m բաժանմունքի դիմաց։

Այնուհետև վերին դարակի վրա դնում են վորձարկվող մարմինը, վորի կշիռը δ գրամից ավելի չպետք է լինի։

K պատվանդանը իջեցնում են այնքան, մինչև վոր ներքին դարակը խորասուզված լինի ջրի մեջ այնքան, ինչքան նա խորասուզված էր առաջին կշռման ժամանակ։ Դիցուք հիմա H ցուցնակը գտնվում է n բաժանմունքի դիմաց։

Զսպանակի յերկարացումը $(n - m)$ ուղիղ համեմատական լինելով մարմնի կշռին, կբնորոշի մարմնի կշիռը։ Այսպես, որինակ, յեթե Q գրամը զսպանակն յերկարացնում է մի բաժանմունքով, ապա մեր մարմնի կշիռը հավասար է՝

$$2) \quad P_1 = Q (m - n)$$

Այնուհետև վորձարկվող մարմինը տեղափոխում են ներքին դարակի վրա և տեղափոխելով K պատվանդանը աշխատում են, վոր դարակը այնքան սուզվի ջրի մեջ, ինչքան առաջին և յերկրորդ հափումների ժամանակ։

Դիցուք այդ ժամանակ H ցուցնակը գտնվում է p բաժանմունքի դիմաց։ Ուրեմն մարմինը ջրում կորցրել է

$$3) \quad P_1 - P_2 = (n - p) Q$$

դրամ։

C դարակի կշռի կորուստը ջրում հաշվի չենք առնում, վորովհետև յերեք դեպքերումն էլ նա ընկղմած էր ջրի մեջ։

(1) հավասարման հիման վրա գտնում ենք, վոր մարմնի տեսակարար կշիռը՝

$$4) \quad d = \frac{(n-m)Q}{(n-p)Q} \quad \text{կամ} \quad d = \frac{n-m}{n-p}$$

Ամեն մի փորձարկվող նյութի համար ել փորձը կրկնել 3 անգամ և վերցնել միջին արժեքը:

Սխալի հաշիվը

Հարաբերական սխալը $\frac{\Delta d}{d}$ վորոշել վորպես կոտորակի սխալը նա հավասար է համարելի և հայտարարի հարաբերական սխալների գումարին՝

$$\frac{\Delta d}{d} = \pm \left(\frac{\Delta n + \Delta m}{n - m} + \frac{\Delta n + \Delta p}{n - p} \right)$$

Իսկ վորովհետև $\Delta n = \Delta m = \Delta p$, ապա

$$\frac{\Delta d}{d} = \pm \left(\frac{2\Delta n}{n - m} + \frac{2\Delta n}{n - p} \right)$$

Աշխատանքը կատարելիս հաշվի չեն առնում մարմնի կշիռի կորուստը ոդում և ընդունում են ջրի տեսակարար կշիռը հավասար 1-ի, թեև սովորաբար նա 1-ից մի քիչ տարբերվում է: Այս թերությունները արդյունքի վրա զգալի չափով ազդել չեն կարող, վորովհետև չափելու մեթոդից առաջացած սխալն անհամեմատ ավելի մեծ է, քան հաշված սխալները:

Աշխատանք № 6

6. ՎՈՐՈՇԵԼ ՈՂԻ ԽՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԴՅՈՒՄԱՅԻ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

Ողի խտությունը վորոշելու համար գործածվող Դյումայի յեղանակը շատ նման է պիկնոմետրիկ յեղանակին: Սկզբունքը շատ պարզ է: Վերցնում են բարակ պատեր ունեցող մի ապակյա կոլբ՝ ոդով և կշռում: Նշանակենք այդ կշիռը p_1 , իսկ 0° -ի բերված ողի ճնշումը՝ H : Ապա միացնելով ողահան մեքենային աշխատում են, ըստ հնարավորության, ամբողջ ողը հանել:

Դիցուք մնացած ողի ճնշումը h -ն: Այնուհետև դատարկ կոլբայի անցքը փակում են և նորից կշռում: Նշանակենք դատարկած կոլբայի կշիռը p :

Ապա կոլբան լցնում են ջրով և նորից կշռում: Դիցուք կոլբան ջրով կշռում է p_2 :

Կոլբայից հանած ողի ճնշումը կլինի $H - h$, իսկ կշիռը $p_1 - p$: Կոլբայի մեջ լցրած ջրի կշիռը կլինի՝ $p_2 - p$: Հնդունելով, վոր $H - h$ ճնշման տակ $p_1 - p$ ց ողի ծավալը հավասար է $p_2 - p$ cm³, կստանանք, վոր ողի խտությունը տվյալ t տեմպերատուրայի և $H - h$ ճնշման տակ հավասար է՝

$$1) \quad d_{t, H-h} = \frac{p_1 - p}{p_2 - p}$$

Համաձայն Կլապեյրոնի հավասարման, ունենք

$$2) \quad \frac{v_0}{v} = \frac{(H-h) \cdot T_0}{760 \cdot T} \quad \text{կամ} \quad \frac{v_0}{v} = \frac{(H-h) 273}{760 (273 + t)}$$

Այստեղ v_0 -ն՝ դուրս հանած ողի ծավալն է նորմալ պայմաններում, v -ն՝ կոլբայի ծավալն է, իսկ վորովհետև տվյալ քանակ գազի խտությունը հակադարձ համեմատական է ծավալին, այսինքն վորովհետև՝

$$3) \quad \frac{v_0}{v} = \frac{d}{d_0}$$

ապա (2) և (3) հավասարումներից հետևում է

$$d_{0,760} = d_{t, H-h} = \frac{(H-h) 273}{760 \cdot (273 + t)}$$

Տեղադրելով $d_{t, H-h}$ -ի արժեքը (1) հավասարումից այս բանաձևի մեջ վերջնականապես ստանում ենք՝

$$5) \quad d_{0,760} = \frac{(p_1 - p) 273 (H - h)}{(p_2 - p) 760 (273 + t)}$$

կամ վերջնականապես

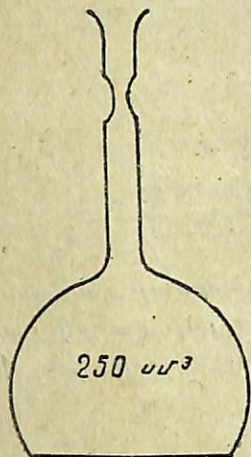
$$6) \quad d_{0,760} = 0,3592 \cdot \frac{p_1 - p}{p_2 - p} \cdot \frac{H - h}{273 + t}$$

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է բարակ պատեր ունեցող մի ապակյա կոլբ՝ մոտավորապես 250 cm³ տարողությամբ, ուտինե փուքս, զոդիչ լապտեր (паяльная лампа), ողահան մեքենա, տեխնիկական կշեռք և խարտոց:

Կոլբան խնամքով չորացնել, զգուշությամբ տաքացնելով և մեջը փուքսով ող մղելով:

Այնուհետև զոգրիչ բոցը ուղղել նրա վզին՝ ծայրից մոտ 5 cm ցած և, անընդհատ պտտելով, այդ մասը փափկացնել և միջին ձգել: Վզի այդ մասը մի քիչ կնեղանա (տես նկ. 37):

Աշխատանքի այս մասը կատարել ղեկավարող ասիստենտի ներկայությամբ:



Նկ. 37. Կոլբա

Հազցնել կոլբայի ծայրին ողահան մեքենայի ռետինե խողովակը և ողը հանել:

Այն դեպքում, յերբ ողահան մեքենան մխոցային է, անհրաժեշտ է ճոճման շարժումները ամեն անգամ հասցնել մինչև վերջը:

Կոլբայի մեջ մնացած ողի ճնշումը վորոշել ողահանի մանոմետրով: Սովորաբար այդ ճնշումը պետք է լինի 2—3 միլիմետր:

Չողել կոլբան նրա վզի բարակացրած մասում: Դրա համար սկզբից տաքացնել այդ մասը թույլ բոցով և նոր միայն ուժեղ բոցով:

Կոլբան զոտելուց հետո կշռել 1 mg ճշտությամբ: Այդ կշռի դատարկ կոլբայի կշիռը (p):

Կոլբայի վզի ծայրից մոտ 2 cm ցած խարտոցով մի խաղ քաշել և յերկու ձեռքով բռնելով կտրել կոլբայի վիզը խաղած տեղում: Նորից կշռել կոլբան (թե կոլբան և թե նրա կտրած վերևի մասը միասին): Այդ կշռի p_1 կշիռը:

Վերջապես կոլբան լցնել ջրով և նորից կշռել: այս անգամ կշռել տեխնիկական կշեռքի վրա 0,1 g ճշտությամբ: Այդ կշռի p_2 կշիռը: Տեղադրելով h, H, t, p, p_1 և p_2 արժեքները (6) հավասարման մեջ հաշվել ողի խտությունը:

Սխալի հաշիվը

$\frac{\Delta d}{d}$ հարաբերական սխալը հաշվել վորպես կոտորակի հարաբերական սխալը: Նա հավասար է համարիչի և հայտարարի հարաբերական սխալների գումարին:

Հետևաբար

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta(p_1 - p)}{p_1 - p} + \frac{\Delta(H - h)}{H - h} + \frac{\Delta(p_2 - p)}{p_2 - p} + \frac{\Delta t}{273 + t}$$

7. Եթերի ԿԱՄ ԲԵՆԶՈՒԼԻ ԳՈՒՈՐՇԻՆԵՐԻ ԽՏՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ՎԻԿՏՈՐ ՄԱՅԵՐԻ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

Յեթե միավոր ծավալ գոլորշու կշիռը նորմալ պայմաններում նշանակենք p_1 , իսկ միավոր ծավալ ողի կշիռը, նույն պայմաններում, նշանակենք p_2 , ապա գոլորշու խտությունը (ողի նկատմամբ) կլինի

$$1) \quad d = \frac{p_1}{p_2}$$

Փորձը կատարելու համար վերցնում են մի յերկարավիզ կոլբա, վորի մեջ գցում են մի ամպուլ, վորը պարունակում է m գրամ փորձարկվող հեղուկից, և տաքացնում: Հեղուկը դառնում է գոլորշի (վորի ծավալն է դիցուք v) և կոլբայից v ծավալով ող է դուրս մղվում: Դուրս մղած ողը հավաքում են մի գլանի մեջ, վորը բաց կողմով ընկղմած է ջրով լիքը ավազանի մեջ:

Դուրս մղած ողի կշիռը վորոշելու համար, անհրաժեշտ է ողը բերել նորմալ պայմանների: Նշանակենք (նորմալ պայմաններում) ողի ծավալը v_0 , ճնշումը p_0 և բացարձակ տեմպերատուրան T_0 : Համաձայն Կլապեյրոնի հավասարման կստանանք

$$\frac{v_0 p_0}{T_0} = \frac{v P}{T}$$

վորտեղից՝

$$v_0 = \frac{v P}{T} \cdot \frac{T_0}{p_0}$$

կամ՝

$$2) \quad v_0 = v \frac{P}{760} \frac{273}{(273 + t)}$$

Այս բանաձևի մեջ P ճնշման նկատմամբ պետք է մտցնել ող-դումներ: Նշանակենք գլանի միջի ջրի և արտաքին ջրի մակարդակների տարբերությունը h-ով: Այդ դեպքում գլանի միջի ողի ճնշումը կլինի՝

$$p_1 = P - \frac{h}{13,6}$$

այստեղ $\frac{h}{13,6}$ -ը h բարձրության ջրի սյան ճնշումն է՝ հաշված սնդի-

կի սյան բարձրությամբ: Իսկ վորովհետև ողը հավաքվում է գլանի մեջ, նախապես անցնելով ջրի միջով, ապա նա հագեցած է ջրի գոլորշիներով: Հետևաբար չոր ողի ճնշումը վորոշելու համար p_1 ճնշումից պետք է հանել տվյալ տեմպերատուրայի տակ՝ միջավայրը հագեցնող գոլորշիների ճնշումը:

Յեթե այդ ճնշումը նշանակենք p -ով, ապա գլանի ողի ճնշումը (P_2 -ը) հավասար կլինի

$$3) \quad P_2 = P - \frac{h}{13,6} - p$$

Տեղադրելով (2) հավասարման մեջ P փոխարեն P_2 արժեքը, կստանանք՝

$$4) \quad v_0 = \frac{v(P - \frac{h}{13,6} - p) 273}{760(273 + t)}$$

Նշանակենք ողի խտությունը նորմալ պայմաններում $\delta_0 = 0,001293$ և մեր գոլորշու հարաբերական խտությունը ողի նկատմամբ d , ապա եթերի գոլորշու զանգվածը հավասար կլինի՝

$$m = v_0 \delta_0 d = 0,001293 \cdot v_0 d$$

Բազմապատկելով (4) հավասարման աջ և ձախ մասը $\delta_0 d$ -ով, կստանանք՝

$$5) \quad m = \frac{0,001293 \cdot d \cdot v \cdot (P - \frac{h}{13,6} - p) 273}{760 \cdot (273 + t)}$$

Այստեղից՝

$$d = \frac{m 760 (273 + t)}{0,001293 \cdot v \cdot (P - \frac{h}{13,6} - p) \cdot 273}$$

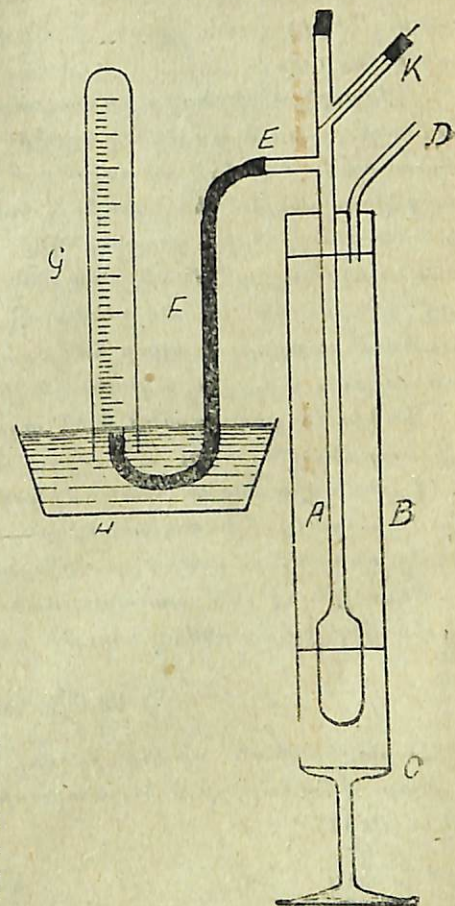
կամ

$$6) \quad d = \frac{2153 m (273 + t)}{v(P - \frac{h}{13,6} - p)}$$

Փորձի կատարումը

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է Վ. Մայերի գործիքը, յեռարան ջերմաչափ, եթերով, կամ բենզոլով լցրած ամպուլ, միլիմետրաճանց քանոն և կշեռք:

Վ. Մայերի գործիքը (տես նկ. 38) ունի հետևյալ մասերը՝ միջերկարավիղ կոլբա (A), վորը գտնվում է լայն ապակյա խողովակի (B) մեջ: Այդ խողովակի ներքևի C մասը մետաղյա լե և յեռարանի դեր է խաղում: Ջրի գոլորշիները հեռացնելու համար, B խողովակի բերանը փակող խցանի միջով, անցնում է մի նեղ D խողովակ: Յերբ ամպուլը գցում են A կոլբի մեջ, ապա առաջացած գոլորշիները E և F խողովակների միջով ող են դուրս մղում դեպի G չափագլանը: Այդ չափագլանը իր բաց կողմով իջեցրած է ջրով լցրած H ավազանի մեջ: Ամպուլը A կոլբի ներսը մտցնելու համար յերբեմն կոլբին միացրած է լինում K խողովակը, վորի խցանի միջով անցնում է մի ապակյա ձող, իսկ ամպուլը գտնվում է ձողից վերև, այնպես վոր անհրաժեշտ մոմենտին ձողը մի քիչ դուրս քաշելով, կարելի է ամպուլը գցել կոլբի հատակին: Վորպեսզի ամպուլը հատակի վրա ընկնելիս կոլբը կոտրի, կոլբի հատակի վրա դրված է լինում մի քիչ ապակյա բամբակ կամ աղբեստ:



Նկ. 38. Վիկտոր Մայերի գործիք

Փորձը կատարել հետևյալ կարգով՝ Լցնել B խողովակի հատակին մի քիչ ջուր և ծածկելով A կոլբայի մուտքի անցքը ջուրը լեռացնել: A խողովակի միջի ողը ընդարձակվելով կսկսի F խողովակի միջով պղպջակներով դուրս գալ: Յերբ A կոլբայի ողի տեմպերատուրան հավասարվեց յեռացող ջրի գոլորշիների տեմպերատուրային՝ G չափագլանի մեջ ջուր լցնել և անցքը մատով ծածկելով շուտ տալ H ավազանի ջրի մեջ այնպես, վոր F խողովակի ծայրը մտնի նրա մեջ: Յեթե A խողովակի միջի ողի տեմպերատուրան իսկապես հավասարվել է յեռացող ջրի գոլորշիների տեմպերա-

տուրային, ապա այլևս F խողովակով ողի նոր պղպշակներ դուրս
չեն գա:

Ամպուլը կշռել սկզբից դատարկ, իսկ հետո լցրած հեղուկով:
կշիռների տարբերությունը կտա հեղուկի m կշիռը: Բանալով A կոլ-
բի խցանը իջեցնել նրա մեջ ամպուլը և նորից խնամքով մտցնել
խցանը: Միքիչ դուրս քաշելով K խողովակի ձողը ամպուլը գցել A
կոլբայի ներսը:

Ամպուլի միջի նյութը տաքանալով գոլորշիանում և և ընդար-
ձակվելով դուրս և մղում կոլբայից վորոշ քանակությամբ ոգ: Այդ
ոգը հավաքվում և G չափագլանում ջրից վերև: Յերբ այլևս ջրի նոր
պղպշակներ դուրս չեն գալիս, հեռացնում են F խողովակը, այնպես
վոր նրա ծայրը ջրից դուրս ընկնի: Սա նրա համար և, վորպեսզի A
կոլբի սառչելու ժամանակ նրա մեջ H ավազանից ջուր չծծվի: Սպա-
սելով 10—15 րոպե, վորպեսզի G չափագլանի ոգի և H ավազանի
ջրի տեմպերատուրան իրար հավասարվեն՝ չափել H ավազանի t տեմ-
պերատուրան և G չափագլանի միջի ոգի v ծավալը:

Չափել G չափագլանի և H ավազանի միջի ջրի մակարդակնե-
րի h տարբերությունը:

t տեմպերատուրի տակ միջավայրը հագեցնող գոլորշիների p
ճնշումը վորոշել համապատասխան աղյուսակներից: Մթնոլորտի P
ճնշումը վորոշել բարոմետրի միջոցով:

Տեղադրելով (6) հավասարման մեջ m , t , v , h , p և P արժեք-
ները հաշվել փորձարկվող նյութի գոլորշիների խտությունը:

Սխալի հաճիվը

Հարաբերական սխալը հաշվել վորպես կոտորակի սխալ. նա
հավասար և համարիչի և հայտարարի հարաբերական սխալների գու-
մարին: Ուրեմն՝

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta t}{273 + t} + \frac{\Delta v}{v} + \frac{\Delta P + \Delta h_1 + \Delta p}{P - h_1 - p}$$

Այստեղ
$$h_1 = \frac{h}{13,6}$$

Աւստաւսաւի № 8

8. ՀԵՂՈՒԿԻ ԽՏՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ՀԱՂՈՐԴԱԿԻՑ ԱՆՈԹՆԵՐԻ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

Մի գլանաձև անոթի մեջ լցնենք վորևե հեղուկ և այդ գլանի
մեջ մտցնենք մի տախտակ, այնպես, վոր նա գլանը բաժանի յեր-

կու մասի՝ տրամագծային հարթությամբ, չհասնելով, սակայն, անո-
թի հատակին: Հեղուկի մակերևույթի մակարդակները գլանի յերկու
կիսում, տախտակից դեպի աջ և դեպի ձախ կմնա նա անփոփոխ:

Գլանը տախտակով բաժանված և յերկու մասի, յերկու ինք-
նուրույն անոթների, վորոնք ներքևի մասում միացած են իրար:

Այդ ձևով միացրած անոթները կոչվում են հաղորդակից անոթ-
ներ: Հետևաբար, հաղորդակից անոթներում լցված հեղուկի մակերե-
վույթները կգտնվեն միևնույն մակարդակի վրա: Այդ կախում չի
ունենա վնչ անոթների ձևից, վնչ ել մեծությունից, անհրաժեշտ և
միայն, վոր անոթների մեջ լցված լինի միևնույն հեղուկը:

Յեթե U ձևի խողովակի մեջ լցնենք սնդիկ, ապա մեր ասածի
հիման վրա, սնդիկի մակերևույթը խողովակի աջ և ձախ մասերում
կգտնվի միևնույն մակարդակին:

Այժմ, յեթե խողովակի աջ կողմից լցնենք վորևե հեղուկ ևս,
ապա հեղուկների մակերևույթները այլևս միևնույն մակարդակի վրա
չեն գտնվի՝ աջ մասում լցված հեղուկի h_1 բարձրությամբ ձախ մա-
սում կհամապատասխանի սնդիկի սյան h_2 բարձրությանը (տես
նկար 39):

Յեթե նշանակենք սնդիկի խտությունը δ_2 , իսկ լցված հեղուկի
խտությունը δ_1 , ապա h_1 հեղուկի սյան ճնշումը կլինի՝

$$p_1 = \delta_1 g h_1$$

իսկ h_2 սնդիկի սյան ճնշումը կլինի՝

$$p_2 = \delta_2 g h_2$$

Հեղուկների հավասարակշռության դեպքում այդ
յերկու ճնշումները իրար հավասար են, հետևաբար
կարելի չե գրել՝

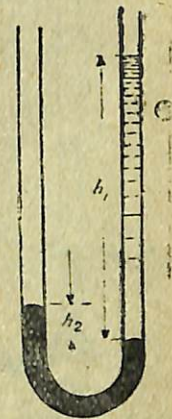
$$1) \quad \delta_1 h_1 = \delta_2 h_2$$

վորտեղից

$$2) \quad \delta_2 = \delta_1 \frac{h_1}{h_2}$$

Այսպիսով, իմանալով լցրած հեղուկի խտու-
թյունը և h_1 ու h_2 սյուների բարձրությունները, կա-
րելի չե վորոշել սնդիկի խտությունը:

Վորպեսզի այս ձևը տա ճիշտ արդյունք, անհրաժեշտ և հաշվել
և մտցնել ուղղումներ այն հավելյալ ճնշումների նկատմամբ, վորոնք
առաջանում են հեղուկների մակերևույթները հարթ չլինելու պատ-
ճառով:



Նկ. 39. Ծնկածեկ
խողովակ՝ սնդի-
կի ևս. կիւր վո-
րոշելու համար

Ինչպես հայտնի է թույլ հեղուկը խողովակի մեջ կազմում է գոգավոր մենիսկ, վորի ճնշումը ուղղված է դեպի վեր, հեղուկից դեպի դուրս, իսկ չթույլ հեղուկը խողովակի մեջ կազմում է ուռուցիկ մենիսկ, վորի ճնշումը ուղղված է դեպի ներքև, դեպի հեղուկի ներսը: Այդ ճնշումների համար կապլասը տվել է հետևյալ հավասարումը՝

$$p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Վորը խողովակների համար ձևափոխվում է այսպես՝

$$p = 2\alpha \cdot \frac{1}{R}$$

այսինքն, խողովակի միջի մենիսկի ճնշումը ուղիղ համեմատական է հեղուկի մակերևութային լարման գործակցին և հակառակ համեմատական մենիսկի կորություն շառավիղին:

Մենիսկների ազդեցությունը չեզոքացնելու համար, ձախ խողովակի մեջ սնդիկի վրա լցնում են միջի նույն հեղուկից, վորը լցված է աջ խողովակի մեջ (տես նկ. 40):

Այդ դեպքում մենիսկների A և B զույգը կունենան իրար հավասար բաց հակառակ կողմեր ուղղված ճնշումներ, վորոնք իրար կչեզոքացնեն: Նույն ձևով C և D մենիսկների ճնշումները լինելով իրար հավասար, բաց հակառակ կողմեր ուղղված, իրար կչեզոքացնեն: Այսպիսով, վործի այդպիսի դրման ժամանակ մենիսկների ազդեցությունը կարելի է արհամարհել:

Ուրեմն, այժմ աջ կողմից ազդում է հեղուկի h_1 սյունը, վորի ճնշումն է՝

$$p_1 = \delta_1 g h_1$$

իսկ ձախ կողմից ազդում են սնդիկի h_2 և հեղուկի h_3 սյուները, վորոնց ճնշումն է

$$p_2 = \delta_2 g h_2 + \delta_1 g h_3$$

Չեզոքակների հավասարակշռության դեպքում այս ճնշումները իրար հավասար են, հետևաբար կարող ենք գրել

$$\delta_1 h_1 = \delta_2 h_2 + \delta_1 h_3$$

Վորտեղից՝

4)

$$\delta_2 = \delta_1 \frac{h_1 - h_3}{h_2}$$

Գործիքի նկարագրությունը

Ս ձևի մի խողովակ ամրացված է շտատիվին, ուղղաձիգ ուղղությամբ, այնպես, վոր բաց ծայրերն ուղղված են դեպի վերև: Խողովակների կողքից ամրացրած է ուղղալար՝ ուղղաձգությունը ստուգելու համար: Խողովակի մեջ լցված է սնդիկ, իսկ սնդիկի վրա՝ ջուր (տես նկար 41):

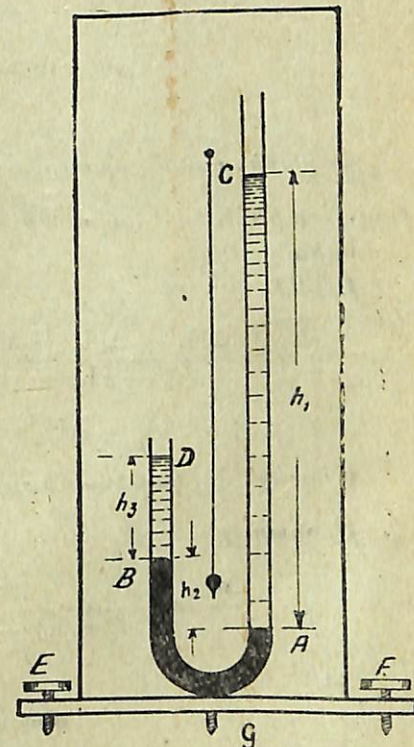
Շտատիվից 1,5—3 մետր հեռավորության վրա գտնվում է կաթետոմետրը:

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է՝ կաթետոմետր, շտատիվ Ս ձևի խողովակով, լուպա և ջերմաչափ:

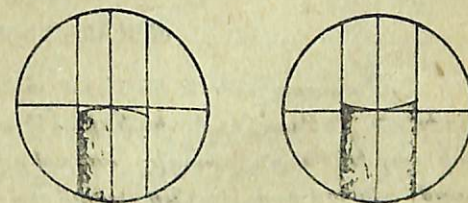
E, F և G պտուտակների միջոցով տալ գործիքին ուղղաձիգ ուղղություն: Կարգավորել կաթետոմետրը, ինչպես ասված է 10 եջում: Չափել միջավայրի և տեմպերատուրան:

Կաթետոմետրի դիտակը բարձրացնել և ուղղել այնպես, վոր նրա խալի հորիզոնական գիծը շոշափի D մենիսկին (նկ. 42), ապա գրել մենիսկի H_3 բարձրության արժեքը: Այդ արժեքը կարդում են լուպայի միջոցով կաթետոմետրի պրիզմայի վրա:

Իջեցնելով դիտակը ուղղել B մենիսկին և չափել նրա H_2 բարձրությունը: Ուղղել դիտակը դեպի աջ խողովակը և իջեցնելով չափել A մենիսկի H_1 բարձ-



Նկ. 41. Գործիքի սեռակարտ կեիոր վորոշելու համար



Նկ. 42. Հորիզոնական գծի դիրքը մենիսկի նկատմամբ

ընթացումը և վերջապես բարձրացնելով դիտակը Հափել C մենիսկի H₄ բարձրությունը:

Այս Հափումները կրկնել յերեք անգամ:

Տեղադրելով H₁, H₂, H₃ և H₄-ի արժեքները (4) հավասարման մեջ և գտնելով աղյուսակից ջրի δ_1 խտությունը t° C տեմպերատուրի համար, հաշվել սնդիկի խտությունը:

$$5) \quad \delta = \delta_1 \frac{(H_4 - H_1) - (H_3 - H_2)}{H_2 - H_1}$$

Սխալի հաշվելը

Հարաբերական սխալը $\left(\frac{\Delta\delta}{\delta}\right)$ վորոշվում է իբրև կոտորակի սխալ. այսինքն նա հավասար է համարիչի և հայտարարի սխալները գումարին:

Ուրեմն

$$\frac{\Delta\delta}{\delta} = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4}{(H_4 - H_1) - (H_3 - H_2)} + \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{H_2 - H_1}$$

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 = \Delta H_3 = \Delta H_4 = \Delta H.$$

Այստեղ ΔH կաթետոմետրի նոնիուսի ճշտությունն է:

Հետևաբար՝

$$\frac{\Delta\delta}{\delta} = \frac{4 \cdot \Delta H}{(H_4 - H_1) - (H_3 - H_2)} + \frac{2\Delta H}{H_2 - H_1},$$

Ա. Շ. Ստանիսլավսկի № 9

9. ՇԱՐԺՄԱՆ ՈՐԵՆՔՆԵՐԻ ՍՏՈՒԳՈՒՄԸ ԱՏՎՈՒՏԻ ՄԵՔԵՆԱՅԻ

ՄԻՋՈՑՈՎ

ՏԵՍԱԿԱՆ ՆԵՐԱՇՈՒԹՅՈՒՆ

Հավասարաչափ ե կոշվում այն շարժումը, վորի արագությունը շարժման ընթացքում փոփոխություն չի յենթարկվում: Հավասարաչափ շարժումներն իրարից տարբերվում են շարժման արագությամբ: Շարժման արագությունը Հափվում է միավոր ժամանակում (1 sec., 1 min, և այլն) անցած ճանապարհով:

Դիցուք մարմինը շարժվելով հավասարաչափ S ճանապարհը ան-

ցել է t վայրկյանի ընթացքում: Նշանակելով այդ շարժման արագությունը v-ով կստանանք՝

$$1) \quad v = \frac{S}{t}$$

Կատարելով տարրական հանրահաշվական ձևափոխումներ կստանանք

$$2) \quad S = vt$$

և

$$3) \quad t = \frac{S}{v}$$

հավասարումները:

Շարժումը կոշվում է հավասարաչափ արագացող, յեթե հավասար և կամավոր ընտրած ժամանակամիջոցում, նրա արագությունը աճում է միևնույն մեծությամբ:

Արագության աճումը, վորն առաջանում է ժամանակի մի միավորի ընթացքում, որինակ մի վայրկյանում, կոշվում է արագացում: Դիցուք մարմինը շարժվում է ուղղագիծ և հավասարաչափ և նրա արագությունը v₀ է: Յեթե այդ մարմնի վրա, նրա շարժման ուղղությամբ, ազդի մի հաստատուն ուժ (հաստատուն ըստ մեծության և ըստ ուղղության), ապա մարմինը կսկսի շարժվել հավասարաչափ արագացող շարժումով:

Դիցուք t վայրկյանի ընթացքում մարմնի արագությունը v₀-ից աճել է մինչև v_t արժեքը: Ուրեմն շարժման արագացումը (a) կվորոշվի հետևյալ հավասարումով՝

$$4) \quad a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

Այս հավասարումից կստանանք՝

$$5) \quad v_t = v_0 + at.$$

(5) հավասարումը հնարավորություն է տալիս հաշվել հավասարաչափ արագացող շարժման արագությունը յուրաքանչյուր մոմենտի համար՝ Հափելով ժամանակը այն մոմենտից, յերբ սկսում է ազդել ուժը:

Յեթե մինչև ուժի ազդելը մարմինը հանդիստ վիճակում էր, այսինքն՝ յեթե v₀ = 0, ապա (4) և (5) հավասարումների փոխարեն կստանանք՝

$$4ա) \quad a = \frac{v_t}{t} \quad \text{և} \quad 5ա) \quad v_t = at$$

Վորովհետև հավասարաչափ-արագացող շարժման արագությունը աճում է թվաբանական պրոգրեսիայով, ապա այդ շարժման միջին արագությունը կվորոշվի վորպես սկզբնական և վերջնական արագությունների կիսագումարը: Նշանակելով միջին արագությունը v -ով, կստանանք՝

$$6) \quad v = \frac{v_0 + v_t}{2}$$

Մարմնի անցած ճանապարհը միջին արագության միջոցով վորոշվում է այսպես՝

$$7) \quad S = v \cdot t$$

(5), (6) և (7) հավասարումներից, պարզ գործողություն կատարելով, հավասարաչափ-արագացող շարժման անցած ճանապարհի համար կստանանք՝

$$8) \quad S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Շարժման որոշումների ստուգումը կատարված է Ատվուդի մեքենայի միջոցով:

Գործիքի նկարագրումը

Ատվուդի մեքենան (տես նկար 43) մի շտապիվ է, վորին ուղղաձիգ ուղղությամբ ամրացրած է մի լեռկար տախտակ (A): Տախտակի վրա գծված է սանտիմետրական սկալա: Տախտակի վերին ծայրում գտնվում է մի թեթև ճախարակ (B). ճախարակի անիվը պետք է պտտվի, վորքան հնարավոր է, փոքր շփումով: Ծախարակի վրայով անցնող բարակ թելի ծայրերին կապված են իրար հավասարակշռող, յերկու զանգվածներ՝ m_1 և m_2 : Այդ զանգվածները սկզբում հանգիստ վիճակում են:

Եթե m_1 զանգվածին ավելացնենք մի փոքր կշռաքար, վորի զանգվածն է m_1 ապա նրա ծանրության ուժի անընդհատ ազդեցության տակ, m_1 և m_2 զանգվածները կշարժվեն հավասարաչափ արագացող շարժումով՝ m_1 -ը դեպի ցած, իսկ m_2 -ը՝ դեպի վեր:

Նշանակենք այդ շարժման արագացումը a -ով:

Եթե $m_1 + m_2 + m$ զանգվածը շարժվում է այդպիսի արագացումով, ապա նրա վրա ազդող ուժը, համաձայն Նյուտոնի յերկրորդ որոնքի, հավասար է՝

$$F_1 = (m_1 + m_2 + m) a$$

Մյուս կողմից, $m_1 + m_2 + m$ զանգվածը շարժվում է m կշռաքարի ծանրության ուժի ազդեցության տակ, վորը նույն որոնքի համաձայն, հավասար է

$$F_2 = mg$$

Իսկ վորովհետև

$$F_1 = F_2$$

ապա՝

$$(m_1 + m_2 + m) a = mg$$

վորտեղից՝

$$9) \quad a = \frac{mg}{m_1 + m_2 + m}$$

յեթե նկատի չառնենք ճախարակի շարժումը:

Արագությունը և անցած ճանապարհը կվորոշվեն

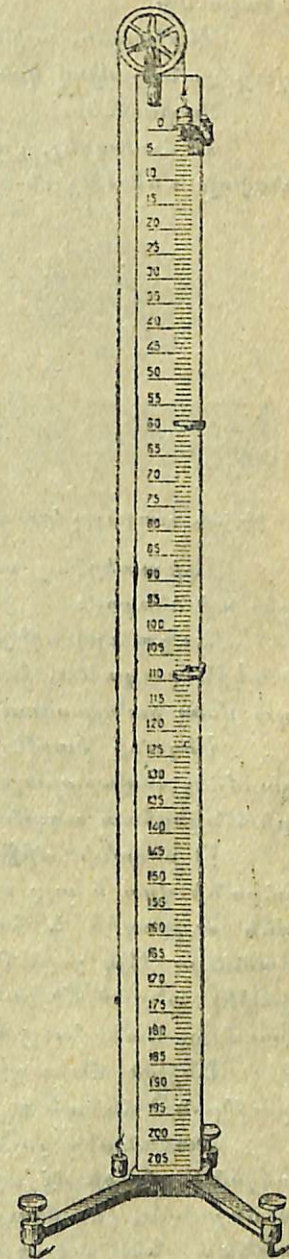
$$S_t = \frac{at^2}{2} \quad \text{և} \quad v_t = at$$

հավասարումների միջոցով:

Եթե շարժման ժամանակ, վորևե մոմենտում, m հավելյալ կշռաքարը հեռացվի, ապա այդ մոմենտից սկսած շարժումը կշարունակվի ըստ իներցիայի, այսինքն, ուղղադիմ է հավասարաչափ:

A տախտակի վրա ամրացրած են յերեք սեղան C, D և G: Այդ սեղաններից C-ն ծալվող է, իսկ D-ն ունի մի անցք, վորի միջով m_1 զանգվածն ազատ անցնում է: Սեղանները պտտառակների միջոցով կարելի յե ամրացնել A տախտակի այն տեղում, վորտեղ ցանկալի յե, իսկ պետք յեղած ժամանակ այդ սեղանները կարելի յե գործիքի վրայից բոլորովին հեռացնել:

Ծալվող սեղանի կողքին կա հատուկ հարմարություն, աշխատեցնելու սարքավորումը (пусковой механизм), վորի թելը քաշելիս սեղանը ծալվում է:



Նկ. 43. Ատվուդյան մեքենա

Բացի այս մասերից Ատվուդի մեքենայի հետ պետք է ունենալ նաև հատուկ կշռաքարեր: Այդ կշռաքարերը լինում են սովորաբար յերկու ձևի՝ կլոր և ուղղանկյունաձև (ինչպես ցույց է տված 44 նկարում):

Վերջապես, աշխատանքը կատարելիս, ժամանակը չափում են վայրկյանաչափով կամ մետրոնոմով:

Չափումներ:

1. Համոզվել, վոր հավասարաչափ շարժման արագությունը անփոփոխ մեծություն է: C ծալվող սեղանն ամրացնել սկալայի O բաժանմունքի վրա և նրա վրա գետեղել m_1 զանգվածը:



Նկ. 44. Լրացուցիչ կոնստրուկտ

Դնել m_1 զանգվածի վրա m ուղղանկյունաձև կշռաքարը:

Անցքով սեղանը (D) ամրացնել A տախտակին՝ C ծալվող սեղանից 20—40 սանտիմետր ցած, իսկ յերրորդ G սեղանը ամրացնել D սեղանից 20—50 սանտիմետր ցած:

Աշխատեցնող սարքավորման (пусковой механизм) թելը քաշել աջ ձեռքով:

Ուշադրություն՝ թելը պետք է քաշել հանդարտ և տախտակին զուգահեռ, հակառակ դեպքում շտատիվը կսկսի ձոճվել, իսկ դա վատ կանդրադառնա փորձի վրա:

Սեղանի ծալվելու հետևանքով m_1 և m_2 զանգվածները կսկսեն շարժվել հավասարաչափ արագացող շարժումով, շնորհիվ m կշռաքարի անընդհատ աղյման:

D սեղանի միջով անցնելիս, m ուղղանկյուն կշռաքարը կմնա սեղանի վրա և այդ մոմենտից սկսած m_1 և m_2 ծանրոցները կշարժվեն ուղղագիծ և հավասարաչափ, մինչև m_1 ծանրոցի G սեղանին հասնելը: Այդ շարժման արագությունը վորոշելու համար պետք է չափել անցած ճանապարհը և այն ժամանակամիջոցը, վորի ընթացքում m_1 զանգվածը անցնում է այդ ճանապարհը:

Անցած ճանապարհը հավասար է D և G սեղանների հեռավորությանը՝ հանած m_1 զանգվածի բարձրությունը (լինչու):

Ժամանակը վորոշել այսպես՝ յերբ m_1 զանգվածը անցնում է D սեղանի անցքի միջով և նրա վրա դրված m կշռաքարը հարվածում է սեղանին, (ու մնում նրա վրա) և լսվում է ձայն, այդ մոմենտին աշխատեցնել վայրկյանաչափը: Յերբ m_1 զանգվածը դիպչում է G

սեղանին՝ դարձյալ ձայն է լսվում. այդ մոմենտին կանգնեցնել վայրկյանաչափը և գրել առնել աղյուսակում չափած ժամանակամիջոցը:

Ժամանակի տևողությունը ճիշտ վորոշելու համար փորձը կըրկնել 3 անգամ:

Փոխել G սեղանի տեղը և նորից կատարել փորձը: Դարձյալ մի անգամ փոխել G սեղանի տեղը և կատարել փորձը:

Փորձի տվյալների աղյուսակը կազմել այսպես:

Փորձի №-ը	S	t_1	t_2	t_3	$\frac{t=t_1+t_2+t_3}{3}$	$v = \frac{S}{t}$
1	S'	t_1'	t_2'	t_3'	t'	v'
2	S''	t_1''	t_2''	t_3''	t''	v''
3	S'''	t_1'''	t_2'''	t_3'''	t'''	v'''

$$v = \frac{v' + v'' + v'''}{3}$$

Փորձը կատարելիս համոզվել, վոր v' , v'' և v''' համարյա իրար հավասար են և աննշան տարբերությունները թույլատրված սխալի սահմաններից դուրս չեն գտնվում:

$$2. S = \frac{at^2}{2} \text{ հավասարման ստուգումը}$$

m_1 զանգվածը m լրացուցիչ կշռաքարի հետ միասին դետեղել ծալվող սեղանի վրա, իսկ նրանից 40—80 cm ցած ամրացնել G սեղանը: D սեղանը հեռացնել տախտակի վրայից:

Թելը ձգել, վերևում հիշատակված ձևով, աշխատեցնելով միաժամանակ վայրկյանաչափը: Այն մոմենտում, յերբ m_1 զանգվածը դիպչում է G սեղանին, կանգնեցնել վայրկյանաչափը: C -ից մինչև G սեղանը զանգվածները շարժվում են m_1 ծանրոցի անընդհատ ազդեցությամբ տակ և ուրեմն, նրանց շարժումը հավասարաչափ արագացող է: Այդ շարժումով անցած ճանապարհը հավասար է C և G սեղանների հեռավորությանը: Այդ ճանապարհը անցնելու համար գործադրած ժամանակամիջոցը վորոշել ցույց տված յեղանակով յերեք անգամ և ամեն անգամ գրել առնել արժեքները աղյուսակում:

Ամբողջ փորձը կրկնել յերեք անգամ, փոփոխելով G սեղանի տեղը:

Աղյուսակը կազմել այսպես՝

Փորձի №-ը	S	t ₁	t ₂	t ₃	t միջին = = $\frac{t_1+t_2+t_3}{3}$	a = $\frac{2S}{t_2}$
1	S'	t ₁ '	t ₂ '	t ₃ '	t'	a'
2	S''	t ₁ ''	t ₂ ''	t ₃ ''	t''	a''
3	S'''	t ₁ '''	t ₂ '''	t ₃ '''	t'''	a'''

$$a = \frac{a' + a'' + a'''}{3}$$

Հաշվել a', a'' և a''' արագացումները և համոզվել, վոր նրանք իրար համարյա հավասար են և աննշան տարբերությունները թույլատրելի սխալի սահմաններից դուրս չեն գտնվում:

3. v = at հավասարման ստուգումը

m₁ զանգվածի բարձրությունը նշանակենք h-ով: D սեղանը ամրացնել տախտակին S—h բաժանմունքի վրա: Այստեղ, S-ի արժեքը պետք է համապատասխանի հաջորդաբար նախորդ փորձի S', S'' և S''' արժեքներին:

D սեղանից 20-ից 40 cm ցած ամրացնել G սեղանը, սկալայի և վայրկյանաչափի միջոցով վորոշել այն արագությունը, վորով m₁ զանգվածը անցնում է D-ից մինչև G ճանապարհը (ինչպես այդ կատարվում էր I փորձի ժամանակ):

Տվյալների աղյուսակը կազմել այսպես:

Փորձի №-ը	S	t ₁	t ₂	t ₃	t միջ	a	S ₁	τ ₁	τ ₂	τ ₃	τ միջ	v = $\frac{S}{t}$
1	S'	t ₁ '	t ₂ '	t ₃ '	t'	a'	S ₁ '	τ ₁ '	τ ₂ '	τ ₃ '	τ'	v'
2	S''	t ₁ ''	t ₂ ''	t ₃ ''	t''	a''	S ₁ ''	τ ₁ ''	τ ₂ ''	τ ₃ ''	τ''	v''
4	S'''	t ₁ '''	t ₂ '''	t ₃ '''	t'''	a'''	S ₁ '''	τ ₁ '''	τ ₂ '''	τ ₃ '''	τ'''	v'''

Համոզվել, վոր բոլոր դեպքերում v = at և աննշան տարբերությունները թույլատրելի սխալի սահմաններից դուրս չեն գտնվում:

Այս աղյուսակի ձախ մասը 2-րդ փորձի աղյուսակն է. աջ մասը կազմած է նույն ձևով, ինչպես 1-ի փորձի աղյուսակը, այն տարբերություններով, վոր D և G սեղանների հեռավորությունները նշանակված է S₁' S₂'' և S₃''', իսկ ժամանակամիջոցը՝ τ' τ'' և τ''':

4. Նյուտոնի 2-րդ օրենքի ստուգումը

m կշռաքարը փոխարինել մի ուրիշ ուղղանկյուն կշռաքարով (m') և վորպեսզի շարժվող զանգվածների ընդհանուր մեծությունը չփոխվի, m₁ զանգվածից հեռացնել այնքան կշռ ծանրոց, վորքանով m' կշռաքարը մեծ է m կշռաքարից: Վորոշել m' կշռաքարի առաջացրած արագացումը՝ նույնությամբ կրկնելով 2-րդ փորձը:

2-րդ փորձից՝ համաձայն Նյուտոնի յերկրորդ օրենքի

$$f_I = a_I (m_1 + m_2 + m),$$

իսկ այս վերջին փորձից նույն օրենքի հիման վրա

$$f_{II} = a_{II} (m_1' + m_2 + m')$$

հետևաբար՝

$$\frac{f_I}{f_{II}} = \frac{a_I (m_1 + m_2 + m)}{a_{II} (m_1' + m_2 + m')}$$

Համաձայն փորձի կատարման պայմանների՝

$$m_1 + m_2 + m = m_1' + m_2 + m'$$

վորտեղից

$$\frac{f_I}{f_{II}} = \frac{a_I}{a_{II}}$$

Այստեղ f_I-ը m-ի կշիռն է, իսկ f_{II}-ը m' կշռաքարի կշիռն է:

Համոզվել, վոր վերջին հավասարումը ճիշտ է, յերբ նրա մեջ տեղադրում են f_I, f_{II}, a_I և a_{II} արժեքները և վոր աննշան տարբերությունը սխալի թույլատրած սահմաններից դուրս չի գտնվում:

Աղյուսակ № 10

ԾԱՆՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒԺԻ ԱՐԱԳԱՑՄԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ՃՈՃԱՆԱԿԻ ՈՔՆՈՒԹՅԱՄԲ

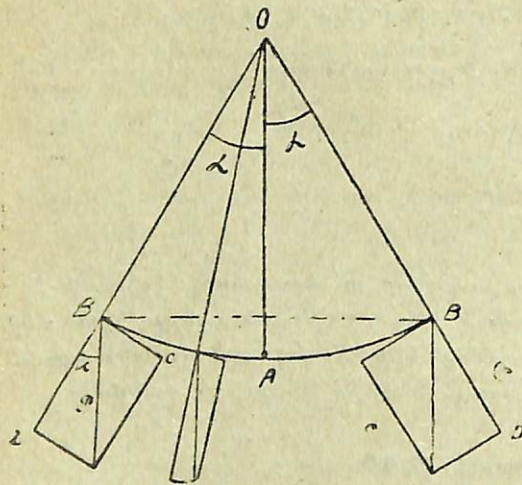
ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ

Մաթեմատիկական հոմանակ կոչվում է չձգվող և անկշռելի թելից կախված նյութական կեղծ, վորը ծանրության ուժի ազդեցության տակ կարող է ձոճվել ուղղաձիգ հարթություն մեջ:

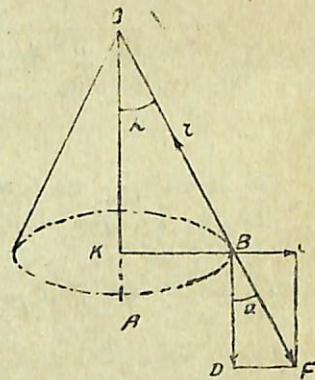
Ուսումնասիրենք մաթեմատիկական ճոճանակի շարժումը (նկ. 45): Դիցուք ՕԱ շատ բարակ թելից կախված A մարմինը դուրս է բերվել ՕԱ հավասարակշռության դիրքից ՕB դիրքը: B կետում մարմնի վրա ազդող P ծանրության ուժը վերլուծենք յերկու՝ BE և BC ուժերի, վորոնցից մեկը ուղղված է ՕB թելի ուղղությամբ և հետևաբար վոչնչանում է թելի լարումով, իսկ մյուսը՝ թելին ուղղահայաց է: BC ուժը կստիպի մարմինն շարժվել BA աղեղով դեպի ցած: ABCD-ից յերևում է, վոր այդ ուժը կախում ունի α անկյան մեծությունից՝

$$f = P \sin \alpha$$

և դառնում է հավասար զերոյի, յերբ մարմինը գտնվում է հավասարակշռության դիրքում: Ծանապարհի BA մասում մարմնի շարժումը կլինի արագացող (ուժն ուղղված է շարժման ուղղությամբ), մարմինը մեծագույն արագություն կունենա A կետում: A կետից սկսած դեպի B՝ շարժումը կլինի դանդաղացող (ուժն ուղղված կլինի շարժման հակառակ): Հասնելով B՝ կետը, վորը գտնվում է B կետով



Նկ. 45. Մաթեմատիկական ճոճանակ



Նկ. 46. Կոնական ճոճանակ

անցնող հորիզոնական հարթության վրա, մարմինը մի մոմենտ կանգ է առնում: և հետո կրկնում նույն շարժումը B՝ AB ճանապարհով: Այն ժամանակամիջոցը, վորի ընթացքում մարմինը անցնում է A-ից B, B-ից A, A-ից B՝ և B-ից A կոչվում է լրիվ ճոճման պարբերություն, վորը նշանակենք T-ով: Յեթե ճոճման ժամանակ A մարմինն, նրա B դիրքում հաղորդել իմպուլս, վորն ուղղահայաց լինի շարժ-

ման հարթության, ապա իմպուլսի ուժի վորոշ արժեքի դեպքում A մարմինը հորիզոնական հարթության վրա կսկսի գծել շրջանագիծ, իսկ ճոճանակը կգծի մի կոն, վորի ծնիչը հավասար կլինի ճոճանակի թելի յերկարության: Այսպիսի ճոճանակը կոչվում է կոնական ճոճանակ:

Փորձերը ցույց են տալիս, վոր թելի միևնույն յերկարության դեպքում կոնական և հարթ ճոճանակների ճոճման պարբերություններն իրար հավասար են:

Հաշվենք կոնական ճոճանակի ճոճման պարբերությունը (նկ. 46): B մարմնի վրա, նրա հավասարաչափ շրջանային շարժման ժամանակ ազդում է BC կենտրոնախույս ուժը, վորն ինչպես հայտնի յե, հավասար է $\frac{mv^2}{R}$, վորտեղ m մարմնի մասսան է, v նրա շարժման արագությունը և r շրջանագծի շառավիղը՝ BK: Բացի այդ մարմնի վրա ազդում է $\overline{BD} = mg$ ծանրության ուժը, վորն ուղղված է դեպի յերկրի կենտրոնը: Վորպեսզի B մարմնի շարժումը կատարվի միևնույն շրջանագծով՝ անհրաժեշտ է, վոր $\overline{BC}$ և $\overline{BD}$ յերկու ուժերի $\overline{BF}$ համադրը հավասարակշռվի B0 թելի հակադրումով, իսկ այդ կլինի այն ժամանակ միայն, յերբ $\overline{BF}$ համադրը ուղղված լինի B0 թելի ուղղությամբ: Այդ դեպքում $\angle KOB = \angle DBF$:

KOB յեռանկյունուց՝

$$\sin \alpha = \frac{KB}{OB}$$

BDF յեռանկյունուց՝

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{DF}{DB}$$

α անկյան շատ փոքր արժեքների համար կարելի յե ընդունել՝

$$\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha, \quad \text{ուստի և}$$

$$\frac{KB}{OB} = \frac{DF}{DB};$$

Տեղադրելով համեմատության մեջ՝ $KB = r$, $OB = L$ (ճոճանակի յերկարությունը), $DF = BC = \frac{mv^2}{2}$ կամ ի նկատի ունենալով,

$$\text{վոր } v = \frac{2\pi r}{T}, \quad BC = \frac{4\pi^2 r m}{T^2} \quad \text{և} \quad DB = mg, \quad \text{կստանանք՝}$$

$$\frac{r}{L} = \frac{4\pi^2 r m}{mg T^2}, \quad \text{վորտեղից ստացվում է ճոճանակի պարբերության}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Ինչպես տեսնում ենք մաթեմատիկական ճոճանակի ճոճման պարբերությունը կախում չունի ճարմնի մասսայից և α թեքման անկյունից, յեթե այդ անկյունը փոքր է:

Անալիտիկ մեխանիկայում տրվում է ճոճման պարբերության ճիշտ արժեքը անվերջ շարժի միջոցով՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{g} \left[1 + \left(\frac{1}{2} \right)^2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \left(1 \cdot 3 \right)^2 \sin^4 \frac{\alpha}{2} + \left(\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2 \cdot 4 \cdot 6} \right)^2 \sin^6 \frac{\alpha}{2} + \dots \right]} \quad (2)$$

α անկյան փոքր արժեքների համար կարելի է սահմանափակվել շարքի առաջի յեղի առաջին անդամներով և գրել՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right)} \quad (3)$$

վորակելից

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right) \quad (4)$$

Յեթե α անկյունը 1° -ից մեծ չէ, ապա մեծ ճշտությամբ (0,0002-ի) (4) բանաձևով կարելի է փոխարինել

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad \text{արտահայտությամբ:} \quad (5)$$

Փորձի կատարումը

Ինչպես յերևում է (5) բանաձևից ազատ անկման արագացումը g գտնելու համար պիտի չափել ճոճանակի L յերկարությունը (կախման կետից մինչև ծանրության կենտրոնը) և ճոճման պարբերությունը՝ T :

Ա. ճոճանակի յերկարությունը L չափում է: ճոճանակի L յերկարությունը ներկայացնում է թելի l յերկարության և գնդի r շառավղի գումարը, այսինքն $L = l + r$: l յերկարությունը չափում են քանոնի ոգնությունը հաշված գնդից մինչև հենարանի սուր յեզրը: Շտանգենցիերկուով չափում են գնդի տրամագիծը յերեք տարբեր ուղղությամբ և վերցնում միջինը: Բոլոր չափումները անհրաժեշտ է կատարել յերեքական անգամ և վերցնել միջին արդյունքը:

Բ. ճոճանակի լրիվ ճոճման պարբերության վո-

րոշելը: ճոճման պարբերությունը T չափելու համար պետք է ոգտվել վայրկյանաչափից: Վայրկյանաչափերը սովորաբար ունենում են յերկու սլաք, մեկը յերկար, վոր ցույց է տալիս վայրկյանները և մյուսը կարճ, վոր ցույց է տալիս ըոպենները: Վայրկյանաչափի ոգ-նությունը հնարավոր է չափել ժամանակը 0,1 կամ 0,2 վայրկյանի ճշտությամբ: Վայրկյանաչափը աշխատեցնելու համար հարկավոր է սեղմել վայրկյանաչափի կոճակը, յերկրորդ անգամ սեղմելիս սլաքը կանգ է առնում, իսկ յերրորդ անգամ սեղմելիս սլաքը վերադառնում է նախկին դիրքը:

Նախ քան չափման անցնելը պիտի հանգստացնել ճոճանակը և հետո դիտակը ուղղել ճոճանակի թելին այնպես, վոր ոկուլարի մազը, ճոճանակի թելը և պատին կպցրած սովաբաթղթի գիծը դանվեն մի հարթության վրա (իրար ծածկեն) (նկ. 47):

Վորպեսզի ճոճանակը ճոճվելիս միաժամանակ չկատարի պտույտներ, վորն ազդում է չափման ճշտության վրա, — վարվում են հետևյալ կերպ. բարակ թելից պատրաստում են մի ողակ այնպես, վոր նա ազատ կերպով հագնվի գնդի վրա: Ձգելով թելի ազատ ծայրից ճոճանակը դուրս են բերում հավասարակշռության դիրքից մոտ մեկ սանտիմետր (սովաբաթղթի վրա հատուկ գիծ կա դրա համար) և ծայրը կապում պատից՝ այդ նպատակի համար խփած մեխից: Յերե այդ ձևով հավասարակշռության դիրքից հանած գունդը հանգստանում է, թելը այրում են և ճոճանակը սկսում է ճոճվել առանց պտույտներ կատարելու:

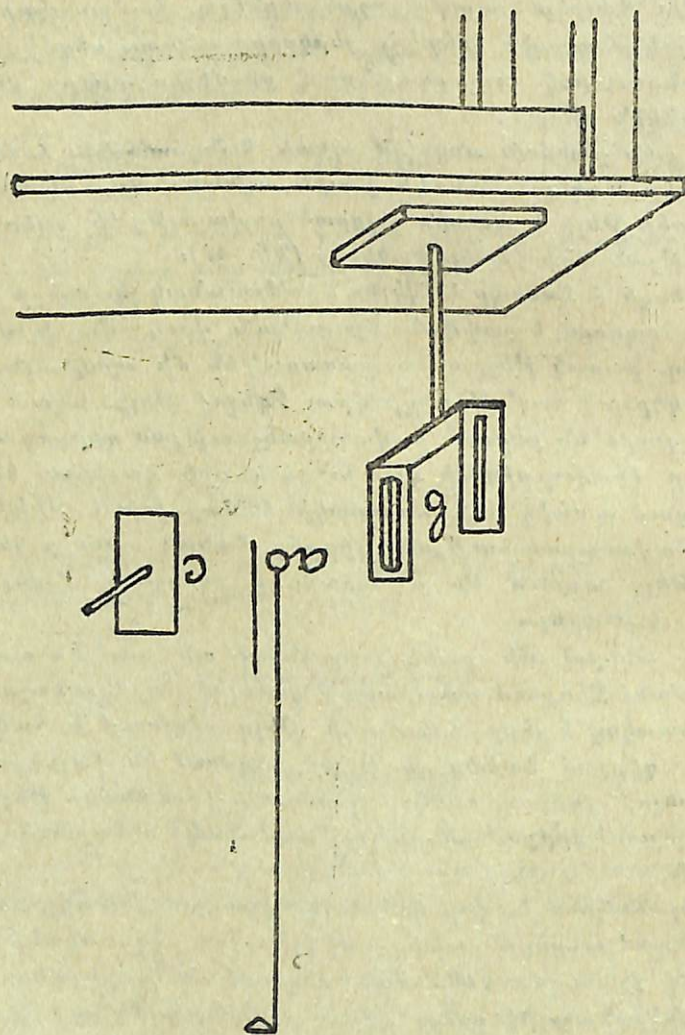
Ձանց անելով մի քանի տատանում անցնում են պարբերության չափման: Ձեռքում պատրաստի պահելով վայրկյանաչափը, նա-յում են դիտակով և յերբ ճոճանակի թելը անցնում է հավասարա-կշռության դիրքով ձախից դեպի աջ, սեղմում են վայրկյանաչափի կոճակը ասելով՝ «գերո», «մեկ», «յերկու»... (ճոճանակի թելը հավա-սարակշռության դիրքով անցնելու ժամանակ) և հաշվում 100 լրիվ տատանում:

Դա նշանակում է, վոր ճոճանակը դիտելու ընթացքում ճոճվե-լով 100 անգամ անցել է ձախից — աջ (չհաշված սկզբնականը): 100-րդ տատանումը լրանալու մոմենտին սեղմում են վայրկյանաչափի կո-ճակը: Վայրկյանաչափի ցույց տված ժամանակամիջոցը բաժանելով 100-ի կստացվի ճոճման պարբերությունը (T): Փորձը պետք է կա-տարել յերեք անգամ և վերցնել T -ի միջին արժեքը:

Քանի վոր վայրկյանաչափը ցույց է տալիս վայրկյանի 0,2 մա-սը, ուստի T -ի համար ստացած արժեքը կլինի 0,002 վայրկյանի ճշտությամբ (0,2 : 100):

Ճոճման պարբերությունը T ավելի ճիշտ վորոշելու համար իդ-
մում են հետևյալ մեթոդի:

Նայում են դիտակով և յերբ ճոճանակի թեղն անցնում է հա-
վասարակշռության դիրքով ձախից աջ, սեղմում են վայրկյանաչափի



Նկ. 47. Գործիքի նկարը

ճոճակը, ապա այլևս չհետևելով տատանումներին սպասում են 20—
30 րոպե, վորից հետո նայում են դիտակով և յերբ թեղը կրկին անց-
նում է հավասարակշռության դիրքով ձախից դեպի աջ, կանգնեցնում
են վայրկյանաչափը: Վայրկյանաչափի ցույց տված է ժամանակա-

միջոցում ճոճանակը կատարել է ամբողջ n թվով տատանում: Բա-
ժանելով է ժամանակամիջոցը նախորդ ձևով ստացած T ճոճման պար-
բերություն վրա կստանանք n տատանումների թիվը, վորը կլինեի
ամբողջ թիվ, յեթե T չափված լինեի առանց սխալի: Իսկ յեթե T
չափվել է մի վորոշ փոքր սխալով, այն ժամանակ բաժանման ար-
դյունքը կներկայացնի խառը թիվ, վոր բաղկացած է լինի ամբողջ
 n_1 և կոտորակային α մասերից, այսինքն $n = n_1 + \alpha$, յերբ $\alpha > 0,5$ -ից
այն ժամանակ n -ի համար վերցնում են նրան ամենամոտ ամբողջ
թիվը, այսինքն $n_1 + 1$, իսկ յերբ $\alpha < 0,5$ -ից n -ի համար վերցնում
են n_1 թիվը: Բաժանելով է այդ յեղանակով ստացած տատանումների
թվի վրա կստացվի ճոճման պարբերության ավելի ճիշտ արժեքը:

Թվա յին որին ալ: Դիցուք փորձով ստացվեց, վոր 100 լրիվ
տատանում ճոճանակը կատարեց 3 րոպե 22,4 վայրկյանի ընթաց-
քում, կամ 202,4 վայրկյանում: ձեկ տատանման տևողությունը կլի-
նի՝ $T = 202,4 : 100 = 2,024$ վայր. ընդունենք, վոր n տատանում-
ները տեկ են 26 ր. 17,4 վայրկյան կամ 1567,4 վայրկյան. բաժա-
նելով 1567,4-ը 2,024-ի կստանանք տատանումների թվի համար՝
 $n = 774,4$: Քանի վոր n ամբողջ թիվ է, ապա նա պետք է լինի կամ
774 կամ 775. Ի նկատի ունենալով, վոր մեր որինակում $\alpha = 0,4$
տատանումների թվի համար վերցնում ենք 774, վորպես 774,4 թվին
ամենամոտ ամբողջ թիվը: Այժմ բաժանելով 1567,4-ը 774-ի կստա-
նանք ճոճման պարբերության համար՝ $T = \frac{1567,4}{774} = 2,025$ վայրկյան,

վորը և կներկայացնի T -ի ճշտված արժեքը:

Գ. ց-ի հաշվումը: Վերևը նկարագրած յեղանակներով
գտնել ճոճանակի թեղի յերկարության՝ l -ի, գնդի շառավղի՝ r -ի և
լրիվ ճոճման պարբերության՝ T -ի արժեքները և տեղադրելով

$$g = \frac{4\pi^2 (l + r)}{T^2}$$

բանաձևի մեջ, հաշվել ց:

Սխալների հաշվումը

Յեթե նշանակենք փորձի ընթացքում չափման ժամանակ
թույլ տված սխալները թեղի յերկարության, գնդի շառավղի և ճոճ-
ման պարբերության համար համապատասխանորեն d, e, dr և dT ,
ապա աղաթանկման արագացման ց-ի սխալը dg պետք է հաշվել հե-
տևյալ բանաձևով՝

$$\left| \frac{dg}{g} \right| = \left| \frac{dl}{l+r} \right| + \left| \frac{dr}{l+r} \right| + 2 \left| \frac{dT}{T} \right|$$

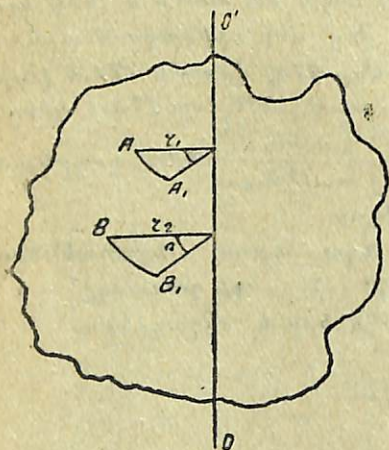
11. ՄԱՐՄՆԻ ԻՆԵՐՅԻԱՅԻ ՄՈՄԵՆՏԻ ՀԱՇՎՈՒՄԸ

ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ

Դիցուք պինդ մարմինը (նկ. 48) պտտվում է $00'$ առանցքի շուրջը՝ առանցքից տարբեր հեռավորությունների վրա գտնվող մարմնի A և B կետերի գծային արագությունները կլինեն տարբեր: Յենթադրենք, մի վրոշ t ժամանակամիջոցում մարմինը պտտվելով հավասարաչափ թեքվել է α անկյամբ. այդ ժամանակամիջոցում A և B կետերը կգծեն AA_1 և BB_1 աղեղներ ու հետևաբար նրանց արագությունները կլինեն՝

$$v_1 = \frac{\sim AA_1}{t} \quad \text{և} \quad v_2 = \frac{\sim BB_1}{t},$$

Ձևափոխենք այս արտահայտություններից առաջինը, ի նկատի ունենալով, զոր $\sim AA = r_1 \alpha$,



Նկ. 48. Անկյունային արագություն

Յենթե v արագությամբ շարժվող մարմնի մասնանի նշանակենք m , ապա ինչպես հայտնի է, այդ մարմնի կինետիկ էներգիան (E_k) հավասար է՝

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (3)$$

Հաշվենք պտտվող մարմնի կինետիկ էներգիան: Այդ էներգիան գումարվում է մարմինը կազմող առանձին Δm մաս-

նիկների կինետիկ էներգիաներից: Նշանակենք մասնիկների մասնանիները՝ $\Delta m_1, \Delta m_2, \dots, \Delta m_n$, նրանց հեռավորությունները առանցքից՝ $r_1, r_2, \dots, r_n$ և համապատասխան արագությունները՝ $v_1, v_2, \dots, v_n$: Դիցուք մարմինը պտտվում է հավասարաչափ ω անկյունային արագությամբ: Դրենք առանձին մասնիկների կինետիկ էներգիաները՝

$$\Delta E_1 = \frac{1}{2} \Delta m_1 v_1^2$$

$$\Delta E_2 = \frac{1}{2} \Delta m_2 v_2^2$$

$$\dots$$

$$\Delta E_n = \frac{1}{2} \Delta m_n v_n^2$$

Նշանակենք $\Delta E_1 + \Delta E_2 + \dots + \Delta E_n = E$, ամբողջ մարմնի կինետիկ էներգիան. (1) հավասարման հիման վրա ունենք՝

$$E = \frac{1}{2} \omega^2 (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \dots + m_n r_n^2)$$

Կամ, ավելի կարճ

$$E = \frac{1}{2} \omega^2 \Sigma m r^2$$

$\Sigma m r^2$ արտահայտությունը կոչվում է մարմնի իներցիայի մոմենտը: Նշանակելով $\Sigma m r^2 = I$ ունենք

$$E = \frac{\omega^2 I}{2} \quad (4)$$

Պտտվող մարմնի կինետիկ էներգիան հավասար է իներցիայի մոմենտի և անկյունային արագության քառակուսու արտադրյալի կեսին:

CGS սխեմում I իներցիայի մոմենտը չափվում է $\text{g} \times \text{cm}^2$ -ով: Դի քանի մարմինների իներցիայի մոմենտը.

1. Համասեռ գլան, զորի պտտման առանցքն է գլանի առանցքը՝

$$I = \frac{1}{2} M R^2, \quad (5)$$

2. Համասեռ գունդ, առանցքն անցնում է կենտրոնով՝

$$I = \frac{2}{5} M R^2 \quad (6)$$

3. Բարակ և յերկար ձող. առանցքն անցնում է ծանրության կենտրոնով և ուղղահայաց է յերկարության՝

$$I = \frac{1}{2} Ml^2. \quad (7)$$

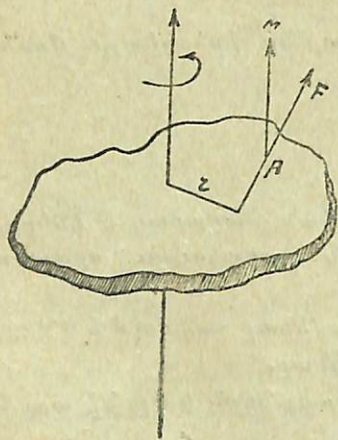
M-ը մարմնի մասսան է, R-ը շառավիղը և l-ը յերկարությունը: Յեթե հայտնի յե մարմնի ինեղիայի մոմենտը ծանրության կենտրոնով անցնող առանցքի նկատմամբ՝ I_c , ապա այդ առանցքին զուգահեռ մի այլ առանցքի նկատմամբ I ինեղիայի մոմենտը կլինի՝

$$I = I_c + Ma^2, \quad (8) \quad (\text{Շտայների թեորեմը})$$

վորտեղ α -ն առանցքների հեռավորությունն է իրարից և M-ը մարմնի մասսան:

Պտտական շարժում առաջ բերող ուժերը պիտի բավարարեն վորոշ պայմանի. տվյալ առանցքի նկատմամբ նրանք պիտի ունենան զործող պտտական մոմենտ. այդ նշանակում է, վոր ուժերը չպիտի անցնեն պտտման առանցքի վորևէ կետով, կամ զուգահեռ լինեն այդ առանցքին: M պտտման մոմենտը վորոշվում է հետևյալ հավասարումով (նկ. 49)՝

$$M = Fr, \quad (9)$$



Նկ. 49. Պտտման մոմենտ

այստեղ r-ը ամենակարճ հեռավորությունն է առանցքից մինչև F ուժը, այսպես կոչված ուժի բազուկն է: Ուժի M մոմենտը վեկտորական մեծություն է. նա ուղղահայաց է r-ով և F-ով տարած հար-

թության և ուղղված է աջնակես, վոր այդ ուղղությամբ նայելիս պըտույտը մեզ յերևա ժամացույցի սլաքի ուղղությամբ:

Ուսումնասիրենք այժմ վորոքական տատանումները: Դիցուք AB լարից կախված DC մարմինը մնալով հորիզոնական հարթության մեջ DC դիրքից շեղվել է EK դիրքը (նկ. 50). Թող F-ը լինի շեղում առաջ բերող ուժը և r-ը ուժի բազուկը: Առաձգականության տեսության մեջ ապացուցվում է (տես աշխ. վորոքման մոդուլի հաշվումը), վորոն էլ հաստատում է, վոր վորոշ սահմաններում (սահմանները կախում ունեն նյութի տեսակից) պտտման մոմենտը համատեղական է վորոքման α անկյան՝

$$M = c\alpha, \quad (10)$$

վորտեղ c-ն թվայնորեն հավասար է այն մոմենտին, վորն առաջացնում է $\alpha = 1$ անկյան պտույտ: Լարը վորոքած վիճակում պահելու համար անհրաժեշտ է կիրառել մի վորոշ M պտտական մոմենտ, վորը հավասարակշռվում է լարում առաձգական ուժերի հետևանքով առաջացած հավասար և հակառակ ուղղված պտտական մոմենտով:

Լարը վորոքելիս ծախսվում է վորոշ եներգիա լարի մեջ առաջացած ներքին ուժերը հաղթահարելու համար:

Յերբ վորոքման անկյունը փոքր է 0° -ից մինչև α , ուժի մոմենտը հավասարաչափ աճում է 0 -ից մինչև $c\alpha$. հետևաբար նրա միջին արժեքը կլինի՝ $\frac{0 + c\alpha}{2} = \frac{c\alpha}{2}$ և կատարած աշխատանքը

$$\frac{c\alpha}{2} \cdot \alpha = c \frac{\alpha^2}{2}: \quad \text{Պտտեցիալ եներգիան կչափվի հենց այդ աշխատանքով:}$$

Յեթե KE դիրքում դադարեցնենք լարի մարմինը բաց թողնվի, ապա նա կսկսի կատարել ներդաշնակ շարժում և նրա կինետիկ եներգիան DC դիրքում հավասար կլինի (4) հիման վրա՝

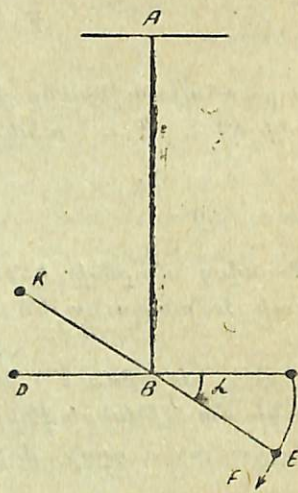
$$E = \frac{\omega^2 I}{2},$$

տվյալ դեպքում, քանի վոր $\omega = \frac{2\pi\alpha}{T}$, ¹⁾ ապա

$$E = \frac{I}{2} \left(\frac{2\pi\alpha}{T} \right)^2$$

¹⁾ Յեթե ներդաշնակ շարժումը արահայտվում է

$$x = A \sin \frac{2\pi t}{T}$$



Նկ. 50. Վորոքական տատանում

հենքերիցի պահապանության որոնքի հիման վրա՝

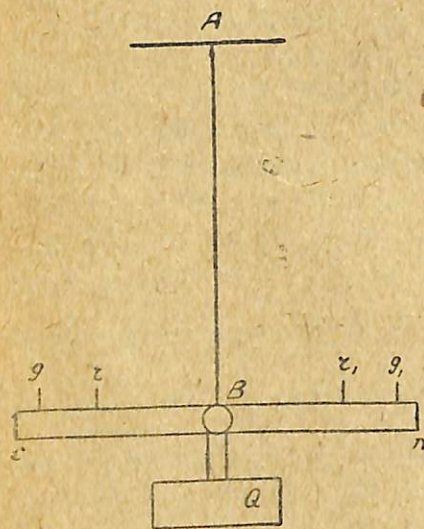
$$\frac{1}{2} I \left(\frac{2\pi\alpha}{T} \right)^2 = \frac{1}{2} c\alpha^2$$

վորտեղից ձոճման պարբերության համար ստացվում է՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}} \quad (11)$$

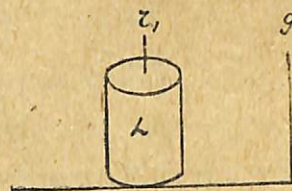
Փորձի կառուցումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. 1. հատուկ սարքավորում իներցիայի մոմենտը վորտեղից համար. 2. վայրկյանաչափ. 3. քանոն. 4. շտանգեն-ցիրկուլ. 5. կշեռք Ռոբերվալի:



Նկ. 51. Փորձի իներցիայի մոմենտը վորտեղից համար

Փորձի նպատակն է վորտեղի 51 նկարում ցույց տված սխեմայի իներցիայի մոմենտը AB առանցքի նկատմամբ AB լարից կախված է CD ձողը և Q ծանրոցը, եթե և gg₁ բարակ ձողեր են, վորտեղի վրա կիպ հազցնելով անցք ունեցող L գլան-



Նկ. 52. Գլաններ անցկացնելու համարանք

ները (նկ. 52) կարելի չի փոխել սխեմայի իներցիայի մոմենտը: CD ձողը վորտեղից AB առանցքի շուրջը մոտ 90° և բաց թող-

ապա նրա արագությունը կլինի

$$v = \frac{2\pi A}{T} \cos \frac{2\pi t}{T}$$

Արագությանը մաքսիմում արժեքը կլինի $\frac{2\pi A}{T}$: Տվյալ դեպքում A փոխարեն ունենք α , ուստի

$$\omega = \frac{2\pi\alpha}{T}$$

նենք. լարի մեջ կառաջանան առաձգական ուժեր, վորտեղ կձգտեն վերադարձնել սխեմայի հավասարակշռության դիրքը. այդ ուժերի ազդեցության տակ ձողը կկատարի ձոճական շարժում, վորի ձոճման պարբերությունը (11) բանաձևի հիման վրա կլինի՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}}$$

վորտեղ I-ն սխեմայի իներցիայի մոմենտն է AB առանցքի նկատմամբ, իսկ C-ն պտտական մոմենտի աչն արժեքն է, վոր առաջ է բերում մեկ միավոր անկյունը հավասար վորտեղի:

$$(11) \text{ բանաձևից} \quad I = \frac{T^2 C}{4\pi^2} \quad (12)$$

վորպեսզի արտաքսենք այս բանաձևից C-ն, փոխում ենք սխեմայի իներցիայի մոմենտը, հազցնելով ε և ε' ձողիկներին վրա լրացուցիչ ծանրոցներ, վորոնք ունեն գլանի ձև

Սխեմայի իներցիայի մոմենտը հավելյալ ծանրոցների դեպքում կլինի այլ՝ I_1 և այդ սխեմայի T_1 ձոճման պարբերությունը կլինի՝

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{C}}$$

$$\text{վորտեղից} \quad = \frac{T_1^2 C}{4\pi^2} \quad (13)$$

Հանելով (13) հավասարումից (12)-ը, ունենք՝

$$I - I_1 = \frac{(T_1^2 - T^2) C}{4\pi^2} \quad (14)$$

$I_1 - I$ տարբերությունը ներկայացնում է լրացուցիչ ծանրոցների իներցիայի մոմենտը, վորը նշանակենք ΔI :

Բաժանելով (12) հավասարումը (14)-ի վրա կստանանք՝

$$\frac{1}{I_1 - I} = \frac{T^2}{T_1^2 - T^2}$$

կամ քանի վոր $I_1 - I = \Delta I$, ունենք՝

$$I = \Delta I \frac{T^2}{T_1^2 - T^2} \quad (15)$$

Հավելյալ ծանրոցների ΔI իներցիայի մոմենտը (5) և (8) բանա-
ձևերի հիման վրա կլինի՝

$$\Delta I = M_1 \left(\frac{r_1^2}{2} + d_1^2 \right) + M_2 \left(\frac{r_2^2}{2} + d_2^2 \right) \quad (16)$$

վորտեղ M_1 և M_2 գլանների մասսաներն են, r_1 և r_2 նրանց շառավիղ-
ները, d_1 և d_2 նրանց առանցքների հեռավորությունը պտտման առանց-
քից:

Յեթե $d_1 = d_2 = d$, $M_1 = M_2 = M$ և $r_1 = r_2 = r$, ապա նախորդ
հավասարումը կգրվի այսպես՝

$$\Delta I = 2M \left(\frac{r^2}{2} + d^2 \right) \quad ($$

Փորձը կատարել հետևյալ ձևով.

1. CO ձողի վրա գտնվում է B հայելին, վորի դիմաց գրված
և շառավիղի ամրացված թղթի շերտը. դիտարկով կարելի չի տեսնել
B հայելուց անդրադարձած թղթի շերտի պատկերը, վորոքերով CD ձողը
մոտ 90° , թողնում են, վոր նա ճոճվի և դիտարկով դիտում հայելու
մեջ յերբեմն ստացվող թղթի պատկերը: Սպասելով, վոր տատանման
ժամանակ դիտարկել ուղղաձիգ դիժը համընկնի ձախ կողմից թղթի
պատկերի յեղրի հետ, աշխատեցնում են վայրկյանաչափը ասելով
«գերո»...: Հաշվել այդ ձևով 50 ճոճման ժամանակամիջոցը t -ն և
գտնել $T = \frac{t}{50}$. վորձը կատարել յերեք անգամ:

2. Հազցնել ε և ε_1 ձողիկների վրա գլանները և նույն ձևով հաշ-
վել սխտեմի ճոճման պարբերությունը T_1 լրացուցիչ ծանրոցներով:

3. Կշեռքի միջոցով գտնել գլանների M_1 և M_2 մասսաները. քա-
նոնի միջոցով չափել EB և E'B հեռավորությունները և գտնել d_1 և
 d_2 : Շտանգենցիրկուով չափել գլանների շառավիղները և գտնել
 r_1 ու r_2 -ը: (16)-ը հավասարման հիման վրա հաշվել ΔI -ն:

4. Տեղադրել T_1 -ի, T_2 -ի և ΔI -ի արժեքները (15) հավասարման
մեջ ու հաշվել սխտեմի իներցիայի մոմենտը:

Սխալների հաշվումը

Սխալը հաշվում են հետևյալ բանաձևով՝

$$\frac{dI}{I} = \frac{d\Delta I}{\Delta I} + \frac{2dT}{T} + \frac{2T_1 dT_1 + 2T dT}{T_1^2 - T^2}$$

վորտեղ

$$\frac{d\Delta I}{\Delta I} = \frac{2dM}{M_1 + M_2} + \frac{\frac{1}{2}(r_1 + r_2)dr + (d_1 + d_2)d(d)}{\frac{r_1^2 + r_2^2}{4} + \frac{d_1^2 + d_2^2}{2}}$$

քանի վոր r_1 և r_2 , M_1 և M_2 և d_1 և d_2 -ը իրար բավականաչափ մոտ
են. dM , dr և dd մասսաների, գլանների շառավիղների և գլանների
առանցքից ունեցած հեռավորության չափման ժամանակ թույլ տված
մեծագույն սխալներն են, վորը յերկու կողմից էլ նույնը կլինի:

Առթանգ № 12

12. ԾԱՆՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒԺԻ ԱՐԱԳԱՑՄԱՆ g -ի ՎՈՐՈՇԵԼԸ ՇԸՋԵԼԻ
ՃՈՃԱՆԱԿԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

ՏԵՍԱՆԱՆ ՄԱՍ

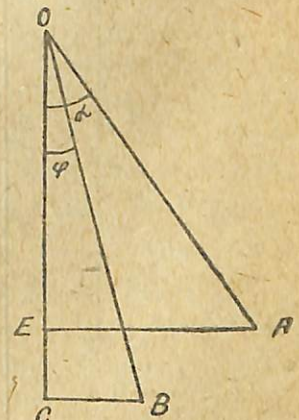
Դիցուք OC (նկ. 53) մաթեմատիկական ճոճանակը¹⁾, վորը ճոճ-
վում է COA ուղղաձիգ հարթության մեջ, դուրս է բերվել OC դիրքից
OA դիրքը կադմելով ուղղաձիգի հետ α
անկյուն: Ծանրության ուժի ազդեցությամբ
տակ նա կսկսի ճոճվել, կատարելով մեկ
լրիվ ճոճումը T ժամանակամիջոցում: Գրա-
նենք մաթեմատիկական ճոճանակի v արա-
գությունը նրա միջանկյալ վորեւ դիրքե-
րից մեկում, որինակ B-ում, յերբ ճոճա-
նակի թեքման անկյունն է φ : Իջեցնենք
B-ից և A-ից ուղղահայացներ OC-ի վրա և
ընդունենք $ED = h$: Այդ մոմենտի համար
ճոճանակի կենդանի ուժը $\frac{mv^2}{2}$ պիտի հա-
վասար լինի ծանրության ուժի կատարած
 mgh աշխատանքին, յերբ m մասսան A
դիրքից անցնում է B դիրքը, այսինքն՝

$$\frac{mv^2}{2} = mgh,$$

$$v^2 = 2gh$$

վորտեղից

1) Մաթեմատիկական ճոճանակի մասին տես նախորդ աշխատանքը:



նկ. 53

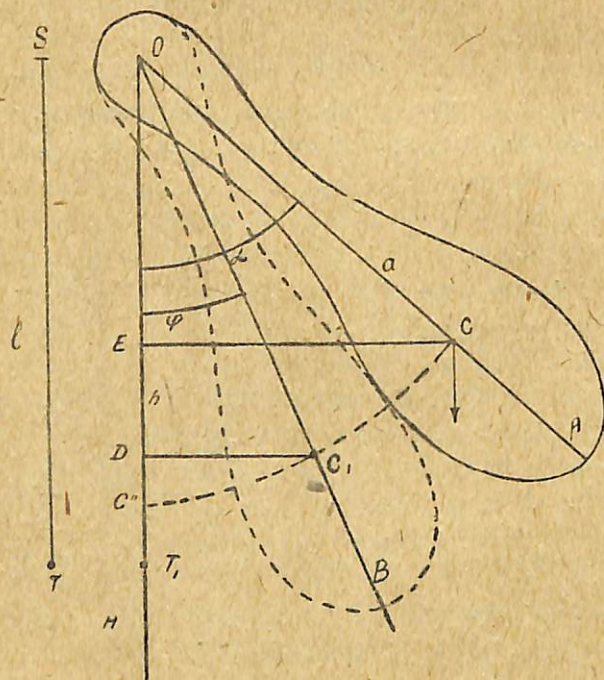
Բայց $h = OD - OE = l \cos \varphi - l \cos \alpha = l (\cos \varphi - \cos \alpha)$, վորտեղ l -ը ճոճանակի OC յերկարությունն է: Այստեղից ունենք՝

$$v = \sqrt{2gl} (\cos \varphi - \cos \alpha) \quad (1)$$

Յեթե նշանակենք ω -ով մաթեմատիկական ճոճանակի անկյունային արագությունը, ապա $v = \omega l$ ու հետևաբար (1) հավասարումը կգրվի՝

$$\omega = \sqrt{\frac{2g}{l}} (\cos \varphi - \cos \alpha) \quad (2)$$

Ֆիզիկական ճոճանակ կոչվում է OA մարմինը, վորը կարող է ճոճվել ծանրության կենտրոնով չանցնող վորևէ հորիզոնական առանցքի շուրջը (նկ. 54): Դիցուք այդ առանցքը, վորի շուրջը ճոճվում է OA մարմինը, ուղղահայաց է գծագրի հարթության և



Նկ. 54. Ֆիզիկական ճոճանակ

անցնում է O կետով: Ծանրության կենտրոնի C -ի հեռավորությունը պտտման առանցքից նշանակենք a -ով, ճոճանակի մասսան m և նրա կշիռը $P = mg$: OA դիրքում գտնվող ճոճանակը, վորը ուղղագծի հետ կազմում է α անկյուն, յեթե թողնվի ինքն իրեն, ապա նա կսկսի ճոճվել ունենալով տարբեր կետերում տարբեր անկյունային արա-

գություն ω : Հաշվենք նրա անկյունային արագությունը OB դիրքում, յերբ թեքման անկյունը φ յե: Իջեցնենք CE և $C'D$ ուղղահայացները ON -ի վրա և նշանակենք $ED = h$:

Ծանրության կենտրոնին կիրառված ծանրության P ուժի կատարած աշխատանքը A դիրքից B դիրքն անցնելը կլինի Ph կամ $Pa (\cos \varphi - \cos \alpha)$: Ճոճանակի ձեռք բերած կենդանի ուժը հավասար է $\frac{l\omega^2}{2}$, վորտեղ l -ն ճոճանակի իներցիայի մոմենտն է պտտման առանցքի նկատմամբ: Ենեղիության պահպանության սկզբունքի հիման վրա՝

$$\frac{l\omega^2}{2} = Pa (\cos \varphi - \cos \alpha)$$

Այս հավասարումից ω -ի համար ստանում ենք՝

$$\omega = \sqrt{\frac{2Pa (\cos \varphi - \cos \alpha)}{l}} \quad (3)$$

Ֆիզիկական ճոճանակի վերածելի (приведенная) յերկարություն կոչվում է այն մաթեմատիկական ճոճանակի $ST = l$ յերկարությունը, վորի ճոճման պարբերությունը համընկնում է տվյալ ֆիզիկական ճոճանակի ճոճման պարբերության հետ: Յեթե այդպիսի յերկար ճոճանակներ թեքվեն α անկյունով և թողնվեն վոր ճոճվեն, ապա հավասար φ թեքման անկյան դեպքում ֆիզիկական ճոճանակի անկյունային արագությունը՝ ω -ն հավասար պիտի լինի մաթեմատիկական ճոճանակի նույն դիրքում ունեցած ω_1 անկյունային արագության: Այսինքն $\omega = \omega_1$ և (2) ու (3) հավասարումների հիման վրա

$$\sqrt{\frac{2Pa (\cos \varphi - \cos \alpha)}{l}} = \sqrt{\frac{29}{l}} (\cos \varphi - \cos \alpha)$$

վորտեղից ֆիզիկական ճոճանակի վերածելի յերկարության համար ստացվում է մի կտրեոր բանաձև՝

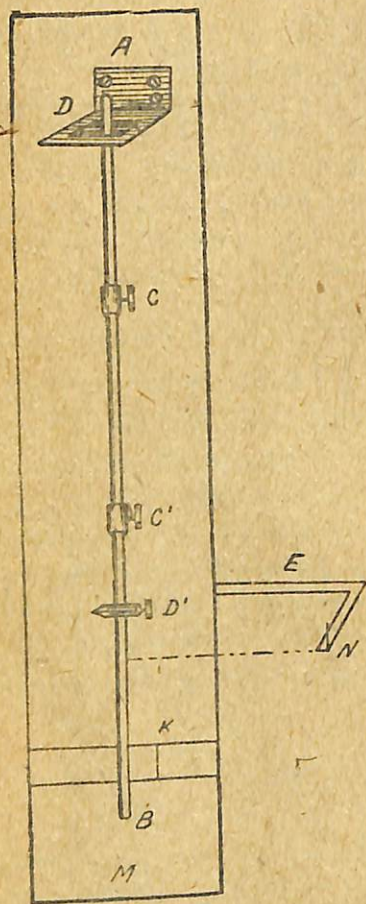
$$l = \frac{I_g}{Pa} \quad \text{կամ}$$

քանի վոր $P = mg$,

$$l = \frac{I}{ma} \quad (4)$$

1) Տես աշխատանք № 11 «Մարմնի իներցիայի մոմենտի վերոշեյը»:

առկ հենարան ճոճանակի ծանրության կենտրոնը վորոշելու համար Շրջելի ճոճանակը (նկ. 56) ներկայացնում է մի մետաղյա ձող (AB), վորն ունի չերկու D և D' շարժական հենարաններ (պրիզմաներ): Ձողին ամրացրած են նաև C և C' ծանրոցները, վորոնք նույնպես շարժական են և պտտականներն ողնությամբ կարելի չե ամրացնել ձողի տարրեր մասերում: Կախելով AB ճոճանակը D պրիզմայով հենարանից ամրացնում են C, C' ծանրոցները և D' պրիզման տեղավորում են այնպես, վոր ստացվի վորոշ ասիմետրիա (անհամաչափություն): Այնուհետև թելը կապելով ձողից, թելի մյուս ծայրը ձգում և կապում են N հենարանից այնպես, վոր ձողի B ծայրը դուրս չկա M հենարանից թղթի վրա գծած K գծից:

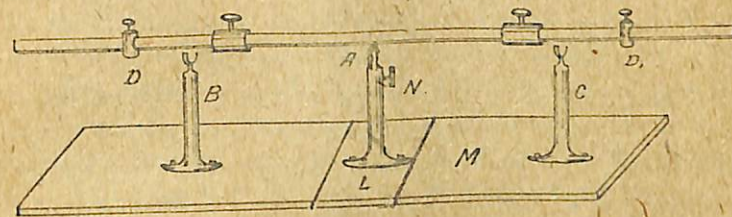


Նկ. 56. Շրջելի նոճանակ

ճոճանակի ծանրության կենտրոնի հեռավորությունը D և D' հենարանների նոր ծայրերից (այսինքն a_1 -ը և a_2 -ը) վորոշում են հետևյալ չեղանակով:

ճոճանակը հանում են պատվանդանից և պառկեցնում B և C նկ. 57) հենարանների վրա. M պատվանդանի մեջտեղում գտնվում է L շարժական պատվանդանը, վորի վրա կա հազցրած A դանակը. N պտտականի ողնությամբ դանակը կարելի չե բարձրացնել և իջեցնել: Յեթե դանակի սուր մասով ցածից բարձրացնել B և C հենարանների

վրա գտնվող ճոճանակը, ապա նա կպահպանի հորիզոնական դիրք միայն այն ժամանակ: Եթե դանակի հենման գիծը և ճոճանակի ծանրության կենտրոնը գտնվեն միևնույն հարթության վրա: Այսպիսով վործի նպատակն է այս դեպքում, տեղավորելով L շարժական պատվանդանը և բարձրացնելով A դանակը գտնել ճոճանակի վրա մի այնպիսի կետ, վոր դրանով դանակի վրա հենված ճոճանակը գտնվի հավասարակշռության մեջ: N պտտականի միջոցով A դանակը պիտի բարձրացնել շատ դանդաղ, վորպեսզի ճոճանակը չճոճվի:



Նկ. 57. Սահավորում ծանրության կենտրոնը վորոշելու համար

Այդ դիրքը գտնելուց հետո զգուշությամբ իջեցնում են ճոճանակը B և C հենարանների վրա ու քանոնի ողնությամբ չափում են D և D' դանակների սուր ծայրերից մինչև դանակի սուր ծայրը: Այս ճանապարհով գտնում են $DA = a_1$, $D'A = a_2$ և $DD' = l$ հեռավորությունները: Ստացած արդյունքները տեղադրում են (8) բանաձևի մեջ և գտնում ց: Բոլոր չափումները պիտի կատարել մեծ խնամքով, առանձին ուշադրություն պիտի դարձնել T_1 -ի և T_2 -ի չափման վրա. նախորոք կարգավ նախորդ աշխատանքի տեսական մասում ճոճանակի պարբերությունը չափելու չեղանակի մասին: Հաշիվները կատարել հինգանիշ լողարիթմական աղյուսակի ողնությամբ:

Սխալների հաճիվը

Մեծագույն հարաբերական սխալը g -ի համար կլինի՝

$$\frac{dg}{g} = \frac{dl}{l} + \frac{da_1 + da_2}{a_1 - a_2} + \frac{T_1^2 da_1 + T_2^2 da_2 + 2T_1 a_1 dT_1 + 2T_2 a_2 dT_2}{a_1 T_1^2 - a_2 T_2^2}$$

քանի վոր da_1 և da_2 սխալները, նույնպես և dT_1 ու dT_2 սխալները նույն կարգի սխալներ են, ուստի

$$da_1 = da_2 = da \text{ և } dT_1 = dT_2 = dT$$

պարզելուց հետո կստանանք՝

$$\frac{dg}{g} = \frac{dl}{l} + \frac{(T_1 + T_2)(T_1 - T_2)}{a_1 T_1^2 - a_2 T_2^2} da + \frac{2(a_1 T_1 - a_2 T_2) dT}{a_1 T_1^2 - a_2 T_2^2}$$

ԴԵՖՈՐՄԱՅԻՍ

Մարմնի ձևի կամ նրա ծավալի մասնիկների փոխադարձ դափնարութեան փոփոխութեանը արտաքին ուժերի ազդեցութեան տակ կոչվում է դեֆորմացիա:

Դեֆորմացիայի ժամանակ մարմինների մեջ առաջանում են ներքին ուժեր, վորոնք մոլեկուլային ծաղում ունեն և կոչվում են առաձգական ուժեր: Առաձգական ուժերը հակառակ են մարմնի վրա ազդող արտաքին ուժերին և վերջինների վերանալու դեպքում վերադարձնում են մարմինը իր նախկին տեսքին:

Փոքր դեֆորմացիաների դեպքում այդ դեֆորմացիան վերանում է, յերբ արտաքին ուժերը զրոգարում են մարմնի վրա ազդելուց: Սակայն P արտաքին ուժերի մեծացումով կարելի չէ ստանալ մի այնպիսի դեֆորմացիա, վորը լրիվ չի վերանում արտաքին ուժերի վերացնելու հետ մեկտեղ. այն դեֆորմացիան, վոր պահպանում է մարմինը կոչվում է մնացորդային դեֆորմացիա: Ուժի փոքրագույն արժեքը, վոր առաջ է բերում մնացորդային դեֆորմացիա՝ կոչվում է առաձգականութեան սահման:

Առաձգական կոչվում են այն մարմինները, վորոնց առաձգականութեան սահմանը բավականաչափ մեծ է. այսպես են որինակ՝ պողպատը, փղոսկրը և այլն. ընդհակառակը, վոչ առաձգական մարմինների համար ազդող ուժերը առաձգականութեան սահմանին են հասնում դեֆորմացիայի դեռ փոքր արժեքների համար:

Դեֆորմացիա առաջ բերող ուժերը մեծանալով առաջ են բերում մարմնի խզում (մարմինը պոկվում է, կոտրվում է և այլն). վորոշ մարմինների համար խզումը տեղի չէ ունենում ավելի շուտ քան ազդող ուժի առաձգականութեան սահմանին հասնելը. այդպիսի մարմինները կոչվում են փխրուն: Յերբ խզման ուժը զգալի չափով մեծ է առաձգականութեան սահմանից, ապա այդպիսի մարմինները կոչվում են ձգվող (тягучими):

Առաձգական յերևույթներում ժամանակը մեծ դեր է խաղում. դեֆորմացիան չի դադարում ուժն անմիջապես ազդելուց հետո, այլ փոփոխվում է, յերբեմն և յերկար ժամանակ:

Դեֆորմացիան սկզբից աճում է արագ կերպով, հետո սկսում դանդաղորեն մոտենալ վերջնական արժեքին: Նույնը և արտաքին ուժերը վերանալուց հետո՝ դեֆորմացիան սկզբից փոքրանում է արագ կերպով, իսկ հետո ավելի դանդաղորեն: Ուշացման ալս յերեվույթը կոչվում է առաձգական հետազդում: Փորձ կատարելիս հետազդման այս յերևույթը միշտ է նկատի յեն ունենում:

Փոքր դեֆորմացիաների սահմաններում մարմինների նկատմամբ կիրառելի յեն հետևյալ որենքները (Հուկի որենքները):

1. Դեֆորմացիայի մեծութունը համեմատական է դեֆորմացիա առաջ բերող արտաքին ուժի մեծութեան (Հուկի որենքը):

2. Արտաքին ուժի նշանի փոփոխութեանը առաջ է բերում դեֆորմացիայի նշանի փոփոխութուն, առանց փոփոխելու դեֆորմացիայի բացարձակ արժեքը:

3. Արտաքին մի քանի ուժերի առաջ բերած դեֆորմացիան հավասար է առանձին-առանձին ուժերի առաջ բերած դեֆորմացիաների գումարին:

Վորպես դեֆորմացիայի չափ, սովորաբար, վերցնում են հարաբերական դեֆորմացիա, այսինքն դեֆորմացիայի բացարձակ արժեքի հարաբերութեանը նախնական մեծութեան:

Դեֆորմացիա առաջ բերող ուժը հաշվում են մեկ միավոր մակերեսի վրա, վորը կոչվում է լարում: Յեթե S մակերեսի վրա ազդող ուժն է P, ապա p լարման համար ունենք՝

$$p = \frac{P}{S}.$$

Ընդհանուր առմամբ, յեթե նշանակենք մարմնի կրած դեֆորմացիան (հարաբերական)՝ δ , մեկ միավոր մակերեսի վրա ազդող ուժը՝ p, ապա համաձայն Հուկի որենքի՝

$$\delta = c p$$

վորտեղ c համեմատականութեան գործակից է, վորը տվյալ դեպքում կլինի դեֆորմացիայի գործակից:

Դեֆորմացիայի գործակցի հակադարձ մեծութունը $K = \frac{1}{c}$

ներկայացնում է տվյալ դեֆորմացիայի մոդուլը:

Դեֆորմացիայի գործակիցները կամ մոդուլները հաշվելիս սովորաբար p արտահայտում են $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ -ով:

ՅՈՒՆԳԻ ՄՈԴՈՒԼԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԼԵՐՄԱՆՏՈՎԻ ԳՈՐԾԻՔԻ ՈՂՆՈՒԹՅԱՄԲ

ՏԵՄԱՆ ՄԱՍ

Չողը (կամ լարը) ամրացնենք A կետից, ինչպես ցույց է տված 58 նկարում: Դիցուք ձողի յերկարութունն է l, իսկ լայնական կտրվածքի մակերեսը S: Այժմ ձողի B ծայրից կախենք P ծանրոցը: Այդ ծանրոցի ազդեցութեան տակ ձողը կերկարի Δl -ով. դեֆորմա-

ցիւսյի չափը, ինչպես հայտնի յե (տես ընդհանուր մաս) այս դեպքում կլինի՝ $\Delta l_1 = \frac{\Delta I}{1}$ հարաբերությունը: Ձողի կտրվածքի ամեն մի միավոր մակերեսի վրա ազդող ուժը կամ լարումը կլինի՝ $p = \frac{P}{S}$, հուկի որենքի հիման վրա կարող ենք գրել՝

$$\Delta l_1 = \alpha p, \quad (1)$$

վորտեղ α համեմատականության գործակից եւ կոչվում եւ գծային ձգման գործակից¹⁾:

Քանի վոր Δl դեֆորմացիան փոքր մեծությունն եւ, ուստի փոքր կլինի նաեւ α գործակիցը, ավելի հարմար եւ գործ ունենալ α -ի հակադարձ մեծության հետ, վոր կոչվում եւ Յունգի մոդուլ եւ նշանակում են E տառով, այսպիսով $E = \frac{1}{\alpha}$: Այժմ (1) բանաձևը կգրվի այսպես

$$p = E \Delta l_1, \quad (2)$$

Յեթե (2) բանաձևում ընդունենք $\Delta l_1 = 1$, կամ վոր միեւնույնն եւ՝ $\frac{\Delta l}{1} = 1$, ապա կստանանք $E = P$.

Նշանակում եւ, Յունգի մոդուլը թվային արժեքով հալատար եւ այն ուժին, վոր ազդելով ձողի յուրաքանչյուր միավոր մակերեսի վրա առաջ եւ բե-

րում ձողի յերկարության կրկնապատկում: Հասկանալի յե, վոր գործնականորեն աղախի ձգումը անհնարին եւ, քանի վոր մինչեւ ձողի կրկնապատկվել տեղի կունենա խզում:

(2) բանաձևը, Δl_1 -ի եւ p -ի արժեքները նրա մեջ տեղադրելուց հետո կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$\frac{P}{S} = E \frac{\Delta l}{l},$$

վորտեղից՝

$$E = \frac{Pl}{\Delta l S} \quad (3)$$

¹⁾ Յեթե p բացասական եւ, այն ժամանակ տեղի յե ունենում ձողի կարճացում, այդ դեպքում α կոչվում եւ դժային սեղմման գործակից:

Ինչպես յերևում ե (3) բանաձևից, Յունգի մոդուլը E վորտեղում համար անհրաժեշտ եւ չափել ձողի (լարի) յերկարությունը՝ l , նրա լայնական կտրվածքը՝ S , ձգող P ուժը եւ նրա ազդեցության տակ առաջացած Δl յերկարացումը:

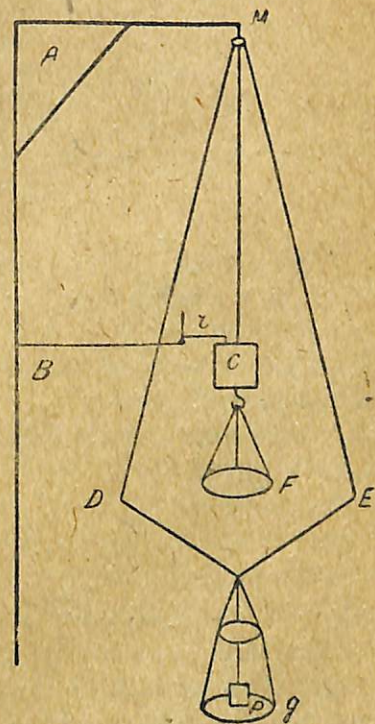
Փորձի կառուցումը

Անհրաժեշտ գործիքներ, կերմանտովի գործիքը, կշռաքարեր, միկրոմետր, յերկար քանոն, դիտակ շտապիվի վրա ուղղաձիգ քանոնով:

Մեր լաբորատորիայում Յունգի մոդուլը վորտեղում համար, ոգտվում են կերմանտովի պարզեցրած գործիքից (նկ. 59):

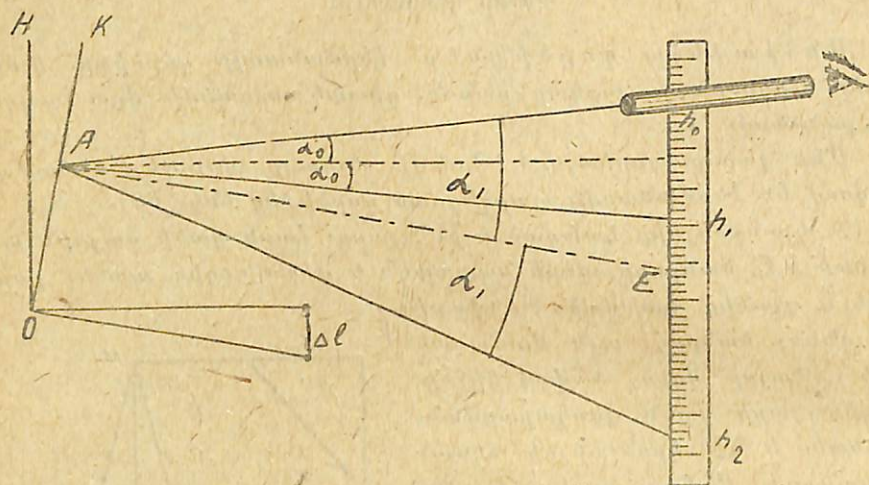
Ա կրոնշտեյնից կախված ե MC լարը: Լարի ցածի ծայրին ամրացրած ե C ծանրոցը, վորի նպատակն ե միշտ ուղիղ պահել լարը: Յեթե C զլանից կախված F նժարի վրա դնենք ծանրոց, այն ժամանակ լարի C ծայրը վորոշ չափով կիջնի, ինչպես լարի իրեն յերկարացման, նույնպես ե AM կրոնշտեյնի ձկման հետեանքով: Ձկման ազդեցությունը վերացնելու նպատակով կրոնշտեյնի M ծայրից ամրացրած MD ե ME լարերից կախում են g նժարը: Յեթե չափել MI լարի յերկարությունը (l), յերբ P ծանրոցը գտնվում ե g նժարի վրա ե նրա l'' յերկարությունը, յերբ ծանրոցը տեղափոխվել ե F նժարի վրա, ապա $l'' - l$ տարբերությունը կներկայացնի MC լարի իսկական յերկարացումը, քանի վոր AM կրոնշտեյնի ձկում առաջացնող ուժը յերկու դեպքումն ել մնում ե նույնը, ազդելով կրոնշտեյնի M կետի վրա մի դեպքում MC լարի միջոցով, մյուս դեպքում DM ե EM լարերի միջոցով:

Δl յերկարացումը չափվում ե հալելու ե շկալալի մեթոդով, C զլանին հենվում ե H հայելու հիմքը (նկ. 60): Գործիքից մոտ 1 մետր հեռավորության վրա գտնվում ե ուղղաձիգ սկալայով մի դիտակ, հալելուց անդրադարձած սկալայի պատկերը կարելի յե դիտել դիտակի



Նկ. 59. Կերմանտովի գործիքը

ողնությամբ: Յերբ P ծանրոցը ց նժարից տեղափոխվում է F նժարի վրա MC լարը ձգվում է և C գլանը իջնում: միաժամանակ իջնում է նաև գլանին մի ծայրով հենված r լծակը, վորի հետևանքով H հայելին պտտվում է և Ընդունում OK դիրքը:



Նկ. 60

Դիցուք նախ քան ծանրոց դնելը դիտակով դիտելիս յերևաց սկալայի n_1 բաժանմունքը, դա նշանակում է, վոր սկալայի n_1 բաժանմունքից դուրս չեկող $n_1 A$ ճառագայթը անդրադառնալով հայելուց դնում է դիտակի առանցքի՝ An_0 ուղղությամբ: անկման և անդրադարձման անկյուններն են $n_1 AB$ և $BA n_0$, վորոնք իրար հավասար են: Նշանակելով աչդ անկյունը α_0 , յեռանկյունի $n_0 An_1$ -ից յերևում է վոր՝

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{n_1 - n_0}{R},$$

վորտեղ R ներկայացնում է սկալայի հեռավորությունը հայելուց:

Յեթե այժմ դիտակով դիտել, յերբ F նժարի վրա դրվել է P ծանրոցը, ապա դիտակում սկալայի n_1 բաժանմունքի փոխարեն կերևա մի այլ n_2 բաժանմունք և α_0 անկյունն էլ կգառնա մի այլ՝ α_1 անկյուն, անկման և անդրադարձման անկյունները կլինեն՝ $n_2 AE$ և $EA n_0$: հայելուն կանգնեցրած ուղղահայացն է AE: հայելու տարբեր դիրքերում նրան կանգնեցրած ուղղահայացներով կազմած անկյունը BAE կլինի հայելու պտտման անկյունը, վորը ինչպես յերևում է գծագրից հավասար է $\alpha_1 - \alpha_0$:

Յեռանկյունի $n_0 An_2$ -ից ունենք՝

$$\operatorname{tg} 2\alpha_1 = \frac{n_2 - n_0}{R},$$

Քանի վոր α_0 և α_1 անկյունները լինում են շատ փոքր, ուստի տանգենսները կարելի չէ փոխարինել անկյուններով և գրել՝

$$\alpha_0 = \frac{n_1 - n_0}{2R} \quad \text{և} \quad \alpha_1 = \frac{n_2 - n_0}{2R},$$

OKi փոքր յեռանկյունուց $KL = \Delta l$ յերկարացման համար ստանում ենք՝

$$\Delta l = r (\alpha_1 - \alpha_0)$$

կամ տեղադրելով α_0 և α_1 արժեքները՝

$$\Delta l = r \left(\frac{n_1 - n_0}{2R} - \frac{n_2 - n_0}{2R} \right) = \frac{n_2 - n_1}{2} \frac{r}{R} \quad (4)$$

Տեղադրելով (3) բանաձևի մեջ Δl -ի և $S = \frac{\pi d^2}{4}$ արժեքները, վորտեղ d լարի արամագիծն է, Յունգի մոդուլի համար ստանում ենք՝

$$E = \frac{8PRl}{\pi d^2 (n_2 - n_1) r} \quad (5)$$

Փորձը կատարվում է հետևյալ ձևով:

Սկզբից անհրաժեշտ է կանոնավորել դիտակը, այսինքն ուղղել այն դեպի հայելին այնպես, վոր գիտողը նայելիս տեսնի հայելուց անդրադարձած սկալայի բաժանմունքների պարզ պատկերը: Դրա համար պիտի նայել դիտակի վրայով և շարժել շտատիվը մինչև վոր հայելու մեջ յերևա սկալայի պատկերը: Սկալայի պատկերը յերևուլուց հետո շտատիվը այլևս չշարժել, այլ ոկուլարի տեղափոխումով կամ դիտակը հորիզոնական ու ուղղաձիգ առանցքների շուրջը պտտելով աշխատել դիտակի միջոցով ստանալ հայելու պատկերը, վորից հետո ոկուլարը դիտակի ներսը հագցնելով կստացվի սկալայի պատկերը: Փորձը կատարելիս հետևել, վոր դիտելիս ոկուլարի խաչաձևվող գծերը պարզ յերևան: Այնուհետև ց նժարի վրա դնելով կշռաքարերից մեկը՝ P_1 (1 kg, 1,5 kg, 3,43 kg), հաշվում են սկալայի պատկերի այն բաժանմունքը, վոր համընկնում է ոկուլարի հորիզոնական գծի հետ: ստացած բաժանմունքը, վորը պիտի հաշվել 0,1 mm ճշտությամբ (տասնորդական մասերը պիտի հաշվել աչքաչափով) կներկայացնի n_1 -ը, ապա առանց տատանումների առաջացնելու, P_1

ծանրոցը տեղափոխում են F նշանի վրա և նույն ձևով հաշվում n_2 Միկնույն P_1 կշռաքարի համար n_1 և n_2 -ի չափումները կատարում են յերեք անգամ և վերցնում միջինը: Այնուհետև նույն չափումները կատարել P_2 և P_3 կշռաքարերի նկատմամբ: R հեռավորությունը չափում են քանոնի ոգնությունով: Ղրա համար քանոնի մի ծայրը հենում են հայելուն և պահելով քանոնը սկալային ուղղահայաց դիրքով հաշվում են այդ հեռավորությունը:

1-ի արժեքը գտնելու համար, քանոնով պիտի չափել լարի յերկարությունը հենման կետից մինչև գլանի վերին մակերեսը: Լարի արամագիծը՝ d -ն վորոշելու համար, անհրաժեշտ է չափել միկրոմետրով լարի արամագիծը յերկու փոխադարձ-ուղղահայաց ուղղությունով լարի յերեք տարբեր բարձրությունների վրա և վերցնել միջինը: r հեռավորությունը արվում է. մեր լաբորատորիայում գտնվող գործիքի համար $r = 15$ mm-ի:

Փորձի ավյալները տեղադրել (5) բանաձևի մեջ և հաշվել E -ն առանձին-առանձին P_1 , P_2 և P_0 ծանրոցների համար ու վերցնել E_1 , E_2 և E_3 միջին արժեքը:

Սխալների հաշվումը

(5) բանաձևից Յունգի մոդուլի հարաբերական սխալի համար ստացվում է՝

$$\frac{dE}{E} = \frac{dR}{R} + \frac{dl}{l} + \frac{2dd}{d} + \frac{dn_2}{n_2 - n_1} + \frac{dn_1}{n_2 - n_1}$$

վորտեղ dR , dl , dd , dn_1 և dn_2 համապատասխանորեն մեծագույն սխալն է, վոր կատարվել է փորձի ժամանակ R -ը, l -ը, d -ն, n_1 և n_2 չափելու ժամանակ:

Ա. Շ. Ս. Ս. Ս. № 12

ՅՈՒՆԳԻ ՄՈԴՈՒԼԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ՃԿՄԱՆ ՄԻՋՈՅՈՎ

ՏԵՍՏԿԱՆ ՄԱՍ

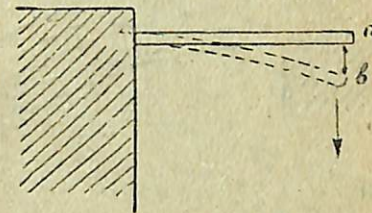
Չորսուրի ձև ունեցող պինդ մարմնի մի ծայրը ամրացրած է անշարժ, իսկ մյուսի վրա չորսուրին ուղղահայաց ազդում է f ուժը (նկ. 61): Ուժն ազդելու հետևանքով չորսուրն ձկվում է, a դիրքից անցնելով b դիրքը: ab հեռավորությունը կոչվում է ձկման սլաք:

Բացի նկարագրած դեպքից հայտնի յեն ձկման և այլ դեպքեր:

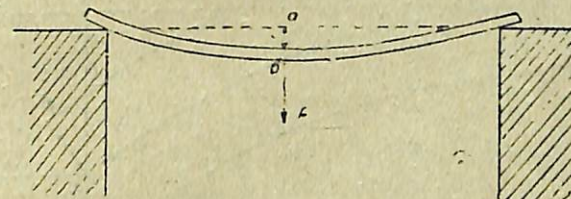
62 նկարի վրա չորսուրի յերկու ազատ ծայրերը հենված են հենարանի վրա և մեջտեղում ազդում է f ուժը: Ձկման սլաքը կլինի

ab -ն: Կարող է պատահել, վոր չորսուրի յերկու ծայրերը ամրացրած են և անշարժ, ինչպես յերևում է 63 նկարից:

Ձկման հետևանքով չորսվակի լայնական կտրվածքները թեքվում են և առանցքը ծովում (նկ. 64): Չորսվակի ուղուցիկ մասի շերտերը յերկարում v , իսկ գոգավոր մասինը՝ կարճանում. չորսվակի ներսում կա մի շերտ AB , վորի յերկարությունը մնում է անփոփոխ. այդ շերտը կոչվում է չեզոք շերտ: Ձկման յենթարկված չորսվակի ներսում առաջանում են առաձգական ուժեր՝ f_1 և $-f_1$, վորոնք ձգտում են ուղղել չորսվակը. ուղուցիկ ձգված շերտերը ձգտում են կարճանալ, իսկ գոգավոր սեղմված շերտերը՝ յերկարել. այդ ուժերը այնքան մեծ կլինեն, վոր-

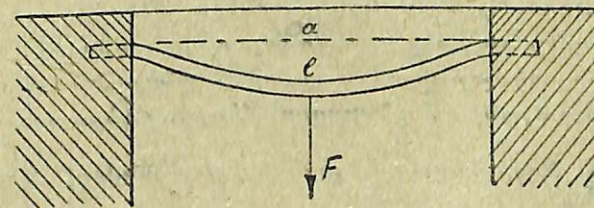


Նկ. 61



Նկ. 62

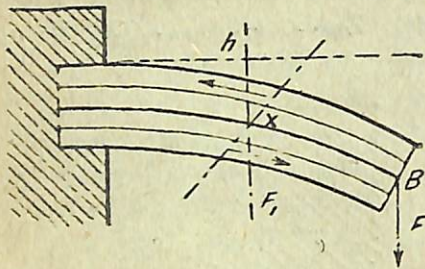
քան մեծ կլինեն առաջացած դեֆորմացիաները (չուլի որենքը), այսինքն համեմատական են տվյալ շերտի չեզոք շերտից ունեցած x հեռավորության:



Նկ. 63

Այսպիսով, չորսվակի լայնական կտրվածքի վրա ազդում են $f_1 - f_1$ ուժազույգը, վորի մոմենտը գումարվում Δf ելիմենտար ուժերի մոմենտների գումարից՝ $\sum x \Delta f$: Հավասարակշռության դեպքում

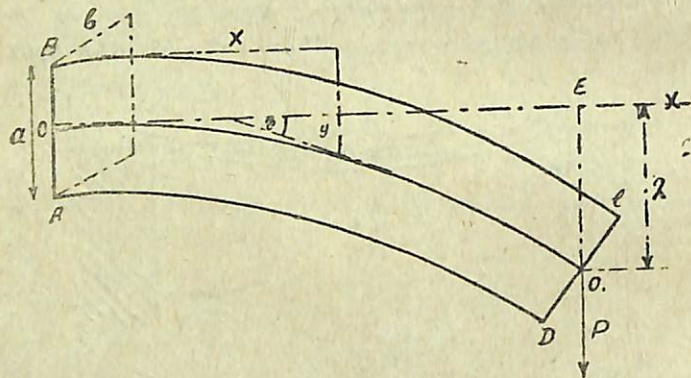
ալի մոմենտը հավասար պիտի լինի չորսվակի վրա ազդող արտաքին ուժերի մոմենտների գումարին:



Նկ. 64

Ուսումնասիրենք ավելի մանրամասն ձևման դեֆորմացիան:

ABCD ձողը P ուժի ազդեցության տակ ձկվել է հոով (Նկ. 65): Դիցուք ձողի յերկարությունն է 1, բարձրությունը a և լայնությունը b: OE-ն չեզոք շերտն է մինչև ձողի ձկվելը և OO¹ ձկվելուց հետո: Ընդուն-



Նկ. 65

ենք վոր կոորդինատների սկզբնակետը O գտնվում է չեզոք շերտի սկզբում՝ O կետում. x-երի առանցքն ունի OE ուղղությունը և y-ների առանցքը՝ OA ուղղությունը: Որդինատները կներկայացնեն ձևման սլաքի մեծությունը տարբեր x հեռավորության վրա: OO'-ի վորևե M(x,r) կետով տարած շոշափողի կազմած P անկյունը x-երի առանցքի հետ, ինչպես հայտնի յե անալիզից, հեռեյալ կերպ է արտահայտվում՝

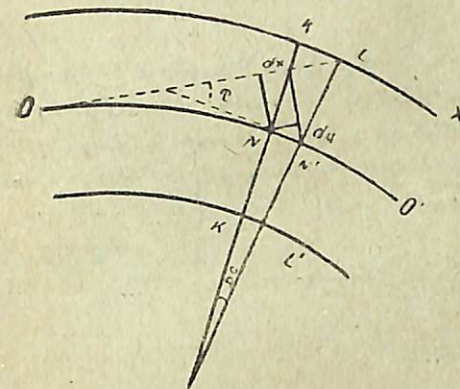
$\text{tg } \tau = \frac{dy}{dx}$: Ձողի ներսում, յերկու իրար անվերջ մոտ գտնվող

զուգահեռ հատվածները, ձկման հետևանքով թեքվում են և դրանց շարունակությունը ստացվում է dτ անկյունը (Նկ. 66): KK'-ով և ll'-ով կազմված ալի անկյունը հավասար է OO'-ին N և N' կետերի մոտ անցնող շոշափողներով կազմած ելեմենտար անկյան, այսինքն՝ $d\tau = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x+dx} - \left(\frac{dy}{dx}\right)_x = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x+dx} - \left(\frac{dy}{dx}\right)_x + dx$ վերածելով շարքի և սահ-

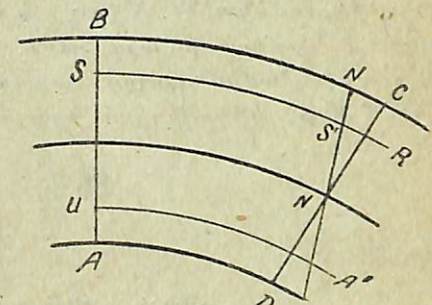
մանափակվելով առաջի կարգի անվերջ փոքրով, ունենք՝

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x+dx} = \frac{dy}{dx} + \frac{d^2y}{dx^2} dx + \dots$$

$$d\tau = \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) dx$$



Նկ. 66



Նկ. 67

Դիտենք այժմ ձողի ներսում չեզոք շերտից y հեռավորության վրա գտնվող SS' ելեմենտը, վորի յերկարությունն է dx: Շնորհիվ ձկման ալի ելեմենտը յերկարել է S'R-ով, վորի համար կարող ենք գրել՝

$$S'R = gdr = y \left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) dx.$$

Մեկ միավորի յերկարացումը կլինի

$$\frac{S'R}{SS'} = y \frac{d^2y}{dx^2}$$

Յեթե SR ելեմենտի հաստությունն է dy և լայնությունը b, ապա նրա մակերեսը կլինի bdy. ուստի ձգման դեֆորմացիայի հիման վրա, այն ուժը, վոր առաջացրել է dx յերկարացում, կլինի՝ $E b y dy \frac{d^2y}{dx^2}$, վորտեղ E-ն Յունգի մոդուլն է:

Նույնը կարելի յե ասել չեզոք շերտից ցած գտնվող ելեմենտների համար, միայն այն տարբերությամբ, վոր ուժերն այս դեպքում առաջացնում են կարճացում: SS¹ և UA' ելեմենտների վրա ազդող ուժերը կազմում են ելեմենտար ուժազույգ, վորի պտտման

մոմենտն է՝ $2Eby^2dy \frac{d^2y}{dx^2}$, ABDC ամբողջ շերտի համար ուժի այդ մոմենտը կլինի՝

$$2Eb \frac{d^2y}{dx^2} \int_0^{\frac{a}{2}} y^2 dy = Eb \frac{a^3}{12} \frac{d^2y}{dx^2}$$

Այդ մոմենտը պիտի հավասարակշռվի ձողի ծայրում կիրառված P ուժի մոմենտին: $M(x, y)$ կետի համար P ուժի բազուկը կլինի $(1-x)$ հետևաբար այդ ուժի մոմենտը տվյալ շերտի համար կլինի $P(1-x)$: Համեմատելով գրածը նախորդ հավասարման հետ, ստանում ենք դիֆերենցիալ հավասարում՝

$$Eb \frac{a^3}{12} \frac{d^2y}{dx^2} = P(1-x) \quad (1)$$

կամ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{12P}{Ea^3I} (1-x) \quad \text{վորտեղից}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{12P}{Ea^3I} \left(lx - \frac{x^2}{2} \right) \quad (2)$$

և

$$y = \frac{12P}{Ea^3I} \left(\frac{lx^2}{2} - \frac{x^3}{6} \right) \quad (3)$$

Ստանում ենք մի հավասարում, վորը կապ է հաստատում ձկման սլաքի (y) և x հեռավորության միջև: Յերբ $x=1$, $y=\lambda$ -ի հետևաբար (3) հավասարումից ստանում ենք

$$\lambda = \frac{12P}{Ea^3I} \left(\frac{l^3}{2} - \frac{l^3}{6} \right)$$

վորտեղից

$$\lambda = \frac{4l^3}{Ea^3I} P \quad (4)$$

Ստացած բանաձևը դժվար չի կիրառել նաև այն դեպքի համար, յերբ ձողը իրեն յերկու ծայրերով ազատ կերպով հենվում է հենարանի վրա: Յեթե ձողի մեջտեղում կախած P ծանրոցը առաջացրել է λ ձկում, ապա սա միևնույնն է, վոր ձողը մեջտեղից լինել ամրացրած անշարժ և նրա ծայրերին ազդելին դեպի վեր ուղղված յերկու

իրար հավասար $\frac{P}{2}$ ուժեր և ծայրերից առաջացնելն λ ձկում: Այս դեպքում (4) բանաձևում P-ի փոխարեն պիտի տեղադրել $\frac{P}{2}$, իսկ l-ի փոխարեն $\frac{l}{2}$ և λ -ի համար կստացվի՝

$$\lambda = \frac{4 \left(\frac{l}{2} \right)^3}{Ea^3I} \frac{P}{2}$$

կամ

$$\lambda = \frac{l^3}{4Ea^3I} P \quad (5)$$

կլոր ձողի համար

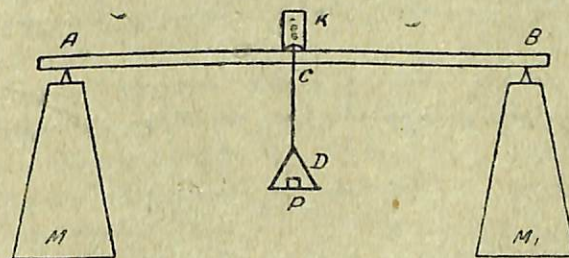
$$\lambda = \frac{l^3}{12\pi ER^4} P \quad (6)$$

վորտեղ R-ը կլոր ձողի շառավիղն է:

Փորձի կառուցումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. 1. Հատուկ գործիք Յունգի մոդուլը վորոշելու համար. 2. Միկրոսկոպ (փոքր խոշորացումով). 3. քանոն:

Յունգի մոդուլը ձկման միջոցով վորոշելու համար ոգտվում են 68 նկարում ցույց տված գործիքից: M և M' հենարանների վրա դրված են պողպատե պրիզմաներ, այնպես, վոր նրանց նիստերը լի-

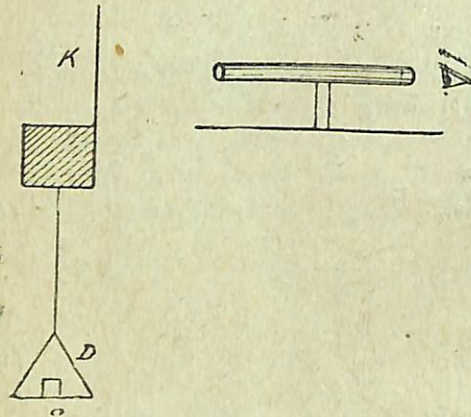


Նկ. 68

նեն դուգահեռ: Պրիզմաների սուր ծայրերի վրա հենվում է AB ուղղանկյուն ձողը, վորի մեջտեղի C կետից կախված է D նժարը: AB

ձողի մեջտեղից կացրած և K սկալան: Ձողը ճկվելիս K սկալան իջնում և և միկրոսկոպի ոգնությունը հնարավոր է լինում վորոշել ճշկման սլաքը (նկ. 69): Փորձը կատարում են հետևյալ կերպ:

AB փորձարկվող ձողը դնում են պրիզմաների վրա այնպես, վոր հենման գծերը ճիշտ գտնվեն ձողի վրա պատրաստած հատուկ



Նկ. 69

գծիկների հետ: Միկրոսկոպի միջոցով ֆոկուսի յեն վերցնում K սկալայի բաժանմունքները: Միկրոսկոպի ոկուլարում կա հորիզոնական բարակ թել, վորը յերևում և սկալայի բաժանմունքների հետ միաժամանակ: Գրի յեն առնում K սկալայի այն բաժանմունքը, վոր համընկնում և հորիզոնական թելիկի հետ, յերբ D նժարի վրա ծանրոց չկա: Այնուհետև D նժարի վրա դնում են P_1 ծանրոցը և միկրոսկոպով դիտում K սկալայի այն նոր բաժանմունքը, վորը համընկնում

և թելիկի հետ: Այդ սվյալներից վորոշում են λ_1 ճկման սլաքը:

Փորձը կատարում են յերեք տարբեր ծանրոցների համար և ստանում $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ արժեքները: Ամեն անգամ փորձը կատարում են հակառակ ուղղությամբ և ստուգում ձողի զերո գիւրքը:

AB ձողի յերկարությունը՝ l -ը չափում են քանոնի միջոցով մի քանի անգամ, վերցնելով այդ յերկարության համար պրիզմաների վերևի սուր ծայրերի հեռավորությունը: Ձողի լայնությունը b -ն և բարձրությունը a -ն չափում են շտանգենցիրկուլի ոգնությամբ: Բոլոր չափումները կատարել յերեք անգամից վոչ պակաս և վերցնել միջինը:

Հաշվել Յունգի մոդուլը յերեք տարբեր դեպքերի համար և գտնել նրա միջին արժեքը հետևյալ բանաձևի ոգնությամբ (5)

$$E = \frac{l^3 P}{4a^3 b \lambda} \quad \frac{Kq}{mm^2}$$

P չափել կիրգրամներով և յերկարությունները միլիմետրերով:

Սխալների հաշվումը

Նկարագրած յեղանակով Յունգի մոդուլը հաշվելիս, կատարած ամենամեծ հարաբերական սխալը կլինի՝

$$\frac{dE}{E} = \frac{3dl}{l} + \frac{3da}{a} + \frac{dl}{l} + \frac{d\lambda}{\lambda}$$

վորտեղ dl, da, dl և $d\lambda$ համապատասխանորեն l -ի, a -ի և λ -ի առանձին չափումների ամենամեծ սխալներն են:

Ա. Շխասաևի № 15

16. ՎՈԼՈՐՄԱՆ ՅԵՎ ՍԱՀՔԻ ՄՈԴՈԽԼՆԵՐԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ՍՏԱՏԻԿ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

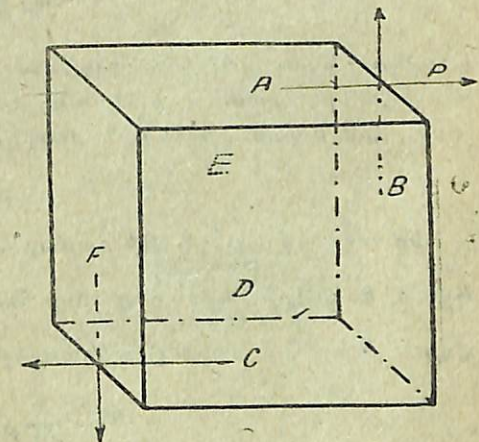
ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ

Սահք: Յերբ մարմինը դեֆորմացիայի յե յենթարկվում այնպես, վոր տվյալ հարթության զուգահեռ, նրա բոլոր յերտերը առանց ծովելու ու չափերը փոխելու զուգահեռ տեղաշարժ են կատարում իրար նկատմամբ, ապա այդ տեսակի դեֆորմացիան անվանում են սահք:

Դիցուք A հարթության վրա (նկ. 70), նրան շոշափող, ազդում են մակերեսին հավասարաչափ բաշխված ուժեր, վորոնց զումարն է P : Մակերեսի մեկ միավորի վրա ազդող ուժը այս դեպքում անվանենք շոշափող ճնշում (կամ լարում) և նշանակենք p :

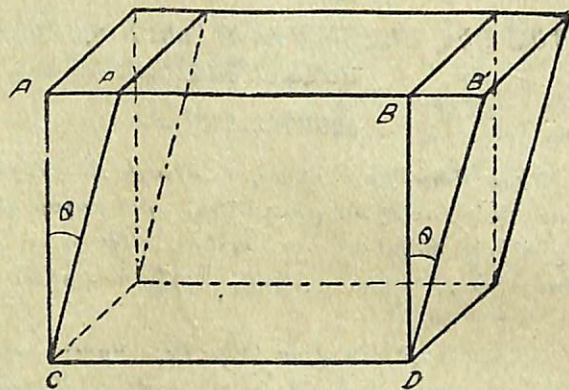
$$p = \frac{P}{S}$$

Այժմ վորոշենք ուժերի այն սիստեմը, վորը կարող է առաջ բերել սահք: Մարմնի մակերեսին շոշափող ազդող ուժերը պիտի գտնվեն հավասարակշռության մեջ, այսինքն չպիտի հաղորդեն խորանարդին վոչ համընթաց և վոչ ել պտտական շարժում: Դիցուք խորանարդի A նիստի վրա սլաքի ուղղությամբ ազդում է տանգենցիալ P ուժը, և C նիստի վրա P ուժին հավասար և նրան հակառակ մի այլ տանգենցիալ ուժ: Այս ուժերը, առանց հաղորդելու խորանարդին համընթաց շարժում, առաջ կբերեն սահք, ինչպես ցույց է տված 71 նկարում: Մյուս կողմից այդ ուժերը, վորպիս ուժազոյգ ստեղծում են պտտական մոմենտ, վորը ձգտում է խո-



Նկ. 70

բանաբաններն զնեկ պտտական շարժման մեջ: Վորպեսզի խորանարդը
 ֆնա հավասարակշռության մեջ, անհրաժեշտ է նրան կիրառել հավա-
 սար և հակառակ ուղղված պտտական մոմենտ: Այդպիսի պտտական
 մոմենտը կստացվի, չեթե խորանարդի B և F նիստերին կիրառել
 P ուժին հավասար յերկու ուժեր: Այժմ խորանարդը կգտնվի հավա-



Նկ. 71

սարակշռության մեջ և ազդող ուժերը կառավարեն սահք: Սահքի
 մեծությունը չափվում է Θ անկյունով, վորը կոչվում է սահքի ան-
 կյուն: Հուկի որենքի հիման վրա կարելի չե գրել՝

$$\Theta = np,$$

վորտեղ n-ը տվյալ նյութի համար մի հաստատուն մեծություն է և
 կոչվում է սահքի գործակից: n-ի հակադարձ մեծությունը՝ $N = \frac{1}{n}$
 կոչվում է սահքի մոդուլ, տեղադրելով n-ի արժեքը ունենք՝

$$\Theta = \frac{1}{N} p \quad (1)$$

յերբ $\Theta = 1$ ուղիղանի ($\Theta = 57^\circ 17' 44'', 8$) $N = P$, այսինքն սահքի
 մոդուլը չափվում է այն շոշափող ճնշումով, վորն առաջ է բերում
 մեկ միավոր (ուղիղան) սահք: Պարզ է, վոր մինչև այդպիսի սահք
 ստանալը տեղի կունենա մարմնի խզում:

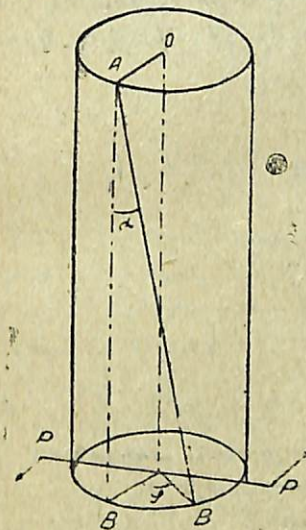
Վորոքում: Գլանի վերին նիստը (Նկ. 72) ամրացրած է, իսկ
 ստորին նիստի վրա գլանի առանցքին ուղղահայաց ազդում է PP
 ուժազույգը: Վերջինի ազդեցության տակ գլանի ստորին հիմքը
 կթեքվի φ անկյունով և AB ծնիշը կընդունի AB' դիրքը: Անկյուն

$\varphi = \angle B O' B'$ կոչվում է վորուման անկյուն: Դեֆորմացիայի այս
 դեպքը, վոր կոչվում է վորում, ներկայացնում է սահքի մասնա-
 վոր տեսակը. սահքի անկյունը կլինի $\alpha = \angle B A B'$:

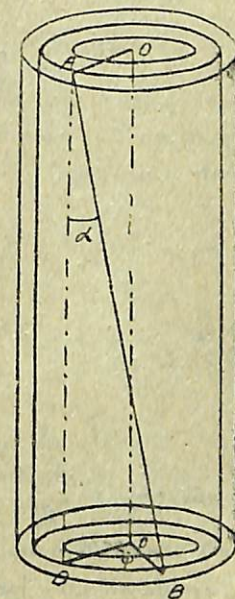
Առանձնացնենք գլանի ներսում անվերջ բարակ մի համակենտ-
 ռոն շերտ, վորի շառավիղն է r և հաստությունը dr (Նկ. 73): Դիտե-
 լով վորումը, վորպես սահքի մասնավոր դեպքը, (1) հավասարման
 հիման վրա կարող ենք գրել՝

$$\alpha = \frac{1}{N} p,$$

վորտեղ p-ն մեկ միավոր մակերեսի վրա ազդող ուժն է:



Նկ. 72



Նկ. 73

Այնուհետև 73 գծագրից յերևում է, վոր՝

$$\alpha = \angle B A B' = \frac{B B'}{A B} = \frac{B B'}{1} = \frac{O B \varphi}{1} = \frac{r \varphi}{1}$$

վորտեղ 1-ը գլանի բարձրությունն է. (1) հավասարումը այժմ կգրվի
 այսպես՝

$$P = N \frac{\varphi}{1} r$$

Գլանային շերտի հիմքի մակերեսն է՝ $ds = 2\pi r dr$. Վերցնելով $p ds$ արտադրյալը մենք կգտնենք այն df ուժը, վորն ազդում է գլանային շերտի հիմքի վրա, այսինքն՝

$$df = N \frac{\varphi}{1} 2\pi r^2 dr.$$

Այդ ուժի dM մոմենտը գլանի առանցքի վերաբերյալ (պտտական մոմենտը) հավասար է df ուժի և շերտի r շառավղի արտադրյալին.

$$dM = r df$$

կամ

$$dM = \frac{2\pi N \varphi}{1} r^3 dr$$

Ինտեգրելով այս արտահայտությունը 0-ից ρ , վորտեղ ρ -ն գլանի շառավիղն է, կստանանք գլանի ամբողջ հիմքին կիրառված պտտական մոմենտը՝

$$M = \frac{2\pi N \varphi}{1} \int_0^{\rho} r^3 dr$$

վորտեղից՝

$$M = \frac{\pi N \rho^4}{21} \varphi \quad (2)$$

կամ նշանակելով $\frac{\pi N \rho^4}{21} = c$ ստանում ենք $M = c \varphi$ (2'), այսինքն՝

պտտական մոմենտը համեմատական է վորտման անկյան:

(2) հավասարումից φ -ի համար ստացվում է

$$\varphi = \frac{2}{\pi N} \frac{M}{\rho^4} \quad (3)$$

Այստեղից էլ Կուլոնի որենքը. վորտման φ անկյունը համեմատական է վորտման M մոմենտին և լարի 1 յերկարություն արտադրյալին և հակադարձ համեմատական շառավղի չորրորդ աստիճանին:

Յեթե 1 յերկարություն ունեցող գլանի վորտման անկյունն է φ , ապա գլանի յերկարության միավորի վորտմումը կլինի $\frac{\varphi}{1}$. Հուկի որենքի հիման վրա կարելի յե ընդունել, վոր $\frac{\varphi}{1}$ -ը համեմատական

է M պտտական մոմենտին, այսինքն՝

$$\frac{\varphi}{1} = kM \quad (4)$$

վորտեղ k -ն կոչվում է վորտման գործակից. մուծելով (4) հավասարման մեջ այդ գործակիցի հակադարձ մեծությունը՝ $G = \frac{1}{k}$, վորը կոչվում է վորտման մոդուլ, ունենք՝

$$\varphi = \frac{1}{G} Ml \quad (5)$$

(3) և (5) հավասարումների բազմապատկից ստանում ենք մի հավասարում, վորը կապ է հաստատում սահքի և վորտման մոդուլների միջև՝

$$G = \frac{\pi N}{2} \rho^4 \quad (6)$$

Փորձի կատարումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. 1. Հատուկ սարքավորում մոդուլները վորտելու համար. 2. Միկրոմետր. 3. Շտանգենցիերկու. 4. Քանոն. 5. Ծանրոցներ կախելու համար:

Վորտման և սահքի մոդուլները վորտելու համար գործածում են 74 նկարում ցույց տված գործիքը: Փորձարկվող AB լարից կախված է D սկավառակը. D սկավառակի յերկու զիմացի ծալերից դուրս են գալիս թելերը և անցնում CC' անշարժ ճախարակների վրայով. թելերի ծայրերին կախված են p p ծանրոցները, վորոնք ազդում են վորպես ուժազույգ: e e' անշարժ ցուցիչների միջոցով կարելի յե հաշվել թելման անկյունը: Վերջինը վորտելու համար պիտի ոգտվել սկավառակի վրա յեղած բաժանմունքներից:

Չափումները կատարել հետևյալ հաջորդականությամբ.

1. Միկրոմետրի ողնությունը չափում են AB լարի տրամագիծը 0,01 mm-ի ճշտությամբ: Չափումները պիտի կատարել լարի տարբեր մասերում և յուրաքանչյուր տեղում յերկու փոխադարձ ուղղահայաց ուղղությամբ: Այս տվյալներից գտնում են r -ի արժեքը:

2. Քանոնի միջոցով յերեք անգամից վոչ պակաս չափել լարի AB յերկարությունը և վերցնելով միջին թվաբանականը վորտել 1-ը:

3. Նշում են սկավառակի զեռո զիրքը. զիցուք e -ի զիմաց գտնվում է սկավառակի α_0 բաժանմունքը: pp ծանրոցները կախելուց հետո կրկին նշում են սկավառակի α_1 բաժանմունքը, վորը գտնվում է e -ի զի-

Գլանային շերտի հիմքի մակերեսն է՝ $ds = 2\pi r dr$. Վերցնելով pds արտադրյալը մենք կգտնենք այն df ուժը, վորն ազդում է գլանային շերտի հիմքի վրա, այսինքն՝

$$df = N \frac{\varphi}{1} 2\pi r^2 dr.$$

Այդ ուժի dM մոմենտը գլանի առանցքի վերաբերյալ (պտտական մոմենտը) հավասար է df ուժի և շերտի r շառավղի արտադրյալին.

$$dM = r df$$

կամ

$$dM = \frac{2\pi N \varphi}{1} r^3 dr$$

Ինտեգրելով այս արտահայտությունը 0-ից ρ , վորտեղ ρ -ն գլանի շառավիղն է, կստանանք գլանի ամբողջ հիմքին կիրառված պտտական մոմենտը՝

$$M = \frac{2\pi N \varphi}{1} \int_0^{\rho} r^3 dr$$

վորտեղից՝

$$M = \frac{\pi N \rho^4}{21} \varphi \quad (2)$$

կամ նշանակելով $\frac{\pi N \rho^4}{21} = c$ ստանում ենք $M = c \varphi$ (2'), այսինքն՝

պտտական մոմենտը համեմատական է վորո՞րման անկյան:

(2) հավասարումից φ -ի համար ստացվում է

$$\varphi = \frac{2}{\pi N} \frac{M}{\rho^4} \quad (3)$$

Այստեղից էլ կուրենի որենքք. վորո՞րման φ անկյունը համեմատական է վորո՞րման M մոմենտին և լարի 1 յերկարություն արտադրյալին և հակադարձ համեմատական շառավղի չորրորդ աստիճանին:

Յեթե 1 յերկարություն ունեցող գլանի վորո՞րման անկյունն է

φ , ապա գլանի յերկարություն միավորի վորո՞րումը կլինի $\frac{\varphi}{1}$. Հուկի

որենքի հիման վրա կարելի յե ընդունել, վոր $\frac{\varphi}{1}$ -ը համեմատական

է M պտտական մոմենտին, այսինքն՝

$$\frac{\varphi}{1} = kM \quad (4)$$

վորտեղ k -ն կոչվում է վորո՞րման գործակից. մո՞ծելով (4) հավասարման մեջ այդ գործակցի հակադարձ մեծությունը՝ $G = \frac{1}{k}$, վորը կոչվում է վորո՞րման մոդուլ, ունենք՝

$$\varphi = \frac{1}{G} Ml \quad (5)$$

(3) և (5) հավասարումների բազմաթիվ ստանում ենք մի հավասարում, վորը կապ է հաստատում սահքի և վորո՞րման մոդուլների միջև՝

$$G = \frac{\pi N}{2} \rho^4 \quad (6)$$

Փորձի կատարումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. 1. Հատուկ սարքավորում մոդուլները վորո՞շելու համար. 2. Միկրոմետր. 3. Շտանգենցիերկու. 4. Քանոն. 5. Ծանրոցներ կախելու համար:

Վորո՞րման և սահքի մոդուլները վորո՞շելու համար գործածում են 74 նկարում ցույց տված գործիքը: Փորձարկվող AB լարից կախված է D սկավառակը. D սկավառակի յերկու դիմացի ծայրերից դուրս են գալիս թելերը և անցնում CC' անշարժ ճախարակների վրայով. թելերի ծայրերին կախված են p p ծանրոցները, վորոնք ազդում են վորպես ուժազույգ: ee' անշարժ ցուցիչների միջոցով կարելի յե հաշվել թեքման անկյունը: Վերջինը վորո՞շելու համար պիտի ոգտվել սկավառակի վրա յեղած բաժանմունքներից:

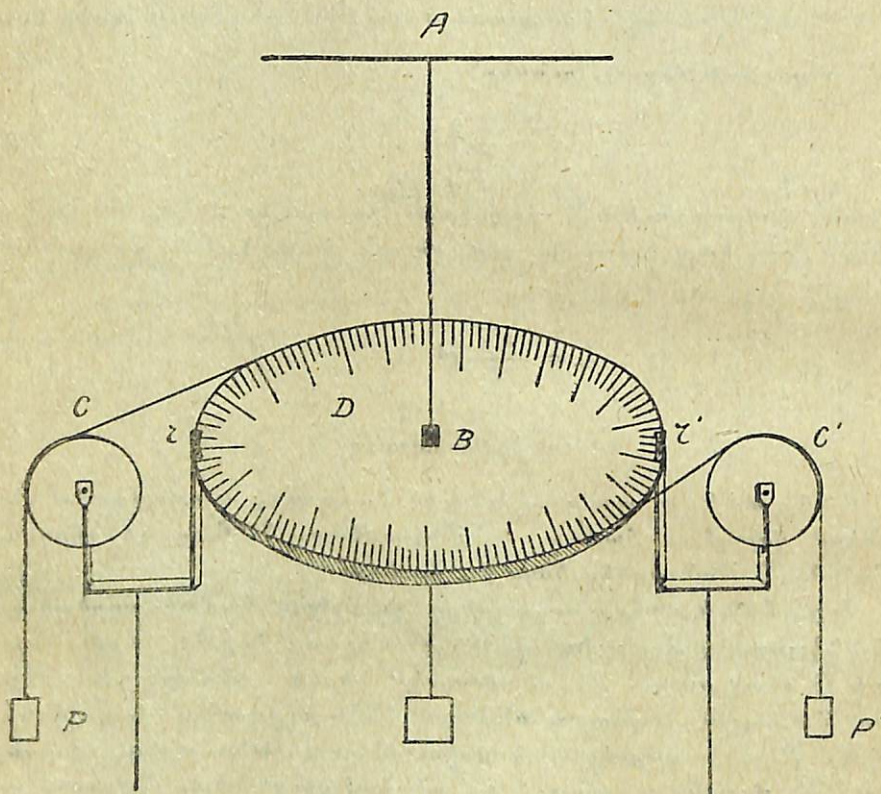
Չափումները կատարել հետևյալ հաջորդականությամբ.

1. Միկրոմետրի ոգնությունը չափում են AB լարի տրամագիծը 0,01 mm-ի ճշտությամբ: Չափումները պիտի կատարել լարի տարբեր մասերում և յուրաքանչյուր տեղում յերկու փոխադարձ ուղղահայաց ուղղությամբ: Այս տվյալներից գտնում են r -ի արժեքը:

2. Քանոնի միջոցով յերեք անգամից վո՞չ պակաս չափել լարի AB յերկարությունը և վերցնելով միջին թվաբանականը վորո՞շել 1-ը:

3. Նշում են սկավառակի զերո դիրքը. դիցուք e -ի դիմաց գտնվում է սկավառակի α_0 բաժանմունքը: pp ծանրոցները կախելուց հետո կրկին նշում են սկավառակի α_1 բաժանմունքը, վորը գտնվում է e -ի դիրքից:

մայ: Այս յերկու տվյալների ոգնությունը գտնում են վոլորման անկյան բացարձակ արժեքը $\varphi_1 = |\alpha_1 - \alpha_0|$: Փոխարինելով pp ծանրոցները $p_1 p_1$ -ով վորոշում են $\varphi_2 = |\alpha_2 - \alpha_0|$ և նույն ձևով $\varphi_3 = |\alpha_3 - \alpha_0|$: ε' ցուցնակի միջոցով ստուգում են ստացած արդյունքները: Անկյունը պիտի հաշվել ռադիաններով:



Նկ. 74. Գործիք վոլորման մոդուլը վորոշելու համար

4. Շտանգենցիերկուլի միջոցով չափում են սկավառակի տրամագիծը (մի քանի ուղղություններ) և գտնում ուժի M մոմենտը՝ $M = pR$, վորտեղ R -ը սկավառակի շառավիղն է:

5. Չափումները կատարելուց հետո (4) բանաձևի հիման վրա $G = \frac{MI}{\varphi}$ վորոշում են AB լարի վոլորման մոդուլը, վորից հետո գտնում են սահքի մոդուլը N -ը (6)-րդ բանաձևի հիման վրա՝

$$N = \frac{2G}{\pi r^4}.$$

Հաշիվները կատարելիս բոլոր տեղերում յերկարությունը արտահայտել մմ-ով և ծանրությունը կիլոգրամներով. այն ժամանակ սահքի մոդուլը N -ը կստացվի $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$ -ով և վոլորման մոդուլը G -ն՝ $\text{kg} \cdot \text{mm}^2$ -ով:

Սխալների հաշվումը

Հնարավոր ամենամեծ հարաբերական սխալը վորոշվում է հետևյալ բանաձևերով՝

$$\frac{dG}{G} = \frac{dM}{M} + \frac{dl}{l} + \frac{d\varphi}{\varphi} \quad (7)$$

կամ քանի վոր $M = PR$ և p -ի նկատմամբ սխալ z ի կատարվում (ծանրոցների կշիռը տված է), ուստի $\frac{dM}{M} = \frac{dR}{R}$ և (7) բանաձևը գրվի այսպես՝

$$\frac{dG}{G} = \frac{dR}{R} + \frac{dl}{l} + \frac{d\varphi}{\varphi} \quad (8)$$

վոլորման մոմենտի համար, և

$$\frac{dN}{N} = \frac{dG}{G} + \frac{4d\rho}{\rho}$$

կամ (8) հիման վրա

$$\frac{dN}{N} = \frac{dR}{R} + \frac{dl}{l} + \frac{d\varphi}{\varphi} + \frac{4d\rho}{\rho} \quad (9)$$

սահքի մոդուլի համար:

Ա. Շ. ՍԱՍՏԱՆԳԻ № 16

17. ՎՈԼՈՐՄԱՆ ՅԵՎ ՍԱՀՔԻ ՄՈԴՈՒԼՆԵՐԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԴԻՆԱՄԻԿ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

ՏԵՍԱՅԱՆ ՄԱՍ

Դիցուք AB բարակ լարից կախված է CD մարմինը (նկ. 75), վորն ունի հորիզոնական դիրք. յեթե լարը վոլորել φ անկյունով տեղափոխելով ձողը CD դիրքից $C'D'$ դիրքը, բայց այնպես, վոր միշտ մարմինն ունենա հորիզոնական դիրք, ապա լարի դեֆորմա-

ցիայի հետևանքով առաջացած առաձգական ուժերը կստիպեն CD մարմինն հորիզոնական հարթության մեջ կատարել ճոճական շարժում, վորի պարբերությունը՝ T-ն վորոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}} \quad (1)$$

վորտեղ I-ն մարմնի իներցիայի մոմենտն է և C-ն այն ուժաղույզի մոմենտը (պտտական մոմենտը), վորը կարող է վորել մարմինը 1 ուղիան:

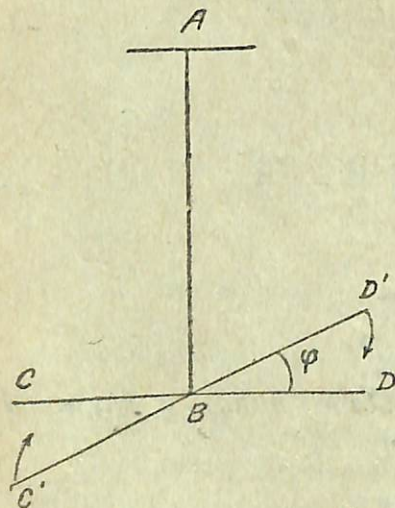
Նախորդ աշխատանքում մենք ունեյինք (տես տեսական մաս (2'), (5) և (6) հավասարումները)

$$M = C\varphi \quad (2), \quad \varphi = \frac{1}{G} Ml \quad (3), \quad G = \frac{\pi N}{2} \rho^4 \quad (4)$$

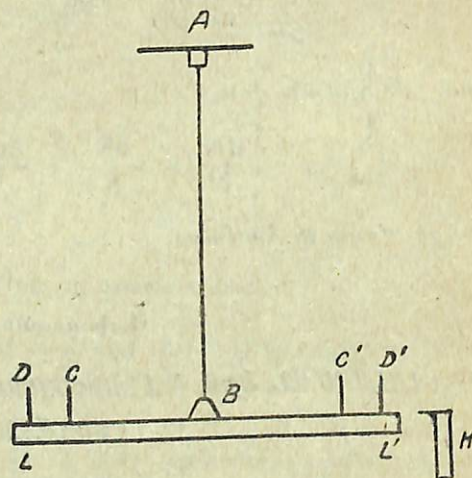
վորտեղ M-ը պտտական մոմենտն է, φ վորուման անկյունը, G վորուման մոդուլը, l-ը լարի յերկարությունը, N-ը սահքի մոդուլը և ρ -ն լարի շառավիղը:

(2)-ը և (3)-ը հավասարումներից ստացվում է՝

$$G = Cl \quad (5)$$



Նկ. 75



Նկ. 76

1) Այնպիսի մանրամասն դրա մասին կարդայ «Մարմնի իներցիայի մոմենտը» և աշխ. 15 «Վորուման և սահքի մոդուլների հաշվումը ստատիկ յերկանակով» աշխատանքների տեսական մասը:

Փորձի կատարումը

Հետադրուով լարի մի ծայրը վերեից ամրացված է A սեղմակի միջոցով (Նկ. 76): Լարի ստորին մասից B սեղմակի միջոցով կախված է LL' փայտի չորսվակը CC' և DD' ձողիկներով, վորոնց վրա կարելի յե հագցնել ծանրոցիկներ: H ցուցնակի միջոցով նշում են LL'-ի հավասարակշռության դիրքը:

Հանում են չորսվակը հավասարակշռության դիրքից մոտ 90° և թողնում են, վոր նա ճոճվի. զանց անելով մի քանի տատանում, դիտում են և յերբ չորսվակը անցնում է M ցուցնակի մոտով ձախից աջ սեղմում են վայրկյանաչափի կոճակը և սկսելով «դերո»... «մեկ»... և այլն հաշվում են 50 տատանում: Վայրկյանաչափի ցույց տված t ժամանակամիջոցը բաժանելով 50-ի կստացվի ճոճման պարբերությունը $T = \frac{t}{50}$:

Այնուհետև B կախման կետից հավասար հեռավորության վրա գտնվող C և C' ձողիկների վրա հագցնում են գլաններ և նորից վորոշում ճոճման պարբերությունը T_1 :

Յեթե նշանակենք չորսվակի իներցիայի մոմենտը I, իսկ ծանրոցիկների իներցիայի մոմենտը I_1 , ապա, յերկրորդ դեպքում սխառմի իներցիայի մոմենտը կլինի $I + I_1$ ու հետևաբար (1) հավասարման հիման վրա՝

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{C}} \quad \text{և} \quad T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I + I_1}{C}}$$

Արտաքսելով այս հավասարումներից I-ն, ունենք՝

$$C = \frac{4\pi^2 I_1}{T_1^2 - T^2} \quad (6)$$

Հավելյալ ծանրոցների իներցիայի մոմենտը վորպես գլանների իներցիայի մոմենտ վորոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$I_1 = 2M \left(\frac{1}{2} R^2 + d^2 \right) \quad (7)$$

վորտեղ M-ը յուրաքանչյուր ծանրոցի մասսան է (ծանրոցների մասսան իրար հավասար է) R-ը նրանց շառավիղները և d՝ հեռավորությունը առանցքից:

Այս տվյալների հիման վրա (6)-ը բանաձևի ոգնությունը հաշվում են C-ն:

Չափելով քանոնի ոգնությամբ լարի $AB = l$ յերկարությունը (5) բանաձևից վորոշում են վորոման մոդուլը G -ն:

Գիտենալով վորոման մոդուլի G -ի արժեքը, (4)-րդ բանաձևի միջոցով գտնում են սահքի մոդուլը՝ $N = \frac{2G}{\pi \rho^4}$: Եւ, լարի շառաւիղը, պիտի չափել լարի տարրեր մասերում չերկու փոխադարձ ուղղահայաց ուղղությամբ և վերցնել միջինը:

Բոլոր չափումները կատարել կիրաւրամներով և միլիմետրերով. այն ժամանակ յուրաքանչյուր ծանրոցների մասսան $M = \frac{Q}{g}$, վորտեղ Q -ն նրա կշիռն է կիրաւրամներով և $g = 9810 \frac{\text{mm}}{\text{sc}^2}$:

Սխալների հաւելումը

Հնարավոր ամենամեծ սխալը վորոման մոդուլի համար՝

$$\frac{dG}{G} = \frac{RdR + 2dd(d)}{R^2 + d^2} + \frac{dl}{l} + \frac{2(T_1dT_1 + TdT)}{T_1^2 - T^2}$$

Սահքի մոդուլի համար նույնը ստացվում է՝

$$\frac{dN}{N} = \frac{dG}{G} + \frac{4d\rho}{\rho}$$

Աւելում № 17

18. ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԱՅԻՆ ԼԱՐՄԱՆ ԳՈՐԾԱԿԻՑ

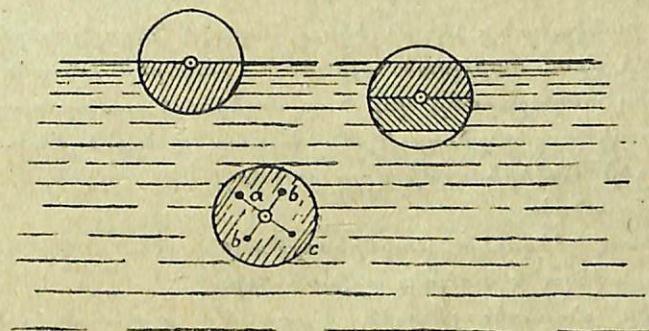
Հեղուկի մոլեկուլներն իրար փոխադարձ ձգում են՝ ամեն մի մոլեկուլ ձգում է հարեան մոլեկուլներին: Յեթե հարեան մոլեկուլը մոտիկ է, ապա ձգողական ուժը մեծ է: Մոլեկուլի հեռավորության աման հետ միասին ձգողական ուժերն արագորեն փոքրանում են և վերջապես, այնքան են նվազում, վոր այլևս չեն նկատվում: Ուրեմն, մոլեկուլի հարակցական ուժերը նկատվում են շատ փոքր, բայց վորոշ հեռավորության վրա: Այդ հեռավորությունը հավասար է մոտավորապես 10^{-7} cm -ի: Յեթե մոլեկուլի շուրջը այդպիսի մի շառավիղով գծենք մի գնդային մակերևույթ, ապա այդ գնդի (սփերայի) ներսը կգտնվեն բոլոր այն մոլեկուլները, վորոնց վրա ազդում է կենտրոնական մոլեկուլը և հակառակը՝ այդ գնդի ներսը գտնվող բո-

լոր մոլեկուլները ազդում են կենտրոնական մոլեկուլի վրա: Կենտրոնական մոլեկուլի և սփերայից դուրս գտնվող մոլեկուլների միջև հարակցական ուժ չկա: Այս գունդը կոչվում է ազդման սփերա:

Յեթե մոլեկուլը գտնվում է հեղուկի մակերևույթից զգալի ցած, այնպես, վոր նրա ազդման սփերան ամբողջովին հեղուկի ներսն է, ապա նա յենթարկվում է բոլոր կողմերից սիմետրիկ ուժերի ազդեցության:

Իսկապես, դիցուք, a մի այդպիսի մոլեկուլ է (տես նկար 77): Նրա ազդման սփերայում գտնվող վորեւե b մոլեկուլի ազդեցությունը չեղոքանում է մի այլ b' մոլեկուլի ազդեցությամբ, վորը սիմետրիկ է b -ին:

Նույնը կարելի յե ասել և վորեւե ուրիշ, C և C' , մոլեկուլների զույգի մասին, վորովհետեւ ազդման սփերայի վորեւե մի կեսը վոչին-



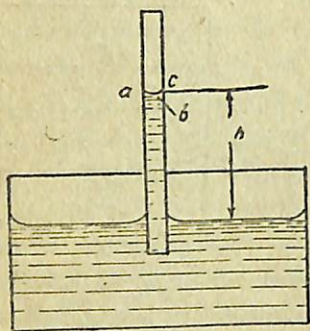
Նկ. 77. Մոլեկուլների ազդման սփերա

չով չի տարրերվում մյուս կեսից և այդ պատճառով յուրաքանչյուր մոլեկուլ, վորը գտնվում է կեսերից մեկում, մյուս կեսում կունենա իրեն սիմետրիկ մոլեկուլը: Այս դեպքում մոլեկուլի վրա ազդող բոլոր ուժերի համադրը հավասար է զերոյի:

Դրանով է բացատրվում հեղուկի ներսը գտնվող մոլեկուլի ազատ շարժունությունը:

Այդպես չե, յեթե մոլեկուլը գտնվում է հեղուկի մակերևույթի վրա, (ինչպես C մոլեկուլը) կամ այնքան մոտ է հեղուկի մակերևութին, վոր նրա ազդման սփերայի մի մասը հեղուկից դուրս է ընկնում, ինչպես i մոլեկուլը: Յեթե մոլեկուլի ազդման սփերայի մի մասը հեղուկից դուրս է ընկնում, ապա ազդման սփերայի ներքևի կիսում գտնվող մոլեկուլները ձգողական ուժին, կամ համարյա թե, վոչ մի ուժ չի հակադրվում (ինչպես C մոլեկուլի դեպքում), կամ

նրա մակերեսի մակերևութային լարման ուժերի համադրը ուղղված կլինի դեպի վեր: Այդ պատճառով թրջող հեղուկը կապիլար խողովակի ներսում բարձրանում է վերև (տես նկ. 79):



Նկ. 79. Հեղուկի բարձրացումը կապիլար խողովակով

Իսկ, հեղուկի խտությունը δ -ով և ծանրության ուժի արագացումը g -ով: Հեղուկը դեպի վեր ձգող ուժը հավասար է՝

$$f = 2\pi r \cdot \alpha$$

իսկ բարձրացած հեղուկի կշիռն է՝

$$p = \pi r^2 h \delta g$$

Վորովհետև այս յերկու արժեքն (f և p) իրար հավասար են, ապա կստանանք՝

$$2\pi r \alpha = \pi r^2 h \delta g$$

վորտեղից՝

$$1) \quad \alpha = \frac{r h \delta g}{2}$$

կամ փոխարինելով r -ը խողովակի տրամագծով՝

$$3) \quad \alpha = \frac{d h \delta g}{4}$$

Ուրեմն, մակերևութային լարման գործակիցը այս յեղանակով վորոշելու համար անհրաժեշտ է չափել հեղուկի սյան բարձրությունը (h), հեղուկի խտությունը (δ) և խողովակի տրամագիծը (d):

Հեղուկի բարձրությունը կապիլարի մեջ չափում են կամ կա-

թետոմետրով և կամ ուղտադորձում աչնախի կապիլար խողովակ, վորի վրա գծած է միլիմետրանոց սկալա: Այդպիսի խողովակի միջոցով հեղուկի բարձրության չափելը դժվարություն չի պատճառի: Խողովակի տրամագիծը կամ նախապես տված է լինում և կամ չափում են անմիջապես ոկուլար միկրոմետր ունեցող միկրոսկոպի միջոցով:

Հեղուկի խտությունը վորոշում են կամ Վեստֆալի կշեռքի և կամ պիկնոմետրի միջոցով:

Մեր լաբորատորիայում հեղուկի բարձրությունը կապիլարի մեջ չափում է հետևյալ յեղանակով:

Գործիքի նկարագրությունը

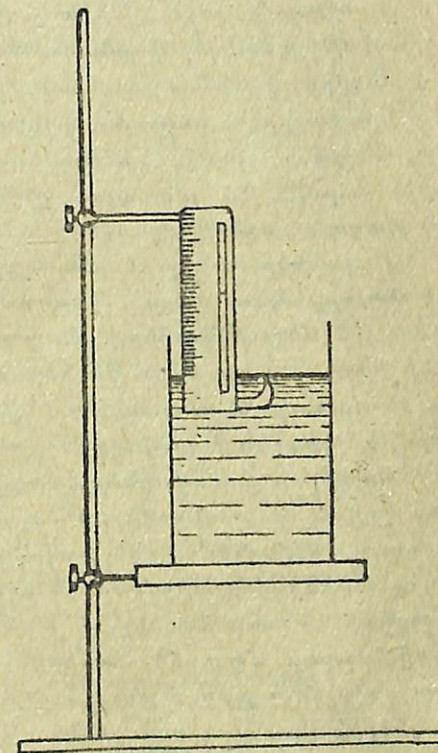
Մի շտատիվի վերելի մասում ամրացրած է կարճ մետաղյա քանոնը, վորի վրա գծված է միլիմետրանոց սկալա (տես նկ. 80): Քանոնի ներքևի A ծայրին ամրացրած է B սրածայրն աչնախ, վոր յերբ քանոնը ունի ուղղաձիգ դիրք, ապա սրածայրը և սկալայի գերոց ուղղմունքը գտնվում են միևնույն մակարդակի վրա:

Նույն շտատիվի վրա քանոնի տակը ամրացրած է մի կլոր սեղանիկ, վորը պտուտակային վորտի շնորհիվ կարելի յե ցանկացած չափով բարձրացնել կամ իջեցնել:

Փորձի կատարումը

Անհրաժեշտ են հետևյալ գործիքները և նյութերը:

Մի շտատիվ քանոնով և սեղանիկով, 3 կապիլար խողովակ, 1 փորձանոթ, մեկ բաժակ, 1 լուպա, 1 միկրոսկոպ ոկուլար միկրոմետրով և հայտնի խողովակով, 1 խարտոց, 1 սրվակ քրոմական լուծույթով, 1 սրվակ թորած ջրով, 1 սրվակ սպիրտով, 1 ջերմաչափ և բամբակ:



Նկ. 80

Հեղուկի բարձրությունը կապիլարի մեջ չափելու համար

Ուշագրություն՝ փորձի ընթացքում պահանջվում է լրիվ մաքրություն բաժակի, խողովակների և այլն, վորովհետև ամենա-
չնչին անմաքրությունը, մանավանդ որգանական ծագում ունեցող
նյութերը մեծ չափով փոքրացնում են մակերևութային լարման
գործակիցը:

Փորձը սկսելիս լվալ ձեռքերը ոճառով: Լվալ բաժակը և փոձա-
նոթը՝ նախ քրոմական լուծույթով, ապա բազմաթիվ անգամ ջրով:
Փորձանոթի մեջ լցնել քրոմական լուծույթ և այդ լուծույթի մեջ
գցել կապիլար խողովակները:

Չմոռանալ, վոր քրոմական լուծույթը պարունակում է ծծրմ-
բական թթու: Այդ պատճառով լուծույթն ոգտագործելիս պետք է
լինել շատ զգուշ, վորովհետև նա այրում է աչն նյութը, վորի վրա
կաթում է: Գրոմական լուծույթի կաթած տեղը անմիջապես պետք
է մաքրել թղթով, կամ շորով:

Գրոմական լուծույթը և կապիլար խողովակները պարունակող
փորձանոթը գետեղել փորձանոթների շտատիվի վրա:

Սպիրտով թրջած բամբակով մաքրել սկալայի B ներքևի մասը
և C սրածայրը, և իսկույն, այդ նույն մասերը մի քանի անգամ
լվալ մաքուր ջրով, հետևելով, վոր վոչ մատները և վոչ ել վորևե
ուրիշ մարմին թե լվանալու ընթացքում և թե հետագայում չգիպ-
չեն լվացած մասերին:

Սողովակը հանել փորձանոթից, լվալ մաքուր ջրով և բռնելով
մեկ ծայրից մյուս ծայրը, նորից մի քանի անգամ սուզել քրոմական
լուծույթի մեջ: Այնուհետև մի քանի անգամ լվալ խողովակը մա-
քուր ջրով, թե դրսից և թե ներսից, սակայն այնպես, վոր այդ լվա-
լու ժամանակ և հետագայում վոչ մատները, վոչ ել վորևե ուրիշ
մարմին չգիպչեն խողովակի ներքևի մասին:

Կապիլար խողովակները մաքրելուց հետո ամրացնել սկալային,
անց կացնելով նրանց վերևի ծայրերը սկալայի վրա գտնվող ռետի-
նե ողակի միջով: Ռետինե խողովակի միջով անցկացնելու շարժումը
պետք է լինի ներքևից վերև և այդ գործողության ժամանակ պետք
է ուշագրությամբ հետևել, վոր մատները չգիպչեն շկալայի և խողո-
վակի ներքևի մաքրած մասերին: Նորից մի անգամ լվալ բաժակը և
նրա մեջ լցնել թորած ջուր այնքան, վոր ջրի մակերևութը բաժա-
կի յեզրից մոտ մեկ սանտիմետր ցած լինի: Հետևել, վոր փորձի ըն-
թացքում վոչ մատները, վոչ ել վորևե ուրիշ մարմին չգիպչեն բա-
ժակի միջի ջրին: Ջրով բաժակը դնել կլոր սեղանի կենտրոնում:
Սկալան և նրա վրա ամրացած կապիլար խողովակները միասին
իջեցնել բաժակի ջրի մեջ այնքան, վոր սկալայի սրածայրը ջրի մա-
կարդակից 2-ից 3 սանտիմետր ցած լինի: Հետևել, վոր այնուհետև

մինչև փորձի վերջը թե սկալան և թե նրա վրայի խողովակները
ուղղաձիգ լինեն: Սպասել մոտ հինգ րոպե: Հանդարտ շարժումով
բարձրացնել սկալան վերև, այնքան, վոր նրա ամրացած սրածայրը,
համարյա թե, հասնի ջրի մակերևութին: Ստուգել սկալայի և խողո-
վակների ուղղաձիգ լինելը: Նայել ներքևից ջրի մակերևութին այն-
պես, վոր յերևա սուր ծայրի պատկերը: Պտտելով սեղանը իջեցնել
բաժակը այնքան, վոր սկալայի սրած ծայրը, և սրածայրի պատկերը
իրար շոշափեն: Լուսայով նայել կապիլար խողովակների միջի մե-
նիսկներին և դրի առնել նրանց բարձրությունները՝ մեկ պասերորդ
միլիմետրի ճշտությամբ: Միլիմետրի տասերորդ մասերը վերոշել
աչքաչափով:

Նորից իջեցնել սկալան խողովակների հետ միասին ցած և սպա-
սելով մոտ հինգ րոպե սկալան բարձրացնել ու նորից վերոշել, մե-
նիսկների բարձրությունները վերոհիշյալ յեղանակով:

Նույնը կատարել յերրորդ անգամ:

Վերոշել խողովակների տրամագծերը՝ խողովակի այն մասում,
վորտեղ մենիսկն եր ստացվել. դրա համար հատուկ մատիտով նշա-
նակելով մենիսկի տեղը կապիլարի վրա, հանել խողովակը ռետինե
ողակից, խարտոցով նրա վրա՝ նշան արած տեղում մի խաղ քաշել
և կապիլարը կոտրել:

Ուղ քաշելու համար բավական է ձախ ձեռքում բռնել խողո-
վակը, իսկ աջ ձեռքով խարտոցի սուր կողը դնել խողովակի վրա
(նշան արած տեղի վրա): Այա մատով սեղմել խարտոցի վրա և մի-
այն մի անգամ շարժելով դեպի առաջ, խողովակի վրա խաղ քաշել:

Վերցնել խողովակը չեբկու ձեռքով այնպես, վոր բութ մատերը
խաղի հետևը ընկնեն: Թեթև սեղմելով խողովակի վրա բութ մատե-
րով, ձգել խողովակի ծայրերից այնպես իբր թե ուղում եք խողովա-
կը յերկարացնել: Սողովակը հեշտությամբ կկտրվի խաղած տեղից:
Դնել խողովակի կարճ կտորը միկրոսկոպի սեղանի վրա գտնվող յեր-
կու խցանի կտորների միջև: Ուղղել միկրոսկոպն այնպես, վոր նրա
տեսողության դաշտում պարզ յերևա խողովակի շրջանակը: Ոկուլար
միկրոմետրի միջոցով չափել խողովակի ներքևի տրամագիծը՝ 3-ից—
5 տարբեր ուղղությամբ:

Ստացած թվերը գրի առնել այս աղյուսակի ձևով:

Սողով. №	h_1	h_2	h_3	h միջին	d_1	d_2	d_3	d միջին	α
1	h_1'	h_2'	h_3'	h'	d_1'	d_2'	d_3'	d'	α'
2	h_1''	h_2''	h_3''	h''	d_1''	d_2''	d_3''	d''	α''
3	h_1'''	h_2'''	h_3'''	h'''	d_1'''	d_2'''	d_3'''	d'''	α'''

$$\alpha = \frac{\alpha' + \alpha'' + \alpha'''}{3}$$

Չափել ջրի տեմպերատուրան և տվյալների հիման վրա վորոշել ջրի մակերևութային լարման գործակիցը այդ տեմպերատուրի համար:

Համոզվել, վոր α' , α'' և α''' համարյա իրար հավասար են և անշահան տարբերությունները թույլատրված սխալի սահմաններից դուրս չեն գտնվում:

Ա.Օխտասանի № 18

19. ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԱՅԻՆ ԼԱՐՄԱՆ ԳՈՐԾԱԿԻՅԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ՄՏԱԼՈԳ-ՄՈՄԵՏՐԻԿ (ԿԱԹԻԼԱՅԻՆ) ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

Մակերևութային լարման հափելու այս մեթոդը ոգտագործում է այն կապը, վոր գոյություն ունի կաթիլի կշիռ և մակերևութային լարվածության միջև, չեք հեղուկը կաթիլներով դուրս է թափվում նեղ խողովակի ծայրից:

Կաթիլի կտրվելու մոմենտին՝ նրան դեպի վեր ձգող մակերեվութային լարման ուժը, $f = 2\pi r \cdot \alpha$, հավասար է կաթիլի ծանրություն ուժին: Հետևաբար, իմանալով կաթիլի կշիռը և կաթիլի վզի շառավիղը (r) կտրվելու մոմենտին հեշտություն կարելի է վորոշել մակերևութային լարման գործակիցը:

Մակայն այս մեթոդը բացարձակ հափումներ կատարելու համար անհարմար է, վորովհետև, մեկ կողմից, կաթիլի մի մասը կարող է մնալ կպած խողովակի թըջված մակերևութին, իսկ մյուս կողմից, կաթիլի կտրվելու մոմենտին դժվար է ճիշտ վորոշել շառավիղը:

Բայց չեթե այս մեթոդը հարմար է բացարձակ հափումներ կատարելու համար, ապա նա հափաղանց հարմար է այն դեպքում, չեք ցանկանում են մակերևութային լարման գործակիցը վորոշել համեմատական ձևով:

Մակերևութային լարման գործակցի հափելու այս յեղանակը հետևյալն է՝ թողնում են, վոր միևնույն խողովակից կաթի յերկու տարբեր հեղուկների միևնույն թվով կաթիլներ՝ դիցուք Z կաթիլ: Հեղուկներից մեկի մակերևութային լարվածության գործակիցը պիտի հայանի լինի: Սովորաբար դա լինում է ջուրը, վորի մակերեվութային լարման գործակիցը տարբեր տեմպերատուրաների համար մեծ ճշտությամբ տրված է լինում համապատասխան աղյուսակով:

Յեթե առջին հեղուկից կաթել է Z կաթիլ, ապա այդքան կաթիլների p_1 կշիռը կլինի՝

$$1) \quad p_1 = 2\pi r \alpha_1 Z$$

իսկ յերկրորդ հեղուկի նույնքան կաթիլների կշիռը կլինի՝

$$2) \quad p_2 = 2\pi r \alpha_2 Z$$

Բաժանելով այս յերկու հավասարումներն իրար վրա, կստանանք՝

$$3) \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

վորակից՝

$$4) \quad \alpha_2 = \alpha_1 \frac{p_2}{p_1}$$

Ուրեմն՝ հեղուկի անհայտ մակերևութային լարման գործակիցը (α_2 -ը) վորոշելու համար, բացի α_1 -ի արժեքից, պետք է վորձով վորոշել p_1 և p_2 -ը:

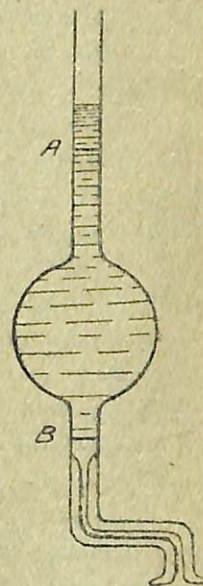
Գործիքի նկարագրումը

Փորձի համար գործածվող գործիքը կոչվում է ստալագմոմետր (նկար 81): Դա մի պիպետ է, վորի ներքևի ծայրի անցքը մաղական է և վերջանում է մի հարթ լայնացումով: Պիպետի ուռուցիկ մասից վերև և ներքև խողովակի վրա նշանակված են բաժանմունքներ, վորոնցից յերկուսը՝ մեկը վերելում և մյուսը ներքևում, շըջնաղծային են: Յեթե խողովակի դուրս հոսելու անցքը լայն լինել, ապա հեղուկը արագ կհոսեր և կաթիլը, արագ շարժվող հեղուկի կիսնտիկ եներգիայի շնորհիվ, ժամանակից շուտ կկտրվեր: Վորպեսզի կաթիլը կտրվի միմիայն իր ծանրություն ուժի ազդման տակ, հեղուկը չպիտի արագ հոսի խողովակից: Այդ նպատակով խողովակի ներքևի մասը կապիլար է:

Փորձի կատարումը

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է՝ 1 ստալագմոմետր, իր շտատիվով և ծայրին ուստինն խողովակով, 1 սեղմակ, 1 բաժակ, 1 կշեռք, 1 ջերմաչափ և հետազոտելի հեղուկներ:

Ստալագմոմետրը ներսից, իսկ ծայրի մասը, նաև դրսից, լվալ կոնցենտրիկ ազոտական թթվով կամ քրոմական լուծույթով: Դրա համար գործիքի



Նկ. 81.
Ստալագմոմետր

ներսը ծծել լուծույթից (կամ թթվից) և այնուհետև թողնել, վոր հեղուկը դուրս հոսի: Այդ գործողությունը կրկնել մի քանի անգամ: Թթվի կամ քրոմական լուծույթի հետ վարվելու կանոնները տես նախորդ աշխատանքում:

Քրոմական լուծույթով (կամ թթվով) լվալուց հետո գործիքը նույն ձևով մի քանի անգամ լվալ մաքուր ջրով՝ փոխելով ամեն անգամ ջուրը և ուշադրություն հետևել, վոր լվալու ժամանակ և հետագայում վոչ մատները վոչ ել վորևե ուրիշ մարմին չդիպչի գործիքի ներքևի մասին: (Մանավանդ զգուշ պիտի լինել ստալագմոմետրի ներքևի լայնացրած մասի նկատմամբ):

Նույն ձևով լվալ բաժակը:

Լցնել բաժակի մեջ մի քանի cm^3 թորած ջուր. իջեցնել ստալագմոմետրի ներքևի ծայրը ջրի մեջ և ներս ծծել այնքան ջուր, մինչև վոր նրա մակարդակը բարձրանա մինչև գործիքի վերևի մասի շրջանագծային նշանացույցը: Սեղմել ռետինե խողովակը սեղմակով և ամբացնել ստալագմոմետրը շտապիվի վրա ուղղաձիգ դիրքով: Դուրս թափել բաժակի մեջ մնացած ջուրը և բաժակը կշռել 10 mg ճշտությամբ:

Բանալով սեղմակը կաթեցնել բաժակի մեջ 50 (կամ 100) կաթիլ ջուր և նորից կշռելով վորոշել այդքան ջրի կշիռը (p_1): Չափել այդ ջրի տեմպերատուրան:

Ճիշտ նույն ձևով վորոշել 50 (կամ 100) կաթիլ հետադադրող հեղուկի p_2 կշիռը և տեմպերատուրան:

Տեղադրելով (4) հավասարման մեջ ջրի մակերևույթային լարման գործակցի արժեքը (վերցնել աղյուսակից, վորը տված է գրքի վերջում), և p_1 ու p_2 -ի արժեքները՝ վորոշել հետադադրող հեղուկի մակերևույթային լարման գործակցը:

Փորձի համար վերցնել թորած ջուր և 20° , 40° , 80° , 160° և 320° ամմոնի-քլորիդի (NH_4Cl) լուծույթները:

Փորձը վերջացնելուց հետո լվալ բաժակը և ստալագմոմետրը:

Գծել փորձի կորը՝ մակերևույթային լարման գործակցի կախումը կոնցենտրացիայից վերցնելով արսցիսների առանցքի վրա կոնցենտրացիաները և գծելով համապատասխանորեն որդինատներով մակերևույթային լարման գործակցի արժեքները:

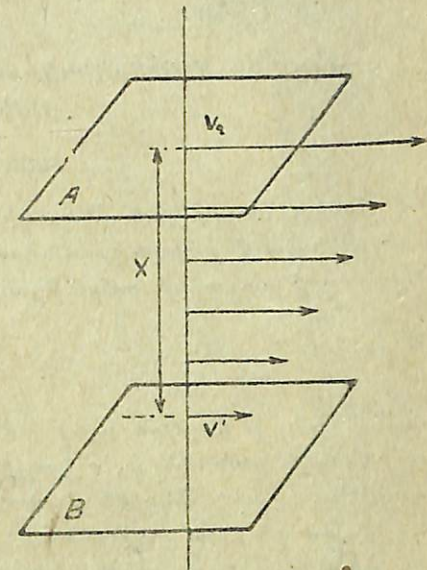
Ոգտագործած հեղուկը չպետք է սրվակների մեջ հետ լեցնել, այլ ուղղակի թափել:

Փորձի ընթացքում պահանջվում է մեծ մաքրություն, վորովհետև ամենաչնչին կեղտոտություն հետքերը, մանավանդ որգանական ծագում ունեցող նյութերը, զգալի չափով թուլացնում են մակերևույթային լարումը:

Յերբ հեղուկը հոսում է, որինակ խողովակով, ապա նրա առանձին շերտերի արագությունը լինում է տարբեր. ամենամեծ արագություն ունեն հեղուկի այն մասնիկները, վորոնք շարժվում են խողովակի առանցքով և ամենափոքր՝ պատերին հավելյալ մասնիկները: Յերկու կից հեղուկի շերտերի միջև առաջանում է վորոշ փոխազդեցություն. ավելի արագ շարժվող շերտը վորոշ և ուժով ազդում է իրեն հետ անմիջականորեն հավելյալ և իրենից փոքր արագությամբ ունեցող շերտի վրա արագացնելով վերջինի շարժումը և ընդհակառակը՝ փոքր արագությամբ ունեցող շերտը — և ուժով ազդում է իրեն կից և ավելի մեծ արագությամբ ունեցող շերտի վրա:

Հոսող նյութերի (ռեալ) աչգ հատկությունը դիմադրել իրեն մասնիկների հարարերական տեղափոխմանը, — կոչվում է ներքին շփում կամ մածուցիկություն:

Պատկերացնենք հոսող հեղուկի ներսում յերկու՝ A և B հարթություններ (նկ. 82). դիցուք հեղուկը տեղափոխվում է ձախից աջ ունենալով առանձին մասերում տարբեր արագություն, ինչպես ցույց է տված գծագրում սլաքների ոգնությունը: Հեղուկի շարժման արագությունն է A հարթության վրա՝ v_2 և B հարթության վրա՝ v_1 : Արագության փոփոխությունը կատարվում է աստիճանաբար և յերթ A և B հարթությունների հեռավորությունը նշանակենք x, ապա մեկ միավոր յերկարության վրա արագության փոփոխությունը կլինի՝



Նկ. 82

$$\frac{v_2 - v_1}{x}$$

այս արտահայտությունը կոչվում է արագության գրադիենտ. արագության գրադիենտի արժեքը յուրաքանչյուր կետի համար կլինի՝

$$\frac{dv}{dx}$$

Մածուցիկության f ուժը համեմատական է 1) հալվող S մակերեսի մեծության և 2) արագության գրադիենտին՝ $\frac{dv}{dx}$ -ին ու բացի այդ կախում ունի հեղուկի տեսակից, այսինքն՝

$$f = \eta \frac{dv}{dx} S \quad (1)$$

վորտեղ η կոչվում է մածուցիկության գործակից: Յեթե $S = 1 \text{ cm}^2$ -ի և $\frac{dv}{dx} = 1$, ապա $\eta = f$, այսինքն մածուցիկության գործակիցը թվայնորեն հավասար է այն ուժին (դիներով), վորով փոխադրում են 1 cm^2 մակերես ունեցող հեղուկի յերկու կից շերտեր, յերբ շերտերի միջև, նրանց ուղղահայաց կերպով, արագության փոփոխությունը 1 սմ-ի վրա հավասար է $1 \frac{\text{cm}}{\text{sc}}$ -ի:

Ինչպես ցույց են տալիս փորձերը, η մեծ է միմյանից կախում ունի շերտաձևային:

21. ՀԵՂՈՒԿԻ ՄԱԾՈՒՑԻԿՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿԻՑԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԸՍՏ ՈՍՏՎԱԼԴԻ

ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ

Ուսումնասիրելով հեղուկի հոսելը կապիլար խողովակներով, կարելի չէ հաշվել հեղուկի մածուցիկության գործակիցը Պուազեյլի (Poiseuille) բանաձևի ոգնությունը, վորն ունի հետևյալ տեսքը՝

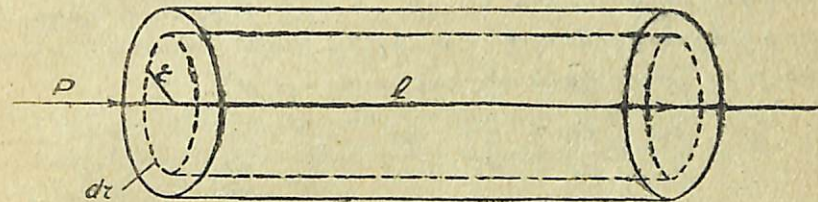
$$V = \frac{\pi r^4 p t}{8 \eta l} \quad (2)$$

վորտեղ V -ն, p ճնշման տակ t ժամանակամիջոցում կապիլարով հոսած հեղուկի քանակն է. r կապիլարի շառավիղն է, l կապիլարի յերկարությունը և η հեղուկի մածուցիկության գործակիցը:

Պուազեյլի բանաձևի արտածումը:

Դիտենք R շառավիղ ունեցող մի կապիլար. վորեւէ կետի փոփոխական հեռավորությունը առանցքից կներկայացնի փոփոխական շառավիղը, վորը նշանակենք r -ով: Կապիլարի յերկարությունը դիցուք l է (նկ. 83) և p այն ճնշումն է, վորի տակ հեղուկը կապիլարով հոսում է ձախից աջ: Տվյալ անփոփոխ p ճնշման տակ, շնորհիվ հեղուկի ներսում գոյություն ունեցող շիման ուժերի հեղուկի շարժումը խողովակով կլինի ստացիոնար. հետևաբար այդ վիճակում ճնշման և շիման ուժերը իրար պետք է հավասարակշռեն:

Կապիլարի ներսում պատկերացնենք մի գլանային ողակ, վորի ներքին շառավիղն է՝ r , իսկ արտաքինը՝ $r + dr$ ողակի հիմքի մակերեսը կլինի՝ $ds = 2\pi r dr$ և նրա վրա ազդող ճնշման ուժը՝ $dP = p 2\pi r dr$:



Նկ. 83

Յեթե դիտենք առանձին l յերկարություն և dr հեռավորություն ունեցող հեղուկի շերտը, ապա շարժման ժամանակ նրա վրա ազդում են յերկու ուժեր, մեկը ողակի ներսի կողմից r հեռավորության վրա և մյուսը՝ դրսի կողմից $(r + dr)$ հեռավորության վրա. առաջի ուժը ձգում է արագացնել ողակում գտնվող հեղուկի շարժումը, իսկ յերկրորդը՝ դանդաղեցնել այդ շարժումը. հասկանալի չէ, վոր ուժերն ունեն հակառակ ուղղություններ. նշանակելով այդ ուժերը f_r և f_{r+dr} . (1) բանաձևի հիման վրա դրանց համար կստացվի՝

$$f_r = -\eta \left(\frac{du}{dr} \right)_r S_r$$

$$f_{r+dr} = +\eta \left(\frac{du}{dr} \right)_{r+dr} S_{r+dr}$$

վորտեղ u -ն ողակով հոսող հեղուկի միջին արագությունն է, S_r և S_{r+dr} ողակի ներքին և արտաքին կողային մակերեսներն են, վորոնց համար համապատասխանորեն կարող ենք գրել՝ $S_r = 2\pi r l$ և $S_{r+dr} = 2\pi(r + dr)l$:

f_r -ի միևնույն նշանը բացատրվում է նրանով, վոր $\frac{du}{dr}$ -ը ինքը

միևնույն է, քանի վոր r -ի աճման զուգընթաց u -ն փոքրանում է: Ինչպես ասացինք ճնշման և շիման ուժերը իրար հավասարակշռում են, այսինքն՝ $f_r + f_{r+dr} + dP = 0$, կամ տեղադրելով համապատասխան արժեքները՝

$$-\eta 2\pi r l \left(\frac{du}{dr} \right)_r + \eta 2\pi (r + dr) l \left(\frac{du}{dr} \right)_{r+dr} + p 2\pi r dr = 0$$

$\left(\frac{du}{dr}\right)_{r+dr}$ արտահայտությունը վերածենք Տայլորի շարքի՝

$$\left(\frac{du}{dr}\right)_{r+dr} = \frac{du}{dr} + \frac{d^2u}{dr^2} dr + \dots$$

և սահմանափակվելով առաջի կարգի անվերջ փոքրով, տեղադրենք վերևի արտահայտության մեջ ու պարզենք. այն ժամանակ կստանանք յերկրորդ կարգի դիֆերենցիալ հավասարում՝

$$r \frac{d^2u}{dr^2} + \frac{du}{dr} + \frac{pr}{\eta l} = 0$$

ի նկատի ունենալով, վոր $r \frac{d^2u}{dr^2} + \frac{du}{dr} = \frac{d}{dr} \left(r \frac{du}{dr} \right)$ կարող ենք գրել՝ $\frac{d}{dr} \left(r \frac{du}{dr} \right) = -\frac{pr}{\eta l}$, վորն ինտեգրումից հետո կտա

$$r \frac{du}{dr} = -\frac{pr^2}{2\eta l} + C,$$

վորտեղ C ինտեգրման հաստատունն է, վորի արժեքը կարելի չէ գտնել, ի նկատի ունենալով, վոր յերբ $r = 0$, $\frac{du}{dr}$ անվերջ մեծ է, այլ հավասար է զերոյի, հետևաբար $C = 0$ և

$$\frac{du}{dr} = -\frac{dr}{2\eta l}$$

կամ

$$du = -\frac{pr}{2\eta l} dr$$

ինտեգրելով այդ արտահայտությունը, կստանանք՝

$$u = -\frac{p}{4\eta l} r^2 + C'$$

Խողովակի պատի մոտ $r = R$ և ինչպես ասացինք $u = 0$, ուստի C' -ն կարող ենք վորոշել հետևյալ հավասարումից

$$0 = -\frac{p}{4\eta l} R^2 + C'.$$

տեղադրելով C' -ն վերևի հավասարման մեջ, ունենք՝

$$u = \frac{p}{4\eta l} (R^2 - r^2)$$

Այս բանաձևը արտահայտում է հեղուկի արագության կախումը շառավղից՝

Ողականման կտրվածքով մեկ վայրկյանում անցած հեղուկի dv ծավալը գտնելու համար պետք է հեղուկի հոսման u արագությունը բազմապատկել ողակի հիմքի ds մակերեսով, այսինքն $dv = uds$, կամ

$$dv = \frac{p}{4\eta l} (R^2 - r^2) 2\pi r dr$$

Ինտեգրելով այս արտահայտությունը $r = 0$ -ից մինչև $r = R$, կստանանք կապիլարի ամբողջ կտրվածքով մեկ վայրկյանում անցած հեղուկի քանակությունը.

$$v = \frac{\pi p}{2\eta l} \int_0^R (R^2 - r^2) r dr = \frac{\pi R^4 p}{8\eta l}$$

Իսկ t վայրկյանում խողովակի կտրվածքով կանցնի $V = vt$ ծավալն ունեցող հեղուկ և նախորդ հավասարումը կգրվի այսպես՝

$$V = \frac{\pi R^4 p t}{8\eta l} \quad (2)$$

Դիցուք միևնույն խողովակով հոսում են յերկու տարբեր հեղուկներ, վորոնց ծավալներն իրար հավասար են:

Նշանակելով η_1 մածուցիկության գործակից ունեցող հեղուկի վրա ազդող ճնշումը p_1 և հոսման ժամանակամիջոցը t_1 ու η_2 գործակից ունեցող հեղուկի համար համապատասխանորեն՝ p_2 և t_2 (2) հավասարման հիման վրա կարող ենք գրել՝

$$V = \frac{\pi p_1 R^4 t_1}{8\eta_1 l} \quad \text{և} \quad V = \frac{\pi p_2 R^4 t_2}{8\eta_2 l}$$

այս յերկու հավասարումներից ստանում ենք՝

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{p_1 t_1}{p_2 t_2} \quad (3)$$

Յեթե հեղուկը հոսում է միայն սեփական կշռի աղդեցություն տակ, ապա p -ն կներկայացնի հիդրոստատիկ ճնշումը՝ $p = \delta g h$, ուր δ հեղուկի խտությունն է, $g = 981 \frac{\text{cm}}{\text{sc}^2}$ և h -ը հեղուկի սյան բարձրությունը. գրածից յերևում է, վոր հեղուկի սյունների միևնույն բարձ-

բության դեպքում, նրանց հիդրոստատիկ ճնշումների հարաբերությունը կարելի չե փոխարինել խտությունների հարաբերությամբ՝

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\delta_1}{\delta_2}$$

Ուստի և (3) հավասարման համար կստացվի՝

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\delta_1 t_1}{\delta_2 t_2} \quad (4)$$

Փորձի կատարումը

Անհրաժեշտ պարագաներ՝ 1) Ոստվալի գործիք, 2) շտատիվ, 3) մեծ բաժակ, 4) պիպետիկա, 5) վայրկյանաչափ, 6) ջերմաչափ, 8) բյուրեղակա:

Ոստվալի գործիքը, վորի միջոցով վորոշում են հեղուկների մածուցիկության գործակիցը, ներկայացնում ե Ս-աձև խողովակ (նկ. 84), վորի AB լայն ծունկը ցածից վերջանում ե d լայնացումով, իսկ մյուս ծունկը cb կապիլար խողովակից, վորի վերևի մասում գտնվում ե օ գոհնդր: օ գոհնդրի վերևից և ցածից ապակու վրա արված են նշաններ a և c:

Ամբողջ գործիքը ամրացված ե S շտատիվի e սեղմակով և գտնվում ե K մեծ բաժակի մեջ, վորի ջրի տեմպերատուրը չափվում ե T ջերմաչափի ոգնությունը:

Նախ քան չափման անցնելը անհրաժեշտ ե լավ լվալ գործիքը քրոմային հեղուկով, հետո մի քանի անգամ ջրով և վերջում այն հեղուկով, վորի մածուցիկության գործակիցը ցանկանում են վորոշել: Լվա-

լուց հետո իջեցնում են գործիքը անոթի ջրի մեջ և ամրացնում շտատիվին այնպես, վոր նա ընդունի ուղղաձիգ դիրք և բացի այդ ջրի մակարդակը գտնվի a վերևի նշանից բարձր: Գործիքի լայն ծունկի մեջ լցնում են փորձարկվող հեղուկից միանգամայն վորոշ

քանակությամբ (մեր լաբորատորիայում 16 cm³) և G ռետինե խողովակի ց ծայրին հագցնելով H ծծանը (груша) օ գոհնդրի մեջ են ծծեցնում ամբողջ հեղուկը, մինչև վոր հեղուկի մակարդակը կանգնի a նշանից մի քիչ բարձր: Այնուհետև հանելով H ծծանը հետևում են հեղուկի իջեցման և յերբ հեղուկի մենիսկն անցնում ե a նշանով սեղմում են վայրկյանաչափը: Վայրկյանաչափը կանգնեցնում են այն մոմենտին, յերբ մենիսկն անցնում ե c նշանով: Յերեք անգամ կատարելով այդ չափումը հաշվում են միջին t₁-ը: Այնուհետև (գործիքը լվալուց հետո) նույն փորձը կատարում են ջրի նկատմամբ և հաշվում ջրի համար t₂-ը:

Փորձարկվող հեղուկի խտությունը վորոշում են պիկնոմետրի ոգնությունը: վորպեսզի խտությունը ստացվի նույն տեմպերատուրի համար, վորի տակ կատարվել ե փորձը, պիկնոմետրը լցնում են փորձարկվող հեղուկով և պահում անոթի ջրի մեջ մոտ 15 րոպե, վորից հետո հեղուկի մակարդակը պիկնոմետրի մեջ հասցնում են նշանին և սովորական յեղանակով վորոշում հեղուկի δ₁ խտությունը: Ջրի δ₂ խտությունը տվյալ տեմպերատուրի համար վորոշում են աղյուսակից (տես գրքի վերջը): վորոշելի η₁ մածուցիկության գործակիցը (4) բանաձևից հավասար ե՝

$$\eta_1 = \eta_2 \frac{\delta_1 t_1}{\delta_2 t_2} \quad (5)$$

վորտեղ η₂ ջրի մածուցիկության գործակիցն ե, վորի արժեքը վերցվում ե աղյուսակից (տես աղյուսակ XVIII):

Սխալների հաճվումը

Հարաբերական սխալը հաշվել հետևյալ բանաձևով՝

$$\frac{d\eta_1}{\eta_1} = \frac{d\delta_1}{\delta_1} + \frac{dt_1}{t_1} + \frac{dt_2}{t_2}$$

Աղյուսակ № 20

22. ՀԵՂՈՒԿԻ ՄԱԾՈՒՑԻԿՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ՄՏՈՒՄԻ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

ՏԵՄՊԱՆ ՄԱՍ

Ըստ Ստոքսի մածուցիկ միջավայրում v արագությամբ շարժվող գնդակի վրա ազդում ե ներքին շփման ուժ, վորը հավասար ե՝

$$F = 6\pi\eta Rv \quad (1)$$

վորտեզ γ -ն տվյալ միջավայրի մածուցիկության գործակիցն է, իսկ R -ը՝ գնդակի շառավիղը:

Կարևոր նշանակություն ունի այն դեպքը, յերբ գնդակը շարժվում է մածուցիկ հեղուկում ծանրության ուժի ազդեցության տակ: Այդ դեպքում գնդակի արագության աճման զուգընթաց աճում է նաև ներքին շփման F ուժը:

Նշանակենք գնդակի խտությունը δ , իսկ հեղուկինը՝ δ_1 , այն ժամանակ այդ հեղուկում շարժվող գնդակի վրա նրա շարժման ամբողջ ընթացքում կազդի մի հաստատուն F_1 ուժ, վորը հավասար է իր նի գնդակի P կշռից հանած նույն ծավալաչափ հեղուկի կշռը՝ $\frac{4}{3} \pi R^3 \delta_1 g$, այսինքն

$$F_1 = \frac{4}{3} \pi R^3 g (\delta - \delta_1) \quad (2)$$

Գնդակի հավասարաչափ անկման ժամանակ $F = F_1$, հետևաբար

$$6\pi\eta Rv = \frac{4}{3} \pi R^3 g (\delta - \delta_1)$$

վորտեզից

$$\eta = \frac{2R^2 g (\delta - \delta_1)}{9v} \quad (3)$$

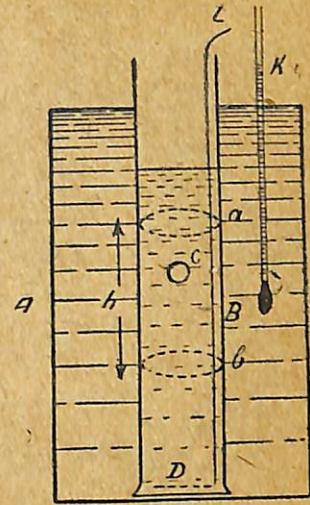
Այս բանաձևը ոգտագործվում է Ստոքսի լեղանակով մածուցիկության գործակիցը վորոշելու համար:

Փորձի կառուցումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. 1) յերկար գլանային ապակյա անոթ, 2) ապակյա խողովակ, վորի վրա կան գծիկներ, 3) ջերմաչափ, 4) գնդակ, վորի տրամագիծն է 0,15 cm, 5) վայրկյանաչափ:

Բ ապակյա խողովակը գտնվում է A գլանային (նկ. 85) անոթի մեջ. B անոթում գտնվում է այն հեղուկը, վորի մածուցիկության գործակիցը ցանկանում են հաշվել. A անոթը լցված է ջրով, վորի նպատակն է փորձի ընթացքում անփոփոխ պահել փորձարկվող հեղուկի տեմպերատուրը. B խողովակի վրա կան յերկու a և b գծիկները, վորոնց հեռավորությունը h է. a գծիկը հեղուկի մակերևույթից գտնվում է այնպիսի հեռավորության վրա, վոր ընկնող գնդակը, հասնելով խողովակի այն մասին, այնուհետև շարժվում է հավասարաչափ: L ձողի ծայրում գտնվում է D ցանցը, վորի միջոցով դուրս է հանվում գլանի հատակից ընկած գնդակը:

Գնդակը դնում են խողովակի հեղուկե մակերևույթի վրա այնպես, վոր նա ընկնելով մոտավորապես շարժվի խողովակի առանցքով. յերբ գնդակը իրեն ցածի յեզրով շոշափի a գծիկը, վայրկյանաչափը աշխատեցնում են. յերբ գնդակը հասնում է b գծիկին շոշափելով ցածի յեզրով, վայրկյանաչափը կանգնեցնում են և հաշվում այն ժամանակամիջոցը, վորի ընթացքում գնդակը անցել է h ճանապարհի: Քանի վոր շարժումը հավասարաչափ է, ապա գնդակի շարժման v արագությունը կլինի՝ $v = \frac{h}{t}$. D ցանցի միջոցով հանելով գնդակը,



Նկ. 85

Շտանդենցիերկուլի ոգնությունը հասնում են գնդակի տրամագիծը և այդտեղից գտնում R -ը: Գնդակի խտությունը $\delta = 7,6$ -ի: Փորձարկվող հեղուկի δ_1 խտությունը տվյալ տեմպերատուրի համար գտնում են հատուկ աղյուսակից:

Մածուցիկության գործակիցը վորոշում են (3) բանաձևից, վորի մեջ v արագության փոխարեն գրված է $\frac{h}{t}$.

$$\eta = \frac{2R^2 g (\delta - \delta_1) t}{9h} \quad (4)$$

g -ի համար վերցնել $980,5 \frac{\text{cm}}{\text{sc}^2}$ արժեքը:

Սխալների հաշիվը

Սխալների հաշիվը կատարում են հետևյալ հավասարումով՝

$$\frac{d\eta}{\eta} = \frac{2dR}{R} + \frac{dt}{t} + \frac{dh}{h},$$

վորտեզ dR -ը, dt -ն և dh -ը R -ի, t -ի և h -ի ամենամեծ հնարավոր սխալներն են:

Գ. Լ. ՈՒԽ Վ

ՋԵՐՄՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Շ. ԽԱՏԱՆԻՔ № 21

23. ԳԾԱՅԻՆ ԸՆԴԱՐՁԱԿՄԱՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ

ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ

Փորձը ցույց է տալիս, Վոր մարմինները տաքանալիս ընդարձակվում են: Ընդարձակման մեծությունը տարբեր է առանձին մարմինների համար և բնորոշվում այդ մարմնի աչսպես կոչված գծային ընդարձակման գործակիցով: Մարմնի հարաբերական լերկարացումը 1°C -ով տաքանալիս կոչվում է գծային ընդարձակման գործակից (Թվայնորեն այդ գործակիցը հավասար է մարմնի մեկ միավոր լերկարացման լերկարացմանը 1°C -ով տաքանալիս): Այդ գործակիցը տեմպերատուրի բարձրացման զուգընթաց աճում է, հատկապես այդ աճումը մեծ է բարձր տեմպերատուրներում: Միջին գծային ընդարձակման գործակից t_1 և t_2 տեմպերատուրների միջև կոչվում է մարմնի հարաբերական լերկարացումը 1° տաքանալիս, այն լենթադրությամբ, Վոր տեմպերատուրների այդ միջակայքում մարմինը ընդարձակվում է հավասարաչափ:

Յեթե նշանակենք՝ α -ով գծային ընդարձակման միջին գործակիցը t_1^0 և t_2^0 տեմպերատուրների միջև, l_1 -ով մարմնի լերկարուծյունը t_1^0 -ում և l_2 , նրա լերկարուծյունը t_2^0 -ում և Δl -ով լերկարացումը, Վորը հավասար է $\Delta l = l_2 - l_1$, ապա՝

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 (t_2^0 - t_1^0)}$$

կամ

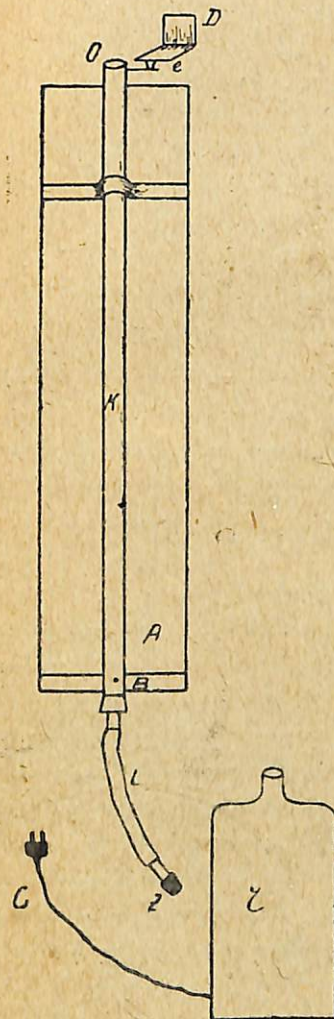
$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_1 (t_2^0 - t_1^0)}$$

(1)

Փորձի կառուցումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. 1) պատվանդանին ամրացրած արուլը քողը հայելով, 2) ելեկտրական լեռարան, 3) դիտակ ուղղաձիգ քանոնով, 4) քանոն:

Արուլը K խողովակը ամրացրած է A պատվանդանին (նկ. 86). խողովակի ցածի մասը B կետում պտուտակի ոգնությամբ ամրացրած է պատվանդանին, իսկ վերին մասը ազատ է. խողովակի վերին մասում կպցրած է հարթ Թիթեղ, Վորի վրա հենվում է D հայելին,

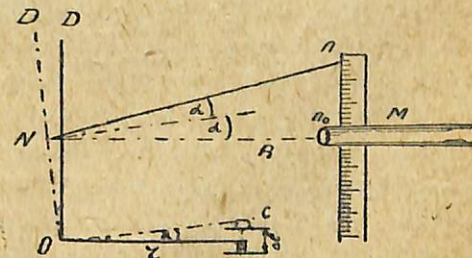


Նկ. 86

CD լծակի ոգնությամբ: Սողովակը տաքացնում են ջրային գոլորշիներով. դրա համար E լեռարանը L ռետինե խողովակի միջոցով միացնում են K խողովակին: Սողովակը ընդարձակվելիս, նրա մի ծայրը (B) մնում է անշարժ, իսկ մյուսը շարժվելով դեպի վեր, բարձրացնում C Թիթեղյա հենարանին հենված հայելին: Նախ քան խողովակի ընդարձակվելը, M դիտակը ուղղում են դեպի հայելին և տեսնում սկալայի n_0 բաժանմունքը: Ընդարձակվելուց հետո հայելու լծակը OH դիրքից անցնում է OC դիրքը և հայելին թեքվում է α անկյունով (նկ. 87). HC կներկայացնի խողովակի լերկարացած մասը՝ Δl -ը՝ OCH փոքր լեռանկյունուց ստանում ենք՝

$$\Delta l = rtg\alpha \quad (2)$$

դիտակով նայելիս այժմ կերևա սկա-



Նկ. 87

լայի n_1 բաժանմունքը. ստացվող $n_1 N n_0$ յեռանկյունից ունենք՝

$$n_1 - n_0 = Rtg2\alpha \quad (3)$$

վորտեղ R -ը սկալյար հեռավորությունն է հայելուց. 2α անկյունն ստացվում է այն պատճառով, վոր յերբ հայելին թեքվում է α -ով, ճառագայթը թեքվում է 2α -ով:

Սովորաբար α անկյունը լինում է բավականաչափ փոքր, այնպես վոր կարելի յե ընդունել՝ $tg\alpha = \alpha$ և $tg2\alpha = 2\alpha$, հետևաբար (2) և (3) հավասարումներից ստացվում են՝

$$\Delta l = r\alpha \quad \text{և} \quad n_1 - n_0 = 2R\alpha$$

արտաքսելով այս յերկու հավասարումներից α -ն կստանանք՝

$$\Delta l = \frac{r(n_1 - n_0)}{2R}$$

Տեղադրելով Δl -ի արժեքը (1) հավասարման մեջ, ունենք՝

$$\alpha = \frac{r(n_1 - n_0)}{2Rl_1(t_2^0 - t_1^0)} \quad (4)$$

Ինչպես յերևում է (4) բանաձևից α -ն գտնելու համար պիտի չափել՝ դիտակով յերեացող սկալյար բաժանմունքները մինչև խողովակի ընդարձակվելը՝ n_0 և ընդարձակվելուց հետո՝ n_1 , դիտակի սկալյար հեռավորությունը հայելուց՝ R -ը, խողովակի յերկարությունը l_1 -ը և խողովակի սկզբնական t_1^0 և վերջնական t_2^0 տեմպերատուրները: Հայելու լծակի r -ի արժեքը արվում է:

Փորձը կատարում են հետևյալ հաջորդականությամբ:

Տեղավորում են դիտակը D հայելուց մոտ 1 մետր հեռավորության վրա այնպես, վոր դիտակն ունենա հայելու բարձրությունը: Շարժելով շտատիվը, վորի վրա ամրացրած է դիտակն ու սկալան և միաժամանակ դիտակի կողքից հասարակ աչքով նայելով D հայելուն, աշխատում են տեսնել վերջինի մեջ սկալյար պատկերը: Այնուհետև ոկուլյարի տեղափոխումով և հորիզոնական ու ուղղաձիգ առանցքների շուրջը պտտելով (չշարժելով շտատիվը) դիտակի միջով տեսնում են հայելու պատկերը, վորից հետո ոկուլյարը ներս հագցնելով կերևա սկալյար բաժանմունքների պատկերը: Ուշադրություն պիտի դարձնել, վոր ոկուլյարի խաչաձև թելիկներից մեկը լինի հորիզոնական: Սկալյար այն բաժանմունքը, վոր համընկնում է հորիզոնական գծի հետ՝ կլինի n_0 : Դիտակը մինչև փորձի վերջը պիտի անշարժ լինի:

K խողովակի l_1 յերկարությունը չափում են քանոնի ոգնու-

թյամբ, վերցնելով այդ յերկարություն համար B կետից մինչև C թիթեղի վերին յեղը:

Քանոնի ոգնությունը չափել նաև R հեռավորությունը պահելով քանոնը սկալյարն ուղղահայաց և վերցնելով սկալյարից մինչև D հայելու յետևի յեղը: Չափումները կատարել յերեք անգամից վոչ պակաս և վերցնել նրանց միջինը:

Սողովակի սկզբնական տեմպերատուրը t_1 -ը կլինի խողովակի շրջապատի, սենյակի տեմպերատուրը (յթե միայն յերկար ժամանակ է անցել նախորդ փորձը կատարելուց հետո)։ t_1 -ը վորոշում են պատին կպցրած հատուկ ջերմաչափի ոգնությունը $0,1$ -ի ճշտությամբ:

Այս չափումները կատարելուց հետո, G խրանը մտցնում են լուսավորության ցանցի մեջ և յերբ ջուրը E յեռարանում յեռա, L խողովակի ծայրի Z խցանը հագցնում են յեռարանի բերանին: Նախորդ պետք է ստուգել, վոր յեռարանը մոտ յերեք քառորդով լըցված լինի ջրով:

Մոտավորապես 15 րոպե անցնելուց հետո կրկին նայում են դիտակով և յեթե մոտ մեկ րոպե նայելիս տեսողության դաշտում սկալյար պատկերի բաժանմունքը չի փոխվում, գրի յեն առնում յերեվացող բաժանմունքը՝ n_1 -ը: Հակառակ դեպքում պիտի սպասել այնքան, վոր դիտելիս միշտ յերևա սկալյարի միևնույն բաժանմունքի պատկերը:

t_2 -ը K խողովակի վերջնական տեմպերատուրը ներկայացնում է նրա միջով անցնող գոլորշիների տեմպերատուրը, կամ վոր միևնույնն է յեռացող ջրի տեմպերատուրը (ջրի յեռման կետը), վորը ինչպես հայտնի յե կախում ունի մթնոլորտի ճնշումից: Վորոշելով բարոմետրի ոգնությունը մթնոլորտի ճնշումը, աղյուսակի ոգնությամբ (աղ. IX) գտնում են t_2 -ը:

Հայելու r լծակի յերկարությունը տալիս է լաբորանտը: Ստացած արժեքները տեղադրել (4) հավասարման մեջ և գտնել α -ն:

Սխալների հաճիվը

Գծային ընդարձակման գործակցի ամենամեծ հնարավոր սխալը վորոշվում է հետևյալ հավասարումով՝

$$\frac{d\alpha}{\alpha} = \frac{dn_1 + dn_0}{n_1 - n_0} + \frac{dR}{R} + \frac{dl_1}{l_1} + \frac{dt_2 + dt_1}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

քանի վոր dn_1 ու dn_0 և dt_2 ու dt_1 նույն կարգի սխալներ են, ապա

$dn_1 = dn_0 = dn$ և $dt_2 = dt_1 = dt$. հետևաբար (5)-րդ հավասարումը կընդունի ավելի պարզ տեսք՝

$$\frac{da}{a} = \frac{2dn}{n_1 - n_0} + \frac{dR}{R} + \frac{dl_1}{l_1} + \frac{2dt}{t_2 - t_1}$$

Առթանգություն № 22

24. Հեղուկի ԾԱՎԱԼԱՅԻՆ ԸՆԴԱՐՃԱԿԱՄԱՆ ԳՈՐԾԱԿՑԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԴՅՈՒՆՈՒՄԻ ՅԵՎ ՊՏԻԻ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ

Մարմնի ծավալային ընդարձակումը ընդունվում է այդ մարմնի ծավալային ընդարձակման գործակցով: Մարմնի ծավալի հարաբերական աճումը 1°C -ով տաքանալիս կոչվում է ծավալային ընդարձակման գործակցի (ծավայնորեն— 1 cm^3 ծավալի ընդարձակումը 1°C տաքանալիս):

Ծավալային ընդարձակման միջին գործակցի t_1 և t_2 տեմպերատուրաների միջև կոչվում է մարմնի ծավալի հարաբերական աճը C° -ի 1° տաքանալիս, այն յենթադրություններով, վոր մարմինը տեմպերատուրաների այդ միջակայքում ընդարձակվում է հավասարաչափ:

Մտցնենք հետևյալ նշանակումները՝

β —ծավալային ընդարձակման միջին գործակցի t_1 և t_2 տեմպերատուրաների միջև:

v_1 —մարմնի ծավալը t_1° -ում:

v_2 —մարմնի ծավալը t_2° -ում:

Ծավալային ընդարձակման միջին գործակցի համար ունենք՝

$$\beta = \frac{v_2 - v_1}{v_1(t_2 - t_1)}$$

վորակից

$$v_2 = v_1 [1 + \beta(t_2 - t_1)] \quad (1)$$

Դիցուք M մասսա ունեցող մարմինը t_1° -ում ունի v_1 ծավալ և δ_1 խտություն, իսկ t_2° -ում v_2 ծավալ և δ_2 խտություն. [այն ժամանակ $M = v_1 \delta_1 = v_2 \delta_2$ կամ

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\delta_1}{\delta_2} \quad (2)$$

(1) հավասարումից ունենք՝

$$\frac{v_2}{v_1} = 1 + \beta(t_2 - t_1)$$

Համեմատելով (2) հավասարման հետ ստանում ենք՝

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} = 1 + \beta(t_2 - t_1) \quad (3)$$

Դիցուք հաղորդակից անոթներում գտնվում է միևնույն հեղուկը, բայց ունենալով տարբեր ծնկերում տարբեր տեմպերատուր. ընդունենք, վոր ձախ ծնկում հեղուկի տեմպերատուրը t_1° -ի, խտությունը δ_1 և հեղուկի սյան բարձրությունը h_1 . համապատասխանորեն մյուս ծնկում՝ տեմպերատուրը t_2° , խտությունը δ_2 և բարձրությունը h_2 . հաղորդակից անոթների հատկությունների հիման վրա՝

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{h_2}{h_1} \quad (4)$$

(3) և (4) հավասարումների համեմատումից ստացվում է

$$\frac{h_2}{h_1} = 1 + \beta(t_2 - t_1)$$

վորակից

$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1(t_2 - t_1)} \quad (5)$$

Հափելով h_1 և h_2 , t_1 և t_2 կարելի է վորոշել հեղուկի ծավալային ընդարձակման գործակցը:

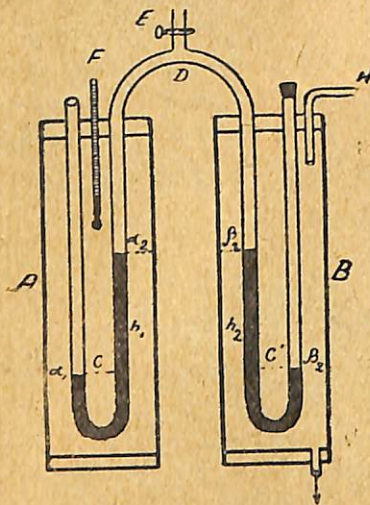
Փորձի կատարումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. 1) Դյուլանդի և Պտիի գործիքը. 2) կաթետոմետր. 3) յեռարան. 4) քանոն:

Յերկու U -աձև ապակյա խողովակներ իրենց մեկ ծայրերով միանում են D -ում (նկ. 88). խողովակները տեղավորված են ապակյա լայն գլաններում: Խողովակների ծնկների մեջ լցնում են կիսով չափ սնդիկ և ողահան կամ ողամուղ պոմպի ոգնություններով հանում են կամ մղում այնքան ոգ, վորպեսզի սնդիկի սյուների տարբերությունը լինի ըստ հնարավորության մեծ, վորից հետո փակում են E ծորակը:

H խողովակի միջոցով B գլանի միջով անցկացնում են յեռացող ջրի գոլորշիներ, վորի հետևանքով C խողովակի սնդիկը տաքա-

նում և մինչև ջրի յեռման տեմպերատուրը (t_2^0): A խողովակի սնդիկի տեմպերատուրը t_1 -ը վորոշում են F ջերմաչափի ոգնությամբ: Յերբ C' խողովակում սնդիկը ընդունում է յեռացող ջրի գոլորշու տեմպերատուրը, կաթետոմետրի ոգնությամբ (կաթետոմետրի նկարագրության և նրա գործածության յիշանակի մասին կարգալ էջ 9) չափում են $\alpha_1 \alpha_2 = h_1$ և $\beta_1 \beta_2 = h_2$ սնդիկի սյունների տարբերությունները C և C' խողովակներում: C' խողովակի սնդիկի t_2 տեմպերատուրը, վորպես ջրի յեռման կետ վորոշում են աղյուսակի



Նկ. 88

միջոցով (տես աղ. IX), չափելով նախորոք բարոմետրի ոգնությամբ մթնոլորտի ճնշումը: Այս տվյալների հիման վրա (4) բանաձևից հաշվում են β -ն:

Ավելի փոքր ճշտությամբ հեղուկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը կարելի յե վորոշել 89 նկարում ցույց տված գործիքի միջոցով: Խողովակներից մեկը A-ն շրջապատված է ոդով և նրա տեմպերատուրը կլինի հենց ոդի տեմպերատուրը: C խողովակը տաքացնում են յեռացող ջրի գոլորշիներով, սնդիկը տաքանում է և բարձրանում մինչև n: nm-ը հավասար կլինի $h_2 - h_1$ սյունների տարբերության, վորը վորոշում են L սկալայի ոգնությամբ: Քանոնով չափում են h_1 -ը և

$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1(t_2 - t_1)}$$

բանաձևի ոգնությամբ գտնում են տվյալ հեղուկի ծավալային ընդարձակման գործակիցը:

Սխալների հաճիվը

Բոլոր չափումները կատարում են մի քանի անգամ և գտնում առանձին չափումների մեծագույն սխալը:

β -ի մեծագույն հնարավոր սխալը կլինի՝

$$\frac{d\beta}{\beta} = \frac{d(h_2 - h_1)}{h_2 - h_1} + \frac{dh_1}{h_1} + \frac{d(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1}$$

Առաջին յեղանակով փորձը կատարելիս dh_1 և dh_2 , dt_1 և dt_2 կլինեն նույն կարգի սխալներ, հետևաբար՝

$$\frac{d\beta}{\beta} = \frac{2dh}{h_2 - h_1} + \frac{dh}{h_1} + \frac{2dt}{t_2 - t_1}$$

վորտեղ՝ dh -ը h_2 -ի և h_1 -ի, dt -ն t_1 -ի և t_2 -ի չափման ժամանակ կատարած մեծագույն սխալներն են:

Աղյուսակ № 23

25. ՈՂԻ ԱՌԱՋԳԱՆՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿՅԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ

ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ

Հաստատուն ճնշման տակ, 1° տաքանալիս, գազի ծավալի աճման հարաբերությունը նրա 0° -ում ունեցած ծավալին, — կոչվում է գազի ծավալային ընդարձակման գործակից: Նշանակելով α -ով այդ գործակիցը, V_0 -ով գազի ծավալը 0° -ում և V_t նրա ծավալը t° -ում, ծավալային ընդարձակման գործակիցի սահմանումից ունենք՝

$$\alpha = \frac{V_t - V_0}{V_0 t} \quad (1)$$

Յեթե գազի ծավալը թողնվի անփոփոխ, ապա տաքանալիս կաճի նրա ճնշումը: Անփոփոխ ծավալի դեպքում, 1° տաքանալիս, գազի առաձգականության աճի հարաբերությունը նրա 0° -ում ունեցած առաձգականությունը, կոչվում է գազի առաձգականության ջերմային գործակից: Նշանակելով այդ գործակիցը γ -ով, գազի առաձգականությունը 0° -ում p_0 , և t° -ում՝ p_t , կարող ենք գրել՝

$$\gamma = \frac{p_t - p_0}{p_0 t} \quad (2)$$

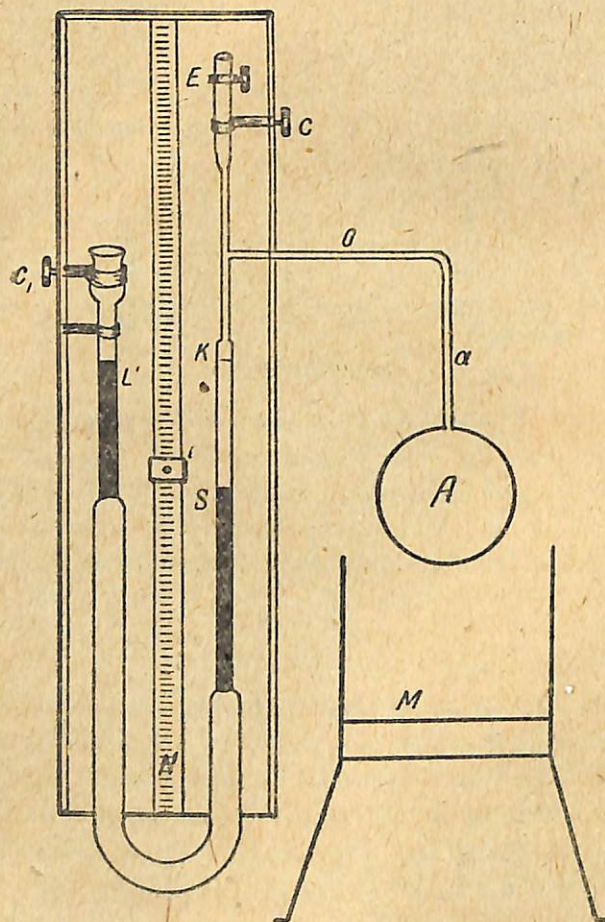
կամ

$$p_t = p_0 (1 + \gamma t) \quad (3)$$

բոլոր գազերի համար, յեթե նրանց տեմպերատուրը կրիտիկականից բավականաչափ բարձր է, մեծ ճշտությամբ, $\alpha = \gamma = \frac{1}{273}$ (Գեյ-Լյուսակի որոշմամբ):

Փորձի կառուցումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. 1) Ուռնի ջերմաչափ. 2) լայն անոթ ջուրը յեռացնելու համար և տաքացուցիչ. 3) Ջերմաչափ:



Նկ. 90

Ուռնի ջերմաչափը (Նկ. 90) կազմված է ողով լցված ապակյա A բալոնից, վորը a կապիլար խողովակով հաղորդվում է LL' սնդիկով լցված բաց մանոմետրի հետ: Մանոմետրի ծայրերը շարժական

են և նրանց կարելի չէ ամրացնել ուղղաձիգ շտապիմներին ցանկացած բարձրության վրա C և C₁ պտուտակների ոգնությամբ: A բալոնը միանում է մանոմետրի աջ մասին O ապակյա կամ ուտինե խողովակով:

Յերբ E ծորակը բաց է ճնշումը A խողովակում հավասար է արտաքին մթնոլորտային ճնշման:

Թուլացնելով C պտուտակը կարելի չէ A բալոնը իջեցնել M անոթի լեռացող ջրի գոլորշիների մեջ և այդպիսով բարձրացնել բալոնի միջի ոգի տեմպերատուրը: N քանոնի վրա ամրացրած S₂ նոսիուսի ոգնությամբ վորոշում են սնդիկի սյան բարձրությունը մանոմետրի ծնկերում:

Տալով գործիքին ուղղաձիգ դիրք, բացում են E ծորակը և բարձրացնելով մանոմետրի ձախ ծունկը աջ ծնկում սնդիկի սյունը հասցնում են մինչև K նշանը, վորից հետո ամրացնում են C և C₁ պտուտակները: Այս պայմաններում բալոնի ողը գտնվում է p մթնոլորտային ճնշման տակ, վորը չափվում է H_{mm} սնդիկի սյան բարձրությամբ, ունի վորոշակի ծավալ (մինչև k նշանը) և տեմպերատուրը, վորը հավասար է սենյակի տեմպերատուրին:

Այնուհետև փակում են E ծորակը և լցնելով M անոթը ջրով, թողնում են, վոր ջուրը լեռա, հետո բարձրացնում են անոթը այնպես, վոր բալոնը շրջապատված լինի յեռացող ջրի գոլորշիներով: Ողը բալոնում կտաքանա մինչև ջրի t₁⁰ լեռման կետը, վորը վորոշում են հատուկ աղյուսակի միջոցով (իմանալով բարոմետրի ճնշումը): Բալոնում ողը տաքանալով ընդարձակվում է և սնդիկի մի մասը աջ ծունկից մղվում է ձախ ծունկը: Սպասելով այնքան ժամանակ, մինչև վոր սնդիկը աջ ծնկում դադարի իջնելուց, թուլացնում են C₁ պտուտակը և L' ծունկը բարձրացնում են այնքան, վոր սնդիկն աջ ծնկում կրկին հասնի k նշանին (սնդիկի մենիսկը շոշափի այդ գծիկին): S նոսիուսի միջոցով վորոշում են սնդիկի սյան h₂ և h₁ բարձրությունները մանոմետրով ձախ և աջ ծնկերում: Ողի առաձգականության աճումը շնորհիվ նրա t₀-ից մինչև t₁⁰ տաքանալը կլինի՝ h₂ - h₁ = H₁mm սնդիկի սյան բարձրության. հետևաբար ողի P₁ առաձգականությունը t₁⁰-ում կլինի H + H₁mm:

Այսպիսով, A բալոնի ողի ճնշումը սենյակի t⁰-ում յեղել է P = H մթնոլորտի ճնշման, իսկ ջրի լեռման տեմպերատուրում t₁⁰-ում՝ P₁ = H + H₁. Նշանակենք P₀-ով նույն ողի ճնշումը 0⁰-ում: Այն ժամանակ, քանի վոր ողի ծավալը մնացել է անփոփոխ (3)-րդ հավասարման հիման վրա կարող ենք գրել՝

$$p = p_0 (1 + \gamma t) \quad \text{և} \quad p_1 = p_0 (1 + \gamma t_1)$$

Բաժանենք յերկրորդ հավասարումը առաջինի վրա՝

$$\frac{p_1}{p} = \frac{1 + \gamma t_1}{1 + \gamma t}$$

վորտեղից

$$\gamma = \frac{p_1 - p}{p_1 t_1 - p t}$$

կամ տեղադրելով $p_1 = H + H_1$ և $p = H$

$$\gamma = \frac{H_1}{(H + H_1) t_1 - H t} \quad (4)$$

Փորձից ստացած արժեքները տեղադրելով (4)-րդ հավասարման մեջ հաշվում են ողի առաձգականության ջերմային գործակիցը:

Սխալների հաշիվը

Ողի առաձգականության ջերմային գործակիցի հարաբերական մեծագույն $\frac{d\gamma}{\gamma}$ սխալը կլինի՝

$$\frac{d\gamma}{\gamma} = -\frac{dH_1}{H_1} + \frac{dt_1(H + H_1) + H dt + (t_1 + t) dH + t_1 dH_1}{(H + H_1) t_1 - H t}$$

վորտեղ dH_1 -ը, dt_1 -ը, dt և dH համապատասխանորեն H_1 -ի, t_1 -ի, t -ի և H -ի չափման ժամանակ կատարած մեծագույն սխալներն են:

Առիթմի № 24

26. ՊԻՆԴ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ԶԵՐՄՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԿԱԼՈՐԻՄԵՏՐԻԿ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

Զերմության քանակը, կամ ջերմային եներգիան չափում են կալորիաներով:

Փոքր կալորիա կամ գրամ-կալորիա կոչվում է ջերմության այն քանակը, վորն անհրաժեշտ է հաղորդել մեկ գրամ ջրին, վորպեսզի նրա տեմպերատուրան աճի 1°C -ով:

Մեկ գրամ ջրի տեմպերատուրան մեկ աստիճանով բարձրացնելու համար, տարբեր տեմպերատուրաների դեպքում, անհրաժեշտ է տարբեր քանակությամբ ջերմություն: Այդ տարբերությունը չընչին է և յեթե վորոշենք այդ քանակը ամեն մի աստիճանի համար 0° -ից մինչ 100° և վերցնենք նրանց միջինը, ապա և կստացվի, այսպես կոչված, 15° -ոց կալորիա:

Ուրեմն, ավելի ճիշտ, փոքր կալորիա, կամ 15° -ոց կալորիա կոչվում է ջերմության այն քանակը, վորն անհրաժեշտ է հաղորդել մեկ գրամ ջրին, վորպեսզի նրա տեմպերատուրան $14^\circ,5 \text{C}$ -ից աճի մինչև $15^\circ,5 \text{C}$:

Հազար փոքր կալորիա կազմում է մեծ կալորիա կամ կիլո-գրամ-կալորիա:

Դիցուք ունենք մի մարմին, վորի զանգվածն է m գրամ և տեմպերատուրան t° . Ընդունենք, վոր մեր մարմնի տեմպերատուրան 1°C -ով բարձրացնելու համար, անհրաժեշտ է նրան հաղորդել Q կալորիա ջերմություն:

Զերմության այն քանակը, վորը անհրաժեշտ է հաղորդել մարմնին, վորպեսզի նրա տեմպերատուրան բարձրանա 1°C -ով, կոչվում է ջերմունակություն: Տվյալ դեպքում մարմնի ջերմունակությունը Q կալորիա է:

Հաճախ անհրաժեշտ է լինում իմանալ, վոչ թե մարմնի, այլ «նյութի ջերմունակությունը» կամ տեսակարար ջերմունակությունը:

Նյութի կամ տեսակարար ջերմունակությունը չափվում է կալորիաների այն քանակով, վորն անհրաժեշտ է հաղորդել 1 գրամ նյութին, վորպեսզի նրա տեմպերատուրան աճի մեկ աստիճանով:

Նյութի ջերմունակությունը առհասարակ ֆունկցիա չի տեմպերատուրից, և աճում է տեմպերատուրի աճման հետ միասին: Յեթե նյութի տեմպերատուրը չափազանց ցածր է, ապա նրա ջերմունակության կախումը տեմպերատուրից արտահայտվում է հետևյալ եմպիրիկ բանաձևով

$$1) \quad c = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$$

Այստեղ a_0 , a_1 և a_2 գործակիցները տարբեր նյութերի համար տարբեր են: Նրանց արժեքները վորոշում են փորձով:

Այն դեպքերում, յերբ տեսակարար ջերմունակությունը վորոշելու համար մեծ ճշտություն չի պահանջվում, տեսակարար ջերմունակությունը դիտում են վորպես հաստատուն:

Յեթե մարմնի զանգվածը m գրամ է, իսկ տեմպերատուրան $t_1^\circ \text{C}$ և, յեթե Q կալորիա ջերմություն կլանելուց հետո, մարմնի տեմպերատուրն աճել է մինչև $t_2^\circ \text{C}$, ապա, մարմնի ջերմունակությունը հավասար կլինի՝

$$2) \quad C = \frac{Q}{t_2 - t_1}$$

Բաժանենք յերկրորդ հավասարումը առաջինի վրա՝

$$\frac{p_1}{p} = \frac{1 + \gamma t_1}{1 + \gamma t}$$

վորակելից

$$\gamma = \frac{p_1 - p}{p_1 t_1 - p t}$$

կամ տեղադրելով $p_1 = H + H_1$ և $p = H$

$$\gamma = \frac{H_1}{(H + H_1) t_1 - H t} \quad (4)$$

Փորձից ստացած արժեքները տեղադրելով (4)-րդ հավասարման մեջ հաշվում են ողի առաձգականության ջերմային գործակիցը:

Սխալների հաճիվը

Ողի առաձգականության ջերմային գործակցի հարաբերական մեծագույն $\frac{d\gamma}{\gamma}$ սխալը կլինի՝

$$\frac{d\gamma}{\gamma} = \frac{dH_1}{H_1} + \frac{dt_1(H + H_1) + H dt + (t_1 + t) dH + t_1 dH_1}{(H + H_1) t_1 - H t}$$

Վորտեղ dH_1 -ը, dt_1 -ը, dt և dH համապատասխանորեն H_1 -ի, t_1 -ի, t -ի և H -ի չափման ժամանակ կատարած մեծագույն սխալներն են:

Առիթմակ № 24

26. ՊԻՆԴ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՏԵՍԱԿԱՐԱՐ ՋԵՐՄՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԿԱԼՈՐԻՄԵՏՐԻԿ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

Ջերմության քանակը, կամ ջերմային եներգիան չափում են կալորիաներով:

Փոքր կալորիա կամ գրամ-կալորիա կոչվում է ջերմության այն քանակը, վորն անհրաժեշտ է հաղորդել մեկ գրամ ջրին, վորպեսզի նրա տեմպերատուրան աճի 1°C -ով:

Մեկ գրամ ջրի տեմպերատուրան մեկ աստիճանով բարձրացնելու համար, տարբեր տեմպերատուրաների դեպքում, անհրաժեշտ է տարբեր քանակությամբ ջերմություն: Այդ տարբերությունը չընչին է և յեթե վորոշենք այդ քանակը ամեն մի աստիճանի համար 0° -ից մինչ 100° և վերցնենք նրանց միջինը, ապա և կստացվի, այսպես կոչված, 15° -ոց կալորիա:

Ուրեմն, ավելի ճիշտ, փոքր կալորիա, կամ 15° -ոց կալորիա կոչվում է ջերմության այն քանակը, վորն անհրաժեշտ է հաղորդել մեկ գրամ ջրին, վորպեսզի նրա տեմպերատուրան $14^\circ,5 \text{C}$ -ից աճի մինչև $15^\circ,5 \text{C}$:

Հազար փոքր կալորիա կազմում է մեծ կալորիա կամ կիլո-գրամ-կալորիա:

Դիցուք ունենք մի մարմին, վորի զանգվածն է m գրամ և տեմպերատուրան t^0 . Ընդունենք, վոր մեր մարմնի տեմպերատուրան 1°C -ով բարձրացնելու համար, անհրաժեշտ է նրան հաղորդել Q կալորիա ջերմություն:

Ջերմության այն քանակը, վորը անհրաժեշտ է հաղորդել մարմնին, վորպեսզի նրա տեմպերատուրան բարձրանա 1°C -ով, կոչվում է ջերմունակություն: Տվյալ դեպքում մարմնի ջերմունակությունը Q կալորիա չէ:

Հաճախ անհրաժեշտ է լինում իմանալ, վոչ թե մարմնի, այլ «նյութի ջերմունակությունը» կամ տեսակարար ջերմունակությունը:

Նյութի կամ տեսակարար ջերմունակությունը չափվում է կալորիաների այն քանակով, վորն անհրաժեշտ է հաղորդել 1 գրամ նյութին, վորպեսզի նրա տեմպերատուրան աճի մեկ աստիճանով:

Նյութի ջերմունակությունը առհասարակ ֆունկցիա չէ տեմպերատուրից, և աճում է տեմպերատուրի աճման հետ միասին: Յեթե նյութի տեմպերատուրը չափազանց ցածր չէ, ապա նրա ջերմունակության կախումը տեմպերատուրից արտահայտվում է հետևյալ եմպիրիկ բանաձևով

$$1) \quad c = a_0 + a_1 t + a_2 t^2$$

Այստեղ a_0 , a_1 և a_2 գործակիցները տարբեր նյութերի համար տարբեր են: Նրանց արժեքները վորոշում են վորոշում:

Այն դեպքերում, յերբ տեսակարար ջերմունակությունը վորոշելու համար մեծ ճշտություն չի պահանջվում, տեսակարար ջերմունակությունը դիտում են վորպես հաստատուն:

Յեթե մարմնի զանգվածը m գրամ է, իսկ տեմպերատուրան $t_1^0 \text{C}$ և, յեթե Q կալորիա ջերմություն կլանելուց հետո, մարմնի տեմպերատուրն աճել է մինչև $t_2^0 \text{C}$, ապա, մարմնի ջերմունակությունը հավասար կլինի՝

$$2) \quad C = \frac{Q}{t_2 - t_1}$$

իսկ տեսակարար ջերմունակությունը կլինի

$$3) \quad c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

Տեսակարար ջերմունակությունը վորոշելու համար ոգտագործում են կալորիմետրը:

Կալորիմետրը ներկայացնում է թիթեղի զլանածև մի անոթ մոտավորապես 1 լիտր տարողությամբ: Այն մարմինը, վորի տեսակարար ջերմունակությունը ցանկանում են վորոշել, տաքացնում են մինչև մի վորոշ տեմպերատուր և տաք վիճակում տեղափոխում կալորիմետրի մեջ, վորը նախապես լցվում է վորոշ քանակությամբ ջրով:

Վորովհետև կալորիմետրի միջի ջրի տեմպերատուրն ավելի ցած է քան մարմինը, ապա մարմինը սկսում է արձակել ջերմության եներգիա: Արձակված ջերմության քանակի մասին զաղափար են կազմում հաշվելով այն ջերմության քանակը, վորն ասանում է կալորիմետրը, նկատի ունենալով, վոր մարմինից անջատված ջերմությունը կլանում է կալորիմետրը: Յեթե կալորիմետրը բաղկացած է տարբեր մասերից, վորոնց զանգվածներն են m_1, m_2, m_3 և այլն, իսկ այդ մասերի տեսակարար ջերմունակություններն են համապատասխանորեն c_1, c_2, c_3 և այլն, ապա կալորիմետրը տաքանալով $t_1^\circ \text{C}$ -ից մինչև $t^\circ \text{C}$ կլանում է Q կալորիա ջերմություն, վորը հավասար է՝

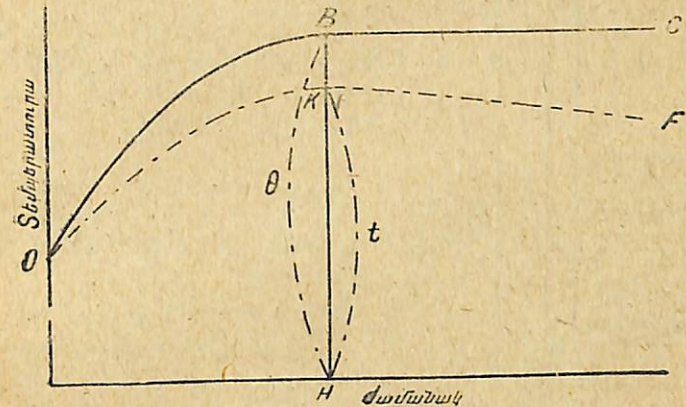
$$4) \quad Q = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \dots)(t - t_1)$$

Այդ ջերմության քանակը հավասար կլինեն այն ջերմության քանակին, վորն անջատվում է կալորիմետրի մեջ գցած տաք մարմնից, յերբ նա պաղում է $t_2^\circ \text{C}$ -ից մինչև $t^\circ \text{C}$ (յեթե փորձի ընթացքում կալորիմետրն այլ արտաքին մարմիններից ջերմություն չստանար և ջերմություն չհաղորդեր արտաքին մարմիններին):

Ուրեմն, վորպեսզի փորձի արդյունքները ճիշտ լինեն, անհրաժեշտ է կալորիմետրը մեկուսացնել արտաքին միջավայրից: Բայց, վորովհետև ստեղծել լրիվ տերմիկ մեկուսացում անհնար է, ապա ճիշտ արդյունք ստանալու համար փորձի տվյալների մեջ պետք է մտցնել ուղղում ջերմային կորուստների նկատմամբ:

Յեթե փորձի ընթացքում ջերմային կորուստներ չլինեյին, ապա կալորիմետրի տեմպերատուրի փոփոխությունը կարողանալովք OBC կորով, այսինքն, փորձի սկզբից վորոշ ժամանակ անց կալորիմետրի տեմպերատուրը կգտնու $\Theta = HB$ (նկ. 91) և այդ տեմպերատուրան այնուհետև կպահպանվի անփոփոխ: Իսկ յեթե կալորի

մետրի ջերմությունից հաղորդվում է շրջապատող միջավայրին, ապա տեմպերատուրի փոփոխության կորը կպակերանա ODKF պունկտիրային գծով, այսինքն, տեմպերատուրը սկզբից կաճի մինչև t մաքսիմում արժեքը, իսկ հետո կսկսի նվազել, և վորքան մեծ է կալորիմետրի և շրջապատող միջավայրի տեմպերատուրների տարբերությունը, այնքան արագ կկատարվի այդ նվազումը:



Նկ. 91

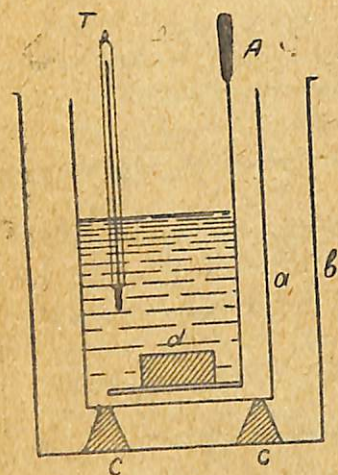
Դիտելով տեմպերատուրի անկման արագությունը՝ կարելի է հաշվել, թե վորքանով է ընկել տեմպերատուրը՝ կալորիմետրի տաքացման սկզբից մինչև այն մոմենտը, յերբ կալորիմետրի տեմպերատուրը հասել է մաքսիմում արժեքին, այսինք կարելի է հաշվել BK արժեքը: Նշանակելով BK-ն Δ -ով կստանանք վոր $t = \Theta + \Delta$:

Հաշվելով Δ -ի արժեքը (4) հավասարման հիման վրա կարելի է վորոշել Q ջերմության քանակը, իսկ իմանալով այդ քանակը, (3) հավասարման հիման վրա կարելի է վորոշել c -ի արժեքը:

Վորպեսզի, ուղղումը կորուստների նկատմամբ, ըստ հնարավորության, փոքր լինի, աշխատում են կալորիմետրն այնպես պատրաստել, վոր ջերմությունը ջերմահաղորդականությամբ, կոնվեկցիայի և ճառագայթման միջոցով, վորքան կարելի է, քիչ անցնի շրջապատող միջավայրին: Այդ նպատակով կալորիմետրի զլանը զստավորում են մի յերկրորդ, ավելի մեծ զլանի մեջ այնպես, վոր յերկու զլանների միջև մնա ողի մեկուսացնող մի շերտ և բացի այդ զլանների մակերևույթները հղկում և փայլեցնում են:

Փորձի և կառուցվածքը

Ջրային կալորիմետրը (նկ. 92) ամենապարզ դեպքում յերկու a և b արույրե գլանային անոթներ են, վորոնցից փոքրը (a) դրվում է մեծի (b) մեջ հենվելով Յ (c) խցանների վրա:



նկ. 92

Միջի ջրի տեմպերատուրը վորոշելու համար ոգտագործվում է T կալորիմետրիկ ջերմաչափը $0,1^\circ\text{C}$ կամ $0,2^\circ\text{C}$ ճշտությամբ, իսկ վորպեսզի ջրի բոլոր մասերն էլ միևնույն տեմպերատուրն ունենան, ոգտագործվում է A խառնիչը:

Նշանակենք՝

M -ով՝ կալորիմետրի միջի ջրի զանգվածը

m_1 ՝ a անոթի զանգվածը

c_1 ՝ կալորիմետրի տեսակարար ջերմունակությունը

m_2 ՝ խառնիչի զանգվածը

c_2 ՝ խառնիչի տեսակարար ջերմունակությունը

t_1 ՝ կալորիմետրի ջրի, a անոթի և խառնիչի տեմպերատուրը փորձից առաջ

m ՝ այն մարմնի զանգվածը, վորի տեսակարար ջերմունակությունը ցանկանում են վորոշել

t ՝ այդ մարմնի տեմպերատուրը՝ կալորիմետրի մեջ գցելու մոմենտին

c ՝ մարմնի տեսակարար ջերմունակությունը

T ՝ վերջնական տեմպերատուրը

Յեթե տաքացրած մարմինը գցենք կալորիմետրի ջրի մեջ, ապա նրա տեմպերատուրը կիջնի t^0 -ից մինչև T^0 և ուրեմն մարմինը կանջատի Q_1 կալորիա ջերմություն, վորը հավասար է

$$5) \quad Q_1 = mc(t - T)$$

Կալորիմետրի միջի ջուրը, a անոթը և խառնիչը կլանելով ջերմություն, փորձի ընթացքում տաքանում են t_1^0 -ից մինչև T^0 : Հետևաբար ջուրը կլանում է $q_1 = M(T - t_1)$ կալորիա ջերմություն, բաժակը՝ $q_2 = m_1 c_1 (T - t_1)$, և խառնիչը $q_3 = m_2 c_2 (T - t_1)$ կալորիա ջերմություն:

Մություն: Ուրեմն՝ ջուրը, բաժակը և խառնիչը միասին կլանել են՝

$$6) \quad Q_2 = (M + m_1 c_1 + m_2 c_2)(T - t_1)^1$$

Կալորիա ջերմություն:

Վորովհետև (5) և (6) հավասարումների ձախ մասերը միևնույն ջերմության քանակներն են (տաք մարմնից անջատված ջերմությունը կլանել է կալորիմետրը), ապա կարող ենք գրել

$$7) \quad mc(t - T) = (M + m_1 c_1 + m_2 c_2)(T - t)$$

Վորտեղից նյութի տեսակարար ջերմունակությունը համար կստանանք

$$8) \quad c = \frac{(M + m_1 c_1 + m_2 c_2)(T - t_1)}{m(t - T)}$$

Յեթե կալորիմետրը և խառնիչը միևնույն նյութից են ապա քաստված (8) հավասարման փոխարեն կունենանք

$$9) \quad c = \frac{[M + (m_1 + m_2) c_1](T - t_1)}{m(t - T)}$$

Փորձի կառուցվածք

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է՝ 1 կալորիմետր իր խառնիչով, 1 կալորիմետրիկ ջերմաչափ, 1 յեռարան (ցանցող), մարմիններ, վորոնց նյութի տեսակարար ջերմունակությունը պետք է վորոշել, 1 կշեռք $0,1$ ց. ճշտությամբ իր կշռաքարերի տուփով:

Լցնել յեռարանի մեջ այնքան ջուր, վոր նրա մակերևույթը յեռարանի մեջ զանվող ցանցից մոտ 1 cm. ցած լինի և միացնել յեռարանի խրանը ելեկտրական լուսավորության ցանցի խրանոցին: Այն դեպքում յերբ յեռարանը ելեկտրականությամբ տաքացնելու հնարավորություն չունի, յեռարանը տաքացնել այլ ձևով:

Կշռել $0,1$ ց. ճշտությամբ այն մարմինը, վորի տեսակարար ջերմունակությունը առաջարկված է վորոշել:

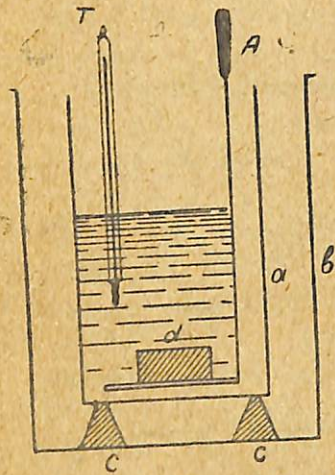
Ուշադրություն: Այստեղ և հետագայում ճշտությամբ հետևել կշռելու կանոններին:

Սպասել մինչև ջրի յեռալը և այդ ժամանակ մարմինը դնել յեռարանի ցանցի վրա: Մարմինը պետք է այնքան տաքանա, վոր նրա տեմպերատուրը հավասարվի յեռացող ջրի զոլորշիների տեմպերատուրին:

1) Մարմնի զանգվածի և տեսակարար ջերմունակության արտադրյալը կոչվում է ջրային համարժեք, վորովհետև այդ մեծությունը հավասար է ջրի այն քանակին, վորը կունենա նույն ջերմունակությունը, ինչ ջերմունակություն ունի մարմինը: $m_1 c_1$ և $m_2 c_2$ a անոթի և խառնիչի ջրային համարժեքներն են:

Գործիքի նկարագրություն

Ջրային կալորիմետրը (նկ. 92) ամենապարզ դեպքում յերկու a և b արույրե գլանային անոթներ են, վորոնցից փոքրը (a) դրվում է մեծի (b) մեջ հենվելով Յ (c) խցանների վրա:



նկ. 92

Միջի ջրի տեմպերատուրը վորոշելու համար ոգտագործվում է T կալորիմետրիկ ջերմաչափը $0,1^\circ\text{C}$ կամ $0,2^\circ\text{C}$ ճշտությամբ, իսկ վորպեսզի ջրի բոլոր մասերն էլ միեկնույն տեմպերատուրն ունենան, ոգտագործվում է A խառնիչը:

Նշանակենք՝

M -ով՝ կալորիմետրի միջի ջրի զանգվածը

m_1 ՝ a անոթի զանգվածը

c_1 ՝ կալորիմետրի տեսակարար ջերմունակությունը

m_2 ՝ խառնիչի զանգվածը

c_2 ՝ խառնիչի տեսակարար ջերմունակությունը

t_1 ՝ կալորիմետրի ջրի, a անոթի և խառնիչի տեմպերատուրը փորձից առաջ

m ՝ այն մարմնի զանգվածը, վորի տեսակարար ջերմունակությունը ցանկանում են վորոշել

t ՝ այդ մարմնի տեմպերատուրը՝ կալորիմետրի մեջ գցելու մոմենտին

c ՝ մարմնի տեսակարար ջերմունակությունը

T ՝ վերջնական տեմպերատուրը

Յեթե տաքացրած մարմինը գցենք կալորիմետրի ջրի մեջ, ապա նրա տեմպերատուրը կիջնի t_0 -ից մինչև T^0 և ուրեմն մարմինը կանջատի Q_1 կալորիա ջերմություն, վորը հավասար է

$$5) \quad Q_1 = mc(t - T)$$

Կալորիմետրի միջի ջուրը, a անոթը և խառնիչը կլանելով ջերմություն, փորձի ընթացքում տաքանում են t_1 -ից մինչև T^0 , Հետևաբար ջուրը կլանում է $q_1 = M(T - t_1)$ կալորիա ջերմություն, բաժակը՝ $q_2 = m_1 c_1 (T - t_1)$, և խառնիչը $q_3 = m_2 c_2 (T - t_1)$ կալորիա ջերմություն:

ժուլություն: Ուրեմն՝ ջուրը, բաժակը և խառնիչը միասին կլանել են՝

$$6) \quad Q_2 = (M + m_1 c_1 + m_2 c_2)(T - t_1) \quad 1)$$

Կալորիա ջերմություն:

Վորովհետև (5) և (6) հավասարումների ձախ մասերը միեկնույն ջերմության քանակներն են (տաք մարմնից անջատված ջերմությունը կլանել է կալորիմետրը), ապա կարող ենք գրել

$$7) \quad mc(t - T) = (M + m_1 c_1 + m_2 c_2)(T - t)$$

Վորտեղից նյութի տեսակարար ջերմունակության համար կստանանք

$$8) \quad c = \frac{(M + m_1 c_1 + m_2 c_2)(T - t_1)}{m(t - T)}$$

Յեթե կալորիմետրը և խառնիչը միեկնույն նյութից են պատրաստված (8) հավասարման փոխարեն կունենանք

$$9) \quad c = \frac{[M + (m_1 + m_2) c_1](T - t_1)}{m(t - T)}$$

Փորձի կատարումը

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է՝ 1 կալորիմետր իր խառնիչով, 1 կալորիմետրիկ ջերմաչափ, 1 յեռարան (ցանցով), մարմիններ, վորոնց նյութի տեսակարար ջերմունակությունը պետք է վորոշել, 1 կշեռք $0,1$ ց. ճշտությամբ իր կշռաքարերի տուփով:

Լցնել յեռարանի մեջ այնքան ջուր, վոր նրա մակերևույթը յեռարանի մեջ գտնվող ցանցից մոտ 1 cm. ցած լինի և միացնել յեռաքանի խրանը ելեկտրական լուսավորության ցանցի խրանոցին: Այն դեպքում յերբ յեռարանը ելեկտրականությամբ տաքացնելու հնարավորութուն չունի, յեռարանը տաքացնել այլ ձևով:

Կշռել $0,1$ ց. ճշտությամբ այն մարմինը, վորի տեսակարար ջերմունակությունը առաջարկված է վորոշել:

Ուշադրություն: Այստեղ և հետագայում ճշտությամբ հետևել կշռելու կանոններին:

Սպասել մինչև ջրի յեռալը և այդ ժամանակ մարմինը դնել յեռարանի ցանցի վրա: Մարմինը պետք է այնքան տաքանա, վոր նրա տեմպերատուրը հավասարվի յեռացող ջրի գոլորշիների տեմպերատուրին:

1) Մարմնի զանգվածի և տեսակարար ջերմունակության արտադրյալը կոչվում է ջրային համարժեք, վորովհետև այդ մեծությունը հավասար է ջրի այն քանակին, վորը կունենա նույն ջերմունակությունը, ինչ ջերմունակություն ունի մարմինը: $m_1 c_1$ և $m_2 c_2$ a անոթի և խառնիչի ջրային համարժեքներն են:

պերատուրին. դրա համար մարմինը պետք է պահել յեռացող ջրի գոլորշիների մեջ 20-ից 30 րոպե:

Յեթե կալորիմետրը և խառնիչը նույն նյութից են պատրաստած, կշռել կալորիմետրի և անոթը (բաժակը) խառնիչի հետ միասին 0,1 ց. ճշտությամբ. հակառակ դեպքում կշռել առանձին-առանձին նույն 0,1 ց. ճշտությամբ:

Լցնել կալորիմետրի մեջ այնքան ջուր, վոր նրա մակարդակը կալորիմետրի կեսից բարձր լինի, բայց վոչ ավել, քան $\frac{3}{4}$ -ը: Վորո- շել ջրի տեմպերատուրը $0,1^\circ\text{C}$ ճշտությամբ և յեթե նա սենյակի տեմպերատուրայից շատ է ցածր, տաքացնել ջուրը այնպես, վոր նրա տեմպերատուրայից շատ է ցածր, տաքացնել ջուրը այնպես, վոր նրա տեմպերատուրը սենյակի տեմպերատուրից մոտ 2° ցած լինի: Դրա համար պահելով և բաժակը լեռարանի ծածկոցի տակից դուրս յեկող գոլորշիների ճանապարհին, հետևել ջերմաչափին, միաժամանակ պետք է անընդհատ շարժել խառնիչը: Խառնիչի շարժումը պետք է լինի հանդարտ և ուղղաձիգ ուղղությամբ՝ վերև-ներքև: Յերբ կստացվի պահանջված տեմպերատուրը, դադարեցնել տաքացումը և խսկոյն գետեղել կալորիմետրի և բաժակը արտաքին գլանի մեջ:

Վորոշել մթնոլորտի ճնշումը բարոմետրի միջոցով և աղյուսակի (գրքի վերջում) միջոցով վորոշել այդ ճնշման տակ յեռացող ջրի գոլորշիների տեմպերատուրը (t):

Յերբ մարմնի տաքացման սկզբից անցնի 20—30 րոպե, մի քանի անգամ խառնելով կալորիմետրի միջի ջուրը, վորոշել նրա t_1 տեմպերատուրը ($0,1^\circ\text{C}$ ճշտությամբ) և ապա, մոտեցնելով կալորիմետրը յեռարանին, բանալ յեռարանը, մարմինը արագորեն տեղափոխել կալորիմետր՝ խառնիչի ցանցի վրա, և ապա հեռացնել յեռարանը կալորիմետրից:

Պահելով մարմինը խառնիչի ցանցի վրա խառնել ջուրը ինչպես ասված է վերևում հետևելով, վոր այդ գործողութայն ընթացքում մարմինը մնա միշտ լրիվ ընկղմած ջրի մեջ և ուշադրությամբ դիտել ջերմաչափի ցուցմունքները:

Ջրի տեմպերատուրը սկզբում կաճի արագ, հետո դանդաղ և վերջապես աճումը կանգ կառնի: Այսուհետև տեմպերատուրը կսկսի իջնել: Անհրաժեշտ է վորոշել տեմպերատուրի մաքսիմում (T) արժեքը:

Յերբ T տեմպերատուրը վորոշված է և նրա արժեքը գրել առնված, մարմինը հանել կալորիմետրից, կալորիմետրի ջուրը թափել:

Հաշիվները կատարել (8) կամ (9) հավասարումների հիման վրա տեղադրելով նրանց մեջ փորձի տվյալները, ինչ վերաբերում է կա-

լորիմետրի c_1 և խառնիչի c_2 տեսակարար ջերմունակություններին, ապա այդ տվյալները պետք է նախորոք հայտնի լինեն¹⁾: Նյութի ջերմունակությունը վորոշել յերեք անգամ և հաշվել միջին արժեքը: Վորպեսզի փորձը չձգձգվի հարմար է նախորդ փորձի հաշիվները կատարել այն ժամանակ, յերբ մարմինը յեռարանի մեջ տաքանում է:

Ուղղում ճառագայթման նկատմամբ:

Յեթե ջրի տեմպերատուրը (տաք մարմինը նրա մեջ ընկղմելուց անմիջապես առաջ) նույնքան աստիճանով ցած է սենյակի տեմպերատուրից, վորքան աստիճանով բարձր է փորձի վերջում, ապա փորձի առաջին կեսում (մինչև ջրի և սենյակի տեմպերատուրների հավասարվելը) արտաքին միջավայրից կալորիմետրի ներսը նույնքան ջերմություն կանցնի, վորքան ջերմություն կհաղորդվի կալորիմետրից արտաքին միջավայրին՝ փորձի յերկրորդ կեսում: Հետևաբար, այդ պայմաններում, յեթե չի պահանջվում շատ մեծ ճշտություն, ջերմային կորուստները կարելի է արհամարհել:

Այն դեպքերում, յերբ պահանջվում է մեծ ճշտություն, ջերմային կորուստները պետք է հաշվի առնել և մտցնել համապատասխան ուղղումը:

Յուրաքանչյուր մարմին, վորի տեմպերատուրը բարձր է շրջապատող միջավայրի տեմպերատուրից, ճառագայթման միջոցով անընդհատ ջերմությունը կորցնում է:

Այն ժամանակի ընթացքում, յերբ մարմինը գտնվելով կալորիմետրի մեջ ջերմություն է հաղորդում ջրին, ջրի և կալորիմետրի մակերևույթից ջերմային եներգիան դուրս է գալիս ճառագայթներ միջոցով: Այդ պատճառով կալորիմետրի վերջնական տեմպերատուրը ստացվում է ավելի ցած, քան պետք է լինի:

Համաձայն Նյուտոնի որոնքի, ճառագայթման միջոցով տեղի ունեցած ջերմային կորուստը արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով՝

$$10) \quad Q = K(t - t_1)S\tau$$

Այստեղ t և t_1 կալորիմետրի և շրջապատող միջավայրի տեմպերատուրներն են, S մարմնի մակերևույթն է, τ այն ժամանակն է, վորի ընթացքում ճառագայթումը կատարվել է, իսկ K արտաքին է, վորի ընթացքում ճառագայթումը կատարվել է, այսինքն նա ցույց է տալիս, ջերմահաղորդականության գործակիցը, այսինքն նա ցույց է տալիս, թե վորքան կալորիա յե հաղորդվում արտաքին միջավայրին ամեն

1) Սովորաբար նրանք պատրաստած են լինում արույրից, վորի տեսակարար ջերմունակությունն է $0,094 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}}$

մի վայրկյանում մարմնի մակերևույթի յուրաքանչյուր քառակուսի սանտիմետրից, չեթե մարմնի և արտաքին միջավայրի տեմպերատուրաների տարբերությունը լինի 1°C :

(10) հավասարումը կարելի յե ձևափոխել այսպես՝

$$11) \quad \delta T = K(t - t_1) \tau$$

Այստեղ δT մարմնի տեմպերատուրի անկումն է արտաքին միջավայրն ջերմություն հաղորդելու հետևանքով: Այդ անկումը ուղիղ համեմատական է տաք մարմնի և շրջապատող միջավայրի տեմպերատուրաների տարբերությանը և այն ժամանակին, վորի ընթացքում անկումը տեղի յե ունեցել:

Անկումը վորոշելու համար պետք է իմանալ K համեմատականության գործակցի սեծությունը: Այդ սեծության վորոշելու ձևը ցույց տանք որինակով:

Դիցուք վորձի վերջնական տեմպերատուրը $T = 21^{\circ}\text{C}$, իսկ սենյակի տեմպերատուրն յեղել է $17^{\circ},4\text{C}$: Աշխատեցնելով վայրկյանաչափը կամ ոգտագործելով սովորական, վայրկյանային սլաք ունեցող, ժամացույցը, կարելի յե գրի առնել կալորիմետրի ջրի անկումը ժամանակի ընթացքում:

Դիցուք, վայրկյանաչափը աշխատեցնելու մոմենտից 5 րոպե անց, ջուրը սառեց մինչև $20^{\circ},4\text{C}$, 5 րոպե հետո՝ մինչև $19^{\circ},9\text{C}$ և վերջապես նորից 5 րոպե հետո՝ մինչև $17^{\circ},4\text{C}$:

Առաջին 5 րոպեյի ընթացքում միջին տեմպերատուրն յեղել է՝

$$\frac{21 + 20,4}{2} = 20^{\circ},7\text{C}$$

Այդ միջին տեմպերատուրի և շրջապատող միջավայրի տեմպերատուրաների տարբերությունը յեղել է՝

$$20^{\circ},7 - 17^{\circ},4 = 3^{\circ},3\text{C}$$

Տեմպերատուրի անկումը առաջին 5 րոպեի ընթացքում յեղել է՝

$$21 - 20,4 = 0^{\circ},6\text{C}$$

Տեղագրելով այս արժեքները (11) հավասարման մեջ կստանանք՝

$$0,6 = K_1 \cdot 3,3 \cdot 5$$

վորտեղից՝

$$K_1 = \frac{0,6}{3,3 \cdot 5} = 0,036$$

Նույն ձևով հաշվում ենք K_2 արժեքը յերկրորդ 5 րոպեյի նկատմամբ: Այդ ժամանակի ընթացքում միջին տեմպերատուրը հավասար է՝

$$\frac{20^{\circ},4 + 19^{\circ},9}{2} = 20^{\circ},15\text{C}$$

Տեմպերատուրի անկումը այդ ժամանակի ընթացքում յեղել է

$$20^{\circ},4 - 19^{\circ},9 = 0^{\circ},5$$

իսկ ջրի և շրջապատող միջավայրի տեմպերատուրաների տարբերությունը հավասար է

$$20^{\circ},15 - 17^{\circ},4 = 2^{\circ},75$$

(11) բանաձևի մեջ տեղադրելով արժեքները ստանում ենք՝

$$0,5 = K_2 \cdot 2,75 \cdot 5$$

վորտեղից

$$K_2 = \frac{0,5}{2,75 \cdot 5} = 0^{\circ},036$$

Ճիշտ նույն ձևով վերջին 5 րոպեյի նկատմամբ ստանում ենք՝

$$0,4 = K_3 (19,7 - 17,4) \cdot 5$$

վորտեղից

$$K_3 = \frac{0,4}{2,3 \cdot 5} = 0,035$$

K -ի արժեքը կլինի

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,036 + 0,036 + 0,035}{3}$$

$$K \approx 0,0357$$

Տեթե ճառագայթման վերաբերյալ ուղղումը պետք է կատարվի, ապա հարմար է հետևյալ յեղանակը: Կալորիմետրի ջրի սկզբնական տեմպերատուրը հավասարեցնել սենյակի տեմպերատուրին:

Այն մոմենտում, յերբ տաք մարմինը գցում են կալորիմետրի մեջ, աշխատեցնել վայրկյանաչափը և յուրաքանչյուր րոպեյի վերջում գրել տեմպերատուրը:

Դիցուք, ստացվում են հետևյալ արժեքները՝

ջրի տեմպերատուրը	փորձի սկզբում	$17^{\circ},4$
»	1 րոպեի վերջում	$18^{\circ},4$

ջրի տեմպերատուրը	2	րոպեի վերջում	19°,3
»	3	րոպեի վերջում	20°,2
»	4	րոպեի վերջում	21° (վերջնական)
»	9	րոպեի վերջում	20°,4
»	14	րոպեի վերջում	19°,9
»	19	րոպեի վերջում	17°,4

վերջի 4 տվյալների հիման վրա վորոշելով K -ի արժեքը և ապա, իմանալով այդ մեծությունը, (11) հավասարման հիման վրա կվորոշենք տեմպերատուրի անկումը փորձի առաջին վայրկյանի ընթացքում: Նշանակելով այդ անկումը δT_1 կստանանք

$$\delta T_1 = 0,0357 \left(\frac{17,4 + 18,4}{2} - 17,4 \right) \cdot 1$$

կամ

$$\delta T_1 \approx 0,018^\circ C_2$$

Այստեղ $\frac{17,4 + 18,4}{2}$ կալորիմետրի միջին տեմպերատուրն է

առաջին րոպեի ընթացքում:

Նույն ձևով լերկրորդ րոպեի ընթացքում տեղի ունեցած տեմպերատուրի անկման համար կստանանք՝

$$\delta T_2 = 0,0357 \left(\frac{18,4 + 19,3}{2} - 17,4 \right) \cdot 1 \approx 0,052$$

և հաջորդ րոպեների համար կստանանք

$$\delta T_3 = 0,0357 \left(\frac{19,3 + 20,2}{2} - 17,4 \right) \cdot 1 \approx 0,084$$

և

$$\delta T_4 = 0,0357 \left(\frac{20,2 + 21}{2} - 17,4 \right) \cdot 1 \approx 0,114$$

Հետևաբար տեմպերատուրի անկումը, վորը տեղի յն ունեցել տաք մարմինը ջրի մեջ ընկղմելուց հետո, մինչև վերջնական տեմպերատուրի սաացվելը, կլինի՝

$$\delta T = \delta T_1 + \delta T_2 + \delta T_3 + \delta T_4$$

կամ

$$\delta T = 0,018 + 0,052 + 0,084 + 0,114 = 0,268^\circ C$$

Վերջնական հաշիվը կատարելու համար (8) կամ (9) հավասարման մեջ T -ի փոխարեն պետք է գրել $T + \delta T$:

Յեթե փորձի ընթացքում կալորիմետրի ջրի տեմպերատուրը

շարունակ ցած է մնացել շրջապատի միջավայրի տեմպերատուրից, ապա փորձի ընթացքում կալորիմետրը վոչ թե կորցնում, այլ ջերմություն է ստանում շրջապատից: Այդ դեպքում δT ուղղումը պետք է մտցնել հակառակ նշանով:

Սխալի հաշիվներ

Հարաբերական սխալը $\frac{\Delta x}{x}$ վորոշվում է վորպես կոտորակի սխալը, այսինքն, նա հավասար է համարիչի սխալին գումարած հայտարարի սխալը. իսկ վորովհետև, թե համարիչը և թե հայտարարը արտադրյալներ են, ապա հարաբերական սխալը վորոշվում է վորպես այդ արտադրիչների հարաբերական սխալների գումար: Ուրեմն (9) հավասարումից կունենանք՝

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta M + c_1 \Delta (m_1 + m_2)}{M + c (m_1 + m_2)} + \frac{\Delta T + \Delta t_1}{T - t_1} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta t + \Delta T}{t - T}$$

Δt_1 և ΔT սխալները հաշվելիս հենվում են ջերմաչափի սկալայի ճշտության վրա: Յեռման կետի Δt սխալը կախում կունենա մթնոլորտի ճնշման վորոշելու սխալից, Յեթե H մթնոլորտի ճնշումը վորոշելիս սխալը յեղել է ΔH , ապա պետք է աղյուսակի հիման վրա պարզել, թե ինչքանով կփոխվեր յեռման կետը յեթե մթնոլորտի ճնշումը փոխվեր ΔH -ով: Այդ յեռման կետի փոփոխությունը կլինի Δt -ն:

Աւթաստեղ № 25

27. Որի $\frac{C_p}{C_v}$ ԶԵՐՄՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՐԱՅԵՐՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԿԼԵՄԱՆ ՅԵՎ ԴԵԶՈՐՄԻ ՅԵՂԱՆԱԿՈՎ

ՏԵՍԱԿԱՆ ՄԱՍ

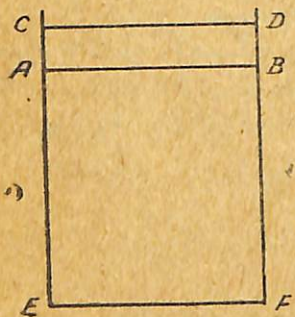
Գազի (ինչպես և այլ մարմինների) տեսակարար ջերմունակություն կոչվում է ջերմության այն քանակը, վորը տաքացնում է տվյալ գազի 1 g մասսան $1^\circ C$: Գազը տաքացնելիս յերկու տարբեր դեպք կարող է տեղի ունենալ. 1. տաքացող գազը պարփակված է անփոփոխ v ծավալում. այս դեպքում գազի ծավալը կմնա անփոփոխ, իսկ p ճնշումը կփոխվի. գազի տեսակարար ջերմունակությունը այս պայմաններում նշակվում են C_v սիմվոլով. 2. գազի p ճնշումը տաքացման ընթացքում մնում է անփոփոխ, բայց փոխ-

վում է նրա v ծավալը. այս դեպքի համար գազի տեսակարար ջերմունակությունը նշանակում են C_p -ով: Բոլոր գազերի համար $C_p > C_v$ -ից, քանի վոր անփոփոխ ճնշման տակ, ընդարձակվող գազը կատարում է աշխատանք p արտաքին ճնշման հանդեպ, հետևաբար այս դեպքում գազին պիտի հաղորդել C_v -ի չափ ջերմություն նրա 1 ց-ը 1° տաքացնելու համար և վորոշ հավելյալ քանակությամբ աշխատանք կատարելու համար. Թերերա Մայերը ցույց տվեց, վոր C_p և C_v կապված են հետևյալ հավասարումով՝

$$C_p - C_v = \frac{R}{I}, \quad (1)$$

վորտեղ R գազային հաստատունն է, իսկ I ջերմության մեխանիկական համարժեքը:

(1) հավասարումը ստանալու համար պատկերացնենք մի գլանային անոթ (նկ. 93), վորի մեջ գտնվում է գազ. գլանը վերից փակված է շարժական AB մխոցով, վորն առանց շփման կարող է շարժվել գլանի մեջ. մխոցի մակերեսը S է:



Նկ. 93

Դիցուք գլանի $ABFE$ մասում գտնվում է 1 միավոր մասսա ունեցող գազ, վորի ծավալն է v , տեմպերատուրը՝ T և արտաքին ճնշումը p : Թողնելով ճնշումը անփոփոխ տաքացնենք գազը T° -ից մինչև $T + 1^\circ$, այսինքն 1° -ով: Գազը կընդարձակվի և մխոցը AB դիրքից կտեղափոխվի CD դիրքը անցնելով $AC = \Delta h$ ճանապարհ: Գազն ընդարձակվելիս հաղթահարում է pS ուժը ու հետևաբար կատարում է $\Delta A = pS\Delta h$ աշխատանքը. կամ, ի նկատի ունենալով, վոր $S\Delta h = \Delta v$ ծավալի աճմանը, ունենք՝ $\Delta A = p\Delta v$: Դրենք վիճակի հավասարումը գազի մինչև տաքացնելը և տաքացնելուց հետո՝

$$vp = RT$$

$v_1p = R(T + 1)$, վորտեղ v_1 -ը գազի ծավալն է $(T + 1)^\circ$ -ում: Հանելով յերկրորդ հավասարումից առաջինը, ստանում ենք՝

$$p(v_1 - v) = R \quad \text{կամ} \quad p\Delta v = R$$

Ինչպես վերևում տեսանք $p\Delta v$ -ն ներկայացնում է գազի ընդարձակման ժամանակ կատարած ΔA աշխատանքը: Այսպիսով մենք տեսնում ենք, վոր գազային R հաստատունը թվային արժեքով հա-

վասար է այն աշխատանքին, վոր կատարում է հաստատուն ճնշման տակ ընդարձակվող գազը 1° տաքանալիս:

Ինչպես ասացինք 1 միավոր մասսա ունեցող գազը հաստատուն ճնշման տակ 1° տաքացնելիս, նրան պետք է հաղորդել C_v ջերմություն և վորոշ ΔQ ջերմության աշխատանք կատարելու համար՝

$$C_p = C_v + \Delta Q$$

ΔQ ջերմության համապատասխանող աշխատանքն է $p\Delta v$ կամ R , հետևաբար $\Delta Q = \frac{R}{I}$ և $C_p = C_v + \frac{R}{I}$ վորտեղից և ստացվում է (1) հավասարումը:

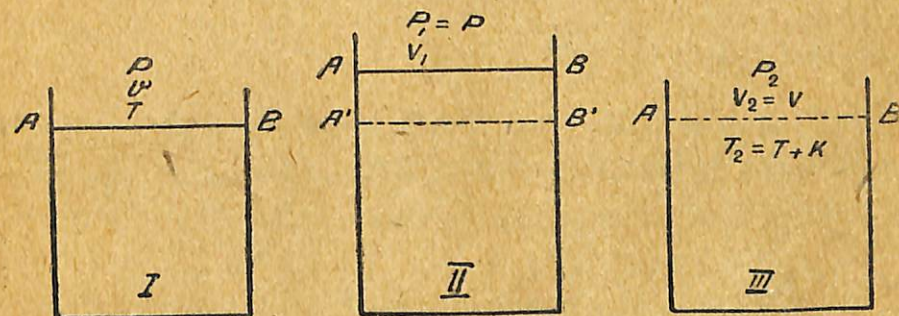
Դիցուք մարմիններից բաղկացած մի սիստեմ շրջապատված է բոլոր կողմերից ջերմության բացարձակ անհաղորդիչ թաղանթով: Այն ժամանակ սիստեմի ներսում ինչ պրոցես էլ վոր տեղի ունենա, ջերմություն չի կարող անցնել վոչ դրսից ներս և վոչ էլ ներսից դեպի դուրս: Այսպիսի պրոցեսներ, վորի ժամանակ սիստեմը ջերմության փոխանակում չի կատարում շրջապատի հետ կոչվում են ադիաբատ պրոցեսներ:

Ադիաբատ պրոցեսների համար գազի ծավալի և ճնշման կախումը արվում է Պուասսոնի հավասարման միջոցով՝

$$pv^k = p_1v_1^k = p_2v_2^k = \dots = \text{Constant} \quad (2)$$

այստեղ $k = \frac{C_p}{C_v} - 1$

Այժմ բերենք (2) հավասարման տարրական արտածումը՝¹⁾



Նկ. 94

Դիցուք I անոթում գտնվում է մեկ միավոր մասսա ունեցող գազ (նկ. 94), վորի ծավալն է v , տեմպերատուրը՝ T : AB -ն շարժական մխոց է, վորի վրա ներսից ազդում է գազի p ճնշումը. վեր-

1) Այս արտածումը տվել է պրոֆ. Ն. Նավակասիկյանը:

Չինը հավասարակշռվում է p արտաքին ճնշումով: Այժմ, թողնելով p ճնշումը անփոփոխ հաղորդենք գազին այնքան ջերմություն, վոր նրա տեմպերատուրը բարձրանա 1° -ով և դառնա $T_1 = (T + 1)^\circ$. ծավալը կմեծանա և կդառնա v_1 : Այնուհետև շրջապատենք անոթը բութ լոր կողմերից ջերմության համար անհաղորդիչ մի մարմնով և մեծացնենք p ճնշումը մինչև վոր վերականգնի գազի սկզբնական v ծավալը, դրա հետևանքով գազը կտաքանա և տեմպերատուրը (T_2) հավասար կլինի $T + k$, վորտեղ $k > 1$. Իսկ նոր ճնշումը p_2 մեծ կլինի p -ից:

Հասկանալի է, վոր վերջին պրոցեսը ադիաբատ է:

Ապացուցենք, վոր k -ն հավասար է $\frac{C_p}{C_v}$:

Իրոք, յեթե՝ I-ին վիճակից II-ը ստանալու համար գազին հաղորդած ջերմության քանակը նշանակենք Q , ապա պարզ է, վոր III վիճակը I-ից ստանալու համար ել պիտի ծախսվեր նույն Q քանակը: Քանի վոր II դեպքում գազի քանակը մի միավոր է, տաքացման տեմպերատուրը 1° և ճնշումը մնացել է անփոփոխ, այսինքն տեսակարար ջերմունակությունը C_p , ապա

$$Q = 1 \cdot C_p \cdot 1 = C_p,$$

իսկ III դեպքում, գազը տաքանում է k աստիճան (համեմատած I-ի հետ) պահպանելով ծավալն անփոփոխ (այսինքն տեսակարար ջերմունակությունը այժմ C_v է) և գազի մասսան նույնն է, ապա

$$Q = 1 \cdot C_v \cdot k$$

վորտեղից $C_v \cdot k = C_p$ կամ $k = \frac{C_p}{C_v}$

(2) բանաձևի արտածման համար հիշած յերեք վիճակների համար ել գրենք կլապեյրոնի հավասարումը

$$pv = RT$$

$$p_1 v_1 = R(T + 1)$$

$$p_2 v_2 = R(T + k)$$

բաժանելով յերկրորդ և յերրորդ հավասարումները տաճին-առանձին առաջին հավասարման վրա, կստանանք՝

$$\frac{p_1 v_1}{p v} = \frac{T + 1}{T}; \quad \frac{p_2 v_2}{p v} = \frac{T + k}{T}$$

կամ ի նկատի ունենալով, վոր $p_1 = p$ և $v_2 = v$, կրճատելուց հետո ունենք

$$\frac{v_1}{v} = 1 + \frac{1}{T}; \quad \frac{p_2}{p} = 1 + \frac{k}{T}.$$

բարձրացնելով առաջին հավասարման յերկու մասը k -րդ աստիճան՝

$$\left(\frac{v_1}{v}\right)^k = \left(1 + \frac{1}{T}\right)^k = 1 + \frac{k}{T} + \frac{k(k-1)}{1 \cdot 2} \cdot \frac{1}{T^2} + \dots$$

և սահմանափակվելով շարքի առաջին յերկու անդամներով (քանի վոր T -ն սովորաբար մեծ թիվ է, ապա նրա յերրորդ անդամից սկսած փոքր մեծություններ են) կեսանանք՝

$$\left(\frac{v_1}{v}\right)^k = 1 + \frac{k}{T}.$$

Ստացած այս հավասարման բաղդատումը $\frac{p_2}{p} = 1 + \frac{k}{T}$ հավասարման հետ, կտա մեզ՝

$$\left(\frac{v_1}{v}\right)^k = \frac{p_2}{p},$$

կամ քանի վոր $v = v_2$ և $p = p_1$ ապա

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^k = \frac{p_2}{p_1}$$

այստեղից

$$v_1^k p_1 = v_2^k p_2$$

և հետևաբար $v^k p = \text{constant}$ (2) (Պուասսոնի հավասարում):

Այսպիսով, ադիաբատ ընդարձակման ժամանակ գազի ծավալի k -րդ աստիճանի և ճնշման արտադրյալը հաստատուն մեծություն է:

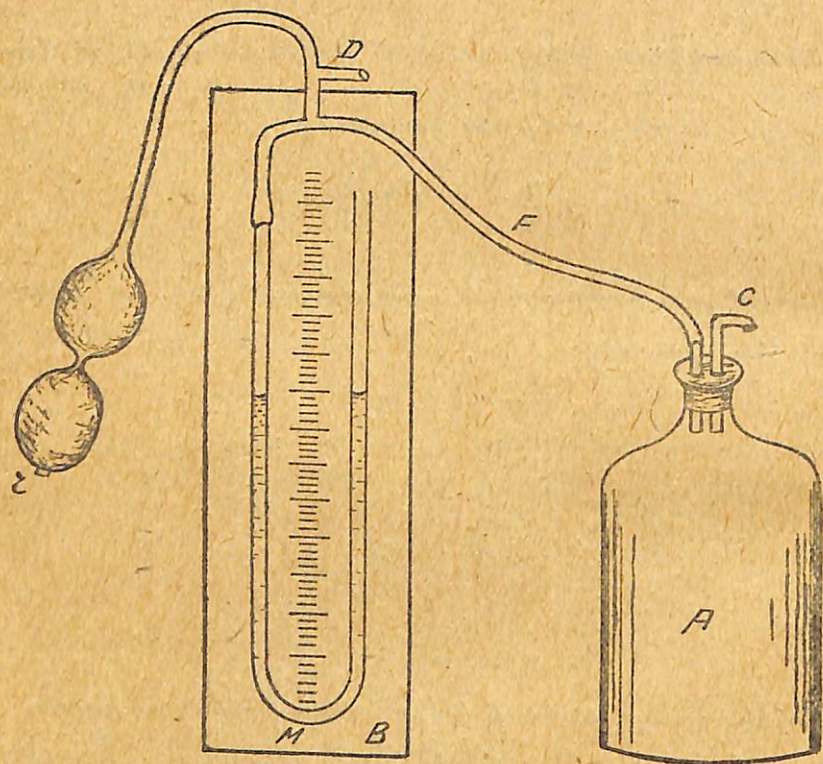
Փորձի կատարումը

Անհրաժեշտ պարագաներ. Կլեման և Դեզորմի գործիքը: Այն գործիքը, վորի միջոցով Կլեման և Դեզորմի յեղանակով վորոշում են $\frac{C_p}{C_v} = k$, ներկայացնում է ապակյա մի մեծ շիշ A (նկ. 95), վորը փակված է խցանով. վերջինն ունի յերկու անցք, վորից մեկը միանում է C ծորակի միջոցով արտաքին ոդին, իսկ մյուսը՝

Բ խողովակի միջոցով M ջրային մանոմետրին: Բացելով D ծորակը և փակելով C-ն, E փուքսի միջոցով A անոթի մեջ կարելի չե մզել ող և M մանոմետրով չափել հավելյալ ճնշումը A անոթում:

Փորձը կատարում են այսպես.

Փակում են C ծորակը և բացելով D-ն E ռետինե բալոնի միջոցով A անոթի մեջ մղում են ող. յերբ մանոմետրում ջրի սյունը դառնում է հավասար 15—25 սմ-ի, փակում են D ծորակը: Ողը մզե-



Նկ. 95. Կլեման յեյ Դեգոմի գործիք

լու հետևանքով A անոթում ողը տաքանում է. վերոջ ժամանակ սպասելուց հետո, յերբ A անոթի ողի տեմպերատուրը հավասարվում է շրջապատի t_1^0 տեմպերատուրին, հաշվում են մանոմետրում ջրի սյունների բարձրությունների տարբերությունը՝ h և զրի առնում այն Սյուսհետև արագ բաց են անում լրիվ կերպով C ծորակը և իսկույն փակում, հավասարեցնելով անոթի ողի ճնշումը արտաքին H_0 ճնշման հետ: Այդ ժամանակ սեղմված ողը արագությամբ դուրս է գալիս (զազը ընդարձակվում է) C ծորակից, վորի հետևանքով զազի տեմպերա-

տուրը անոթում իջնում է մինչև t_2^0 : Ընդարձակման այս պրոցեսը պիտի համարել ադիաբատ:

Ինչ հետո ողի տեմպերատուրը անոթում բարձրանում է և հավասարվում շրջապատի տեմպերատուրին. ըստ վորում ճնշումը կբարձրանա և մանոմետրը ցույց կտա h_2 սյունների տարբերություն:

Նշանակենք ողի մասսայի այն ծավալը, վորը գտնվել է A անոթում C ծորակը արագ բացելուց և փակելուց հետո՝ v_2 -ով: C ծորակի մինչև բանալը նույն մասսայով ողը անոթում բռնում եր ավելի փոքր՝ v_1 ծավալ:

Հաղմենք հետևյալ աղյուսակը ողի յերեք վիճակի համար.

№№	Պայմանները	Ողի ծավալը	Ճնշումը	Ջերմաստիճանը
1	Մինչև C ծորակի բանալը	v_1	$H_0 + h_1$	t_1^0
2	C ծորակը բանալու մոմենտին	v_2	H_0	t_2^0
3	C ծորակը փակելուց հետո, յերբ ողի տեմպերատուրը հավասարվում է շրջապատի տեմպերատուրին	v_2	$H_0 + h_2$	t_1^0

Առաջի վիճակից յերկրորդ վիճակի անցնելը կատարվում է ադիաբատ կերպով, հետևաբար (2) հավասարման հիման վրա՝

$$v_1^k (H_0 + h_1) = v_2^k H_0$$

Առաջի և յերկրորդ վիճակներում զազի տեմպերատուրը նույնն է, ուստի կիրառելով Բոյլ-Մարիոտի որենքը այս դեպքի համար ունենք՝

$$v_1 (H_0 + h_1) = v_2 (H_0 + h_2)$$

բարձրացնելով այս հավասարումը k -րդ աստիճան և բաժանելով հախորդի վրա կստանանք՝

$$\frac{(H_0 + h_1)^k}{H_0 + h_1} = \frac{(H_0 + h_2)^k}{H_0},$$

լոգարիթմենք ստացած հավասարման յերկու մասը

$$k \lg (H_0 + h_1) - \lg (H_0 + h_1) = k \lg (H_0 + h_2) - \lg H_0$$

Լուծելով հավասարումը վորոնելի k -ի նկատմամբ, ունենք՝

$$k = \frac{\lg (H_0 + h_1) - \lg H_0}{\lg (H_0 + h_1) - \lg (H_0 + h_2)}$$

Քանի վոր H_0 , $H_0 + h_1$ և $H_0 + h_2$ ճնշումները իրարից շատ քիչ են տարբերվում, ապա լոգարիթմների տարբերությունը կարելի յե փոխարինել թվերի տարբերությամբ՝

$$k = \frac{H_0 + h_1 - H_0}{H_0 + h_1 - (H_0 + h_2)}$$

կամ

$$k = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (3)$$

Ինչպես յերևում ե (3) հավասարումից k -ի հաշվումը վեր ե ածվում h_1 -ի և h_2 -ի չափման, վորը կատարվում ե վերը նկարագրած ցեղանակով:

Փորձը կատարել 10 անգամից վոչ պակաս և հաշվել $k_1, k_2 \dots k_{10}$ արժեքները:

Հաշվել k -ի միջին արժեքը՝

$$k_0 = \frac{k_1 + k_2 + \dots + k_{10}}{10}$$

վորից հետո գտնել առանձին չափումների շեղումները միջին արժեքից՝

$$\begin{aligned} |k_0 - k_1| &= \Delta k_1 \\ |k_0 - k_2| &= \Delta k_2 \\ &\vdots \\ |k_0 - k_{10}| &= \Delta k_{10} \end{aligned}$$

և վերջում վորոշել միջին բացարձակ սխալը՝

$$\Delta k_0 = \frac{\Delta k_1 + \Delta k_2 + \dots + \Delta k_{10}}{10}$$

և միջին հարաբերական սխալը՝

$$\frac{\Delta k_0}{k_0}$$

արտահայտելով վերջինը տոկոսներով:

Աղյուսակ № 26

28. ՀԱՆՄԱՆ ԿԵՏԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ

Նյութը կարող ե գոյություն ունենալ յերեք ազդեցատային վիճակում՝ պինդ, հեղուկ և գազային:

Պինդ նյութի մոլեկուլներն ազատ չեն շարժվում. նրանք կա-

տարում են ճոճական շարժում՝ յուրաքանչյուրը վորոշ անշարժ կետի շուրջը: Այդ նշանակում ե, վոր պինդ վիճակում նյութի մոլեկուլներն ունեն վորոշ դասավորություն և այդ դասավորությունը ժամանակի ընթացքում չի փոփոխվում:

Հեղուկի մոլեկուլների փոխադարձ կապն ավելի թույլ ե՝ մոլեկուլները չեն ճոճվում վորոշ հավասարակշռության դիրքի շուրջը, ինչպես պինդ նյութերինը, այլ ազատ են. նրանք շարժվում են անընդհատ փոխելով շարժման ուղղությունը: Սակայն շարժվելու ընթացքում հեղուկի մոլեկուլը միշտ գտնվում ե հարևան մոլեկուլների ազդման սֆերայի ներսում: Հեղուկների մոլեկուլների դասավորության մեջ վոչ մի կարգ գոյություն չունի: Մոլեկուլների փոխադարձ դասավորությունը ժամանակի ընթացքում փոխվում ե:

Մեր ասածից հետևում ե՝ նյութը պինդ վիճակից հեղուկ դարձնելու համար պետք ե հաղթահարել մոլեկուլար ուժերը, պետք ե պինդ նյութի մոլեկուլների դասավորումը փոխարինել միանգամայն անկարգ և անընդհատ փոփոխվող դասավորությամբ: Այդ նշանակում ե, վոր պինդ նյութը հեղուկացնելու համար անհրաժեշտ ե ծախսել աշխատանք:

Պետք ե նկատել, վոր յեթե պինդ նյութի հեղուկացումը կատարվում ե անփոփոխ ճնշման տակ, ապա ամեն մի նյութ կունենա հաստատուն հալման տեմպերատուրա, վորը, սակայն, տարբեր ե տարբեր նյութերի համար:

Յեթե մի պինդ մարմին տաքացնենք, որինակ, սառույցի մի կտոր, ապա նրա տեմպերատուրան կաճի: Վորքան տեմպերատուրան բարձրանա, այնքան մարմնի մոլեկուլներն ավելի ինտենսիվ կշարժվեն: Վերջապես վորոշ տեմպերատուրի տակ, սառույցի համար դա կլինի 0°C , մոլեկուլների կինետիկ եներգիան այնքան կմեծանա, վոր յեթե շարունակենք մարմնին ջերմություն հաղորդել, այլևս պինդ մարմնի մոլեկուլների ուժերը չեն կարողանա մոլեկուլներին պահել իրենց տեղերում՝ մարմինը կսկսի հեղուկանալ: Հեղուկանալու ընթացքում անընդհատ հաղթահարվում են մոլեկուլների հարակցական ուժերը: Այդ ուժերը հաղթահարելու համար անհրաժեշտ եներգիան մարմինն ստանում ե ջերմության ձևով:

Վորովհետև այդ ջերմությունը ծախսվում ե միայն մոլեկուլների հարակցական ուժերը հաղթահարելու աշխատանքի վրա, այդ պատճառով հալման ընթացքում մարմնի տեմպերատուրան չի աճում: Ծախսված եներգիան վերածվում ե մոլեկուլար ուժերի պոտենցիալ եներգիայի և այդ պատճառով նա կոչվում ե «հալման թափված ջերմություն»:

Հալման թափված ջերմությունը չափում են կալորիաների այն

քանակով, վորը, հալման տեմպերատուրի տակ, պետք է հաղորդել 1 գրամ նյութին, վորպեսզի նա պինդ վիճակից ձևափոխվի հեղուկի՝ առանց տեմպերատուրայի աճման:

Պինդ նյութերից պետք է տարբերել ամորֆ նյութերը: Առաջիններն ունեն բյուրեղային կառուցվածք և նրանց ձևը կախում ունի մոլեկուլների փոխադարձ դասավորությունից և հեռավորություններից: Ամորֆ նյութերի մոլեկուլների դասավորության մեջ վոչ մի կարգ չկա:

Այդ նյութերը, ըստ մոլեկուլների դասավորության և շարժման, նմանվում են հեղուկներին:

Յեթե տաքացնենք մի ամորֆ մարմին, որինակ, մեղրամոմի մի կտոր, ապա նրա տեմպերատուրան աճում է՝ սկզբից արագ, այնուհետև, հասնելով 60°C տեմպերատուրայի աճումը շարունակվում է դանդաղորեն: Յերբ տեմպերատուրան հասնում է 65°C , նա նորից շարունակում է աճել արագ:

Յեթե ուշադրություն դարձնենք այս տվյալների վրա, կեղրակացնենք, վոր $60^{\circ}-65^{\circ}\text{C}$ սահմաններում մեղրամոմի հատկությունների հետ մի ինչ վոր փոփոխություն է կատարվում: Սակայն այդ փոփոխությունը կատարվում է վոչ թե հանկարծակի, այլ սահուն կերպով:

Իսկապես, յեթե հետադոտենք մեղրամոմի դիմադրումը իր ձևի փոփոխությունը, կտեսնենք, վոր 60°C -ի մոտ մոմը սկսում է փափկել: տեմպերատուրայի աճման հետ միասին այդ փափկելն ավելի և ավելի նկատելի չե դառնում և 65°C մոտ մեղրամոմը ներկայացնում է մածուցիկ հեղուկ:

Այսպիսով մեղրամոմը անընդհատ ձևով պինդ վիճակից հեղուկի յե վերածվում է, ի հարկե, չի կարելի ցույց տալ այն տեմպերատուրան, յերբ այդ տեղի յե ունենում:

Դիցուք ունենք վորոշ քանակությամբ վորեն նյութ հեղուկ վիճակում: Յեթե այդ նյութից ջերմություն է անջատվում, ապա նրա տեմպերատուրան իջնում է և վերջապես հեղուկը պաղում է մինչև նյութի հալման տեմպերատուրան: Այժմ յեթե շարունակվի ջերմության անջատումը՝ նյութը կսկսի պնդանալ: Վորպեսզի մեկ գրամ հեղուկը այդ տեմպերատուրայի տակ պնդանա՝ առանց տեմպերատուրայի փոփոխության, նրանից պետք է այնքան ջերմություն անջատվի, վորքան հալացման թափնված ջերմությունն է:

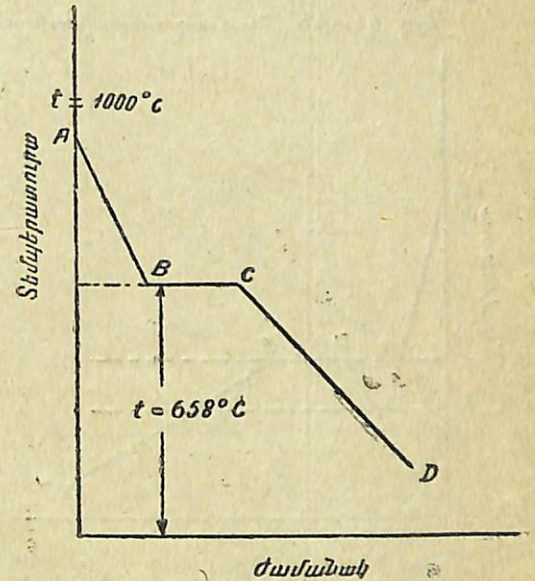
Թե հալման և թե պնդացման պրոցեսը հարմար է պատկերացնել գրաֆիկորեն: Դրա համար, որինակ, մի հալմանի մեջ գցենք ալյումինիումի մի կտոր, տաքացնենք նրան ավելի բարձր, քան

հալման տեմպերատուրան է և ապա թողնենք, վոր հալմանը և նրա մեջը գտնվող հեղուկը ալյումինիումը միասին սառչեն:

Տերմոեկեմետրի միջոցով 3 բալեն մի անգամ, կամ ավելի հաճախ, չափենք ալյումինիումի տեմպերատուրան, նշանակելով տվյալները գրաֆիկի վրա՝ ընդունելով արացիաների առանցքը ժամանակի առանցք, իսկ որդինատների առանցքը՝ տեմպերատուրայի առանցք:

Դիցուք հեղուկ ալյումինիումի սկզբնական տեմպերատուրան էր 900°C , իսկ պնդացման աստիճանը՝ 658°C : Վորձը կառարելիս կնկատենք՝ սկզբում ալյումինիումի տեմպերատուրան անընդհատ իջնում է 900°C -ից մինչև 658°C : Պաղեցման այդ պրոցեսին գրաֆիկի վրա համապատասխանում է կորի AB մասը: Այնուհետև ջերմությունը շարունակվում է անջատվել, սակայն տեմպերատուրան վորոշ ժամանակ մնում է հավասար 658°C :

Այդ ընթացքում նյութը պնդանում է՝ հեղուկը բյուրեղանում է: Անջատվող ջերմությունը պնդացման թափնված ջերմությունն է: Պրոցեսի այդ մասը գրաֆիկի վրա պատկերացված է կորի BC հատվածով: Պնդացման ընթացքում հալմանի մեջ միաժամանակ կգտնվեն թե հեղուկ, և թե պինդ ալյումինիում: B կետը համապատասխանում է այն մոմենտին, յերբ պնդացումը նոր սկսվում է, իսկ C կետը այն մոմենտին, յերբ տեղի յե ունեցել լրիվ պնդացումը: Այժմ յեթե շարունակվի ջերմության անջատումը, ապա ալյումինիումի տեմպերատուրան կսկսի իջնել 658°C -ից ցած: Պրոցեսի այդ մասը պատկերացված է CD մասով: ABCD կորը կոչվում է պնդացման կոր:



Նկ 96

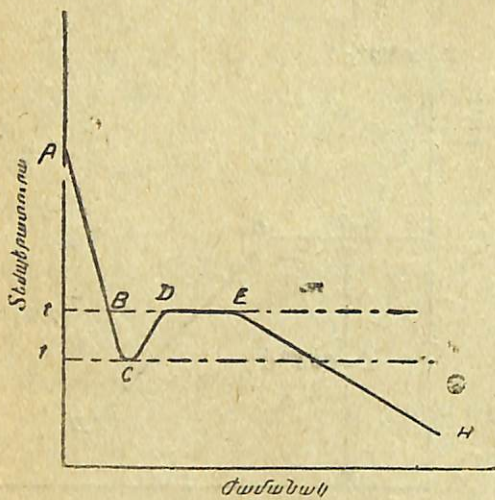
Յեթե բոլորովին մաքուր անոթի մեջ զգուշությամբ սառեցնենք հեղուկացրած սալոլը, ապա հաճախ ստացվում է, վոր տեմպերատուրան իջնում է ավելի ցած, քան սալոլի պնդացման աստիճանն է, սակայն սալոլը չի պնդանում: Սալոլի հալման կամ պնդացման աստիճանը մոտ $+42^{\circ}\text{C}$ -է, իսկ այս ձևով պաղեցնելով հաջողվում է

Նրա տեմպերատուրան իջեցնել մինչև $+18^{\circ}\text{C}$: Հեղուկի աղալիսի վիճակը կոչվում է գերասառ վիճակ:

Բավական է գերասառ հեղուկը ցնցել կամ նրա մեջ գցել նույն նյութից մի փոքրիկ բյուրեղ, վորպեսզի հեղուկը սկսի պնդանալ՝ նրա մի մասը իսկույն պնդանում է, իսկ տեմպերատուրան բարձրանում մինչև հեղուկի պնդացման աստիճանը:

Ուրեմն գերասառ վիճակը մի անկաշուն գրություն է, վորը հեղուկից մի փոխարինվում է նորմալ վիճակով:

Գերասառ վիճակը գրաֆիկորեն ցույց է տված 97 նկարի վրա: Այստեղ ցույց է տրված, վոր պողեցման կորի AB մասը իջնում է ավելի ցածր, քան պնդացման է տեմպերատուրան է, հասնելով մինչև C կետը:



Տեմպերատուրա

Նկ. 97

պրոցեսը շարունակվում է նորմալ կարգով:

Ինչ վերաբերում է ամորֆ նյութերին, ապա սկզբում յերբ նա տաք է, նա մածուցիկ հեղուկ է: Պողեղու ընթացքում նրա տեմպերատուրան սկզբում արագ իջնում է: Պրոցեսի այդ մասը գրաֆիկի վրա ցույց է տված կորի AB (նկ. 98) հատվածով: Այդ մասում ամբողջ նյութը դեռ հեղուկ է, սակայն, վորքան ցածր է տեմպերատուրան, այնքան հեղուկը ավելի մածուցիկ է:

Այնուհետև պաղումը դանդաղում է և հեղուկն աննկատելի ձեփով սկսում է պնդանալ: պրոցեսի այդ մասը գրաֆիկի վրա (նկ. 98) պատկերացված է կորի BC մասով: Վերջապես, նյութի տեմպերատուրան շարունակվում է արագորեն իջնել և նյութը լրիվ պնդանում

է. պրոցեսի այդ մասը պատկերացրած է գրաֆիկի վրա կորի CD հատվածով. հալման է տեմպերատուրան յերևում է անմիջապես գրաֆիկի վրա:

Փորձի կատարումը

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է յեռարան (ցանկալի յե ելեկտրական) բյուրեղային և ամորֆ նյութերով հալամաններ, ժամացույց և ջերմաչափ:

Փորձը կատարելիս, վորպես բյուրեղային նյութ, վերցնել հիպոսուլֆիտը ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{SO}_3$), իսկ վորպես ամորֆ նյութ՝ պարաֆին կամ մեղրամոմ:

Յեռարանի մեջ լցնել այնքան ջուր, վոր նրա մակարդակը հատակից 3—4 սմ. բարձր լինի: Լցնել հալամաններից մեկի մեջ հիպոսուլֆիտ, իսկ մյուսի մեջ պարաֆին, մինչև հալամանի կեսը:

Դնել հիպոսուլֆիտ պարունակող հալամանը յեռարանի հատակին և տաքացնելով հեղուկացնել:

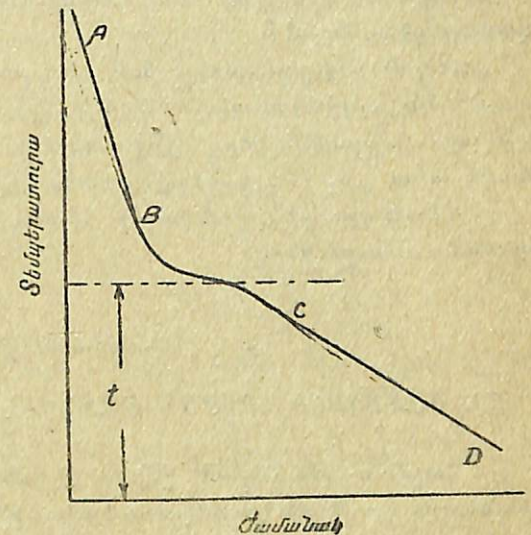
Սպասել մինչև հեղուկ հիպոսուլֆիտի տեմպերատուրան հասնի 80-ից—90° C:

Հիպոսուլֆիտ պարունակող հալամանը հանել յեռարանից և նրա տեղը դնել պարաֆինը պարունակող հալամանը:

Ջերմաչափի միջոցով անընդհատ խառնելով առաջին հալամանի հեղուկ հիպոսուլֆիտը՝ 3 րոպեն մի անգամ գրի առնել ջերմաչափի ցուցմունքը և շարունակել այդ մինչև հեղուկի պնդանալը:

Ուշադրություն՝ հեղուկի պնդացման ժամանակ պետք է զգույշ լինել և յեթե նկատվում է, վոր ջերմաչափի միջոցով դժվարությամբ է նյութը խառնվում, ապա դադարեցնել այդ գործողությունը՝ ջերմաչափը կտրելուց խուսափելու համար:

Յեթե պողեղու ընթացքում հեղուկի տեմպերատուրան մոտենում է 44° C-ի և հեղուկը չի պնդանում, այն ժամանակ հեղուկի մեջ



Տեմպերատուրա

Նկ. 98

գցեք մի կտոր հիպոսուֆիտի բուրեղ և շարունակեցեք փորձը մինչև վերջը:

Հասել ջերմաչափը հյուսիսից և լվալ:

Պարաֆինը պարունակող հալամանը հանել յեռաբանից և դա-
դարեցնել յեռաղնելի:

3 բողոքն մեկ անգամ գրի առնել պաթաֆինի տեմպերատուրան՝ անընդհատ խառնելով հեղուկը և հետևելով, մոք հալամանի պատերը վրա պնդացած պարաֆին հնստի:

Դադարեցնել պարաֆինի խառնելը, յերբ նա ընդունի շիլայի կադմուսիոն:

Այդա 2—3 անգամ ևս չափել պարաֆինի տեմպերատուրան և
դադարեցնել փորձը:

Ջերմաչափը մաքրել, իսկ յեռարանի մեջ մնացած ջուրը թափել:

Գծել միլիմետրական թղթի վրա հիպոսուլֆիտի և պարաֆինի պնդացման գրաֆիկները՝ ընդունելով x-երի առանցքը իրեն ժամանակի առանցք, իսկ y-ներինը՝ տեմպերատուրաների առանցք:

Գծած գրաֆիկից վերոշեւ հիպոսուֆիտի և պարաֆինի համան աեմպերատուրաները:

Uchusungif № 27

29. ՍԱՌՈՒՅՅԻ ՀԱԼՄԱՆ ԹԱԳՆՎԱԾ ԶԵՐԺՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ

Հալման թագնւած ջերմություն կոչւում և ջերմության այն քանակը, վորն անհրաժեշտ և ծախսել, հալման տեմպերատուրի տակ գտնվող, մեկ գրամ նյութը հեղուկացնելու համար:

Յեթե հեղուկը պնդանում է, ապա անջատվում է այնքան ջերմութուն, վորքան նա կլանել էր հալման ժամանակ: Այդ պատճառով հալման ջերմությունը վորոշելու փոխարեն, վորոշում են պընդացման ջերմությունը:

Դիցուք m_1 զրամ հեղուկացրած նյութ լցնում ենք կալորիմետրի մեջ: Նշանակենք այդ նյութի տեմպերատուրան t_1 , կալորիմետրի ջրային համարժեքը mc , նրա մեջ լցրած ջրի զանգվածը M և վերջապես կալորիմետրի միջի ջրի տեմպերատուրան t :

Վերստինսկե $t_1 > t$, ապա, ջերմության փոխանակման հետևանքով, ջրի տեմպերատուրան կսկսի բարձրանալ, իսկ հեղուկացրած նյութինը՝ իջնել:

Նախ այդ տեմպերատուրան կիջնի մինչև նյութի պնդացման աստիճանը, վերը նշանակենք T. հետո կսկսվի պնդացման պրոցեսը: Պնդացման պրոցեսի ընթացքում անջատվում է թափանցիկ չեղմու-

Թյունը, իսկ նյութի տեմպերատուրան չի փոխվում: Յերբ ամբողջ մարմինը պնդանում է, այն ժամանակ նրա տեմպերատուրան ևս սկսում է իջնել և, վերջապես, հավասարվում է ջրի տեմպերատուրային: Վերջնական տեմպերատուրան նշանակենք Θ :

Նյութի տեսակարար ջերմունակությունը հեղուկ վիճակում
նշանակենք C_1 , իսկ պինդ վիճակում՝ C_2 :

Զուրը $\dot{\epsilon}^0$ -ից մինչև Θ^0 տաքանալու համար կլանում է Q_1 կա-
յորիա ջերմություն, փորը հավասար է՝

$$Q_1 = (M + mc) (\Theta - t)$$

Տաք նյութը պահելով t_1° -ից մինչև T պնդացման աստիճանը՝ անջատում է $m_1 c_1 (t - T)$ կալորիա ջերմություն: Պնդացման ժամանակ անջատվում է ևս $m_1 x$ կալորիա ջերմություն, վերսեղ x -ը պնդացման թափնված ջերմությունն է: Վերջապես, պինդ նյութը պահելով մինչև խառնուրդի վերջնական տեմպերատուրան (Θ) անջատում է $m_1 c_2 (T - \Theta)$ կալորիա ջերմության:

Հնդամենր անջատվում ե՛

$$Q_2 = m_1 c_1 (t - T) + m_1 x + m_1 c_2 (T - \theta)$$

Կաշորիա ջերմութեան:

Եներգիայի պահպանումը յան որենքի համաձայն՝ $Q_1 = Q_2$: Հետևաբար, կարող ենք գրել՝

$$(M + mc)(\Theta - t) = m_1 c_1 (t - T) + m_1 x + m_1 c_2 (T - \Theta)$$

Հոռծկոյի Խ.ի նկատմամբ ստանուամ ենք՝

$$(1) \quad x = \frac{(M + mc)(\Theta - t) - m_1 c_1(t - T) - m_1 c_2(T - \Theta)}{m_1}$$

Մառուլիցի հարման թաղնված ջերմութունը վորոշելու համար անհրաժեշտ է մի կալորիմետր՝ խառնիչով և կալորիմետրիկ ջերմաչափով, տեխնիկական կշեռք և մանրացրած սառույց:

Կշռել կալուրիմետրի ներքին անոթը՝ (բաժակը) խառնիչի հետ միասին 0,1 գրամ ճշտությամբ:

Նշանակենք կշիռը m:

Լցնել կալուրիմետրի մեջ ջուր՝ անոթի կեսից մի քիչ ավել և նորից կոնել. նշանակենք մաքուր ջրի կշիռը M:

Անընդհատ խառնելով և հետեւելով ջերմաչափի ցուցմունքին տաքացնել կալորիմետրի միջի ջուրը ափսքան, վեր նրա տեմպերատուրան 4° -ից— 7° բարձր լինի, քան սենյակի տեմպերատուրան և: Չափել կալորիմետրի միջի ջրի տեմպերատուրան $0^{\circ}, 1\text{C}$ -ի ճշ:

տությամբ և իսկույն (անընդհատ խառնելով) իջեցնել ջրի մեջ սառույցի կտորները: Սառույցի յուրաքանչյուր կտոր ջրի մեջ իջեցնելուց առաջ շորով չորացնել և իջեցնել ջրի մեջ շատ հանդարտ, այնպես, վոր այդ պրոցեսի ընթացքում վոչ մի կաթիլ ջուր գուրս չթռնի:

Անընդհատ խառնելով, այնքան սառույց գցել ջրի մեջ, վոր ջրի տեմպերատուրան սենյակի տեմպերատուրայից այնքան ցածր լինի, վորքան նա բարձր եր փորձի սկզբում: Որինակ չեթե սենյակի տեմպերատուրան չեղել է 16°C , իսկ ջրի տեմպերատուրան փորձի սկզբում չեղել եր՝ 22°C , ապա փորձի վերջում, խառնուրդի տեմպերատուրան պետք է լինի 10°C : Այդպիսի պայմաններում կորուստը ճառագայթման նկատմամբ շատ քիչ է:

Փորձը վերջացնելով նորից կշռել կալորիմետրի ներքին անոթը, խառնիչով և միջի ջրով: Կշիռի աճումը կլինի նրա մեջ գցած սառույցի կշիռը: Նշանակենք այդ կշիռը m_1 , կալորիմետրի միջի ջրի սկզբնական տեմպերատուրան է, վերջնականը Θ , իսկ կալորիմետրի տեսակարար ջերմունակությունը c :

Կալորիմետրի և նրա ջրի տեմպերատուրան իջել է $t^{\circ}\text{C}$ -ից մինչև $\Theta^{\circ}\text{C}$, հետևաբար սառույցին հաղորդված ջերմության քանակը հավասար է՝

$$Q_1 = (M + mc)(t - \Theta)$$

Ջերմության այս քանակից xm_1 -ը ծախսվել է սառույցի հալեցման վրա, իսկ մնացած $m_1\Theta$ քանակը ծախսվել է սառույցից ստացված ջրի տեմպերատուրան մինչև $\Theta^{\circ}\text{C}$ բարձրացնելու համար: Այստեղ x -ը հալման թափանցիկ ջերմությունն է,

Հետևաբար՝

$$(M + mc)(t - \Theta) = m_1x + m_1\Theta$$

վորտեղից՝

$$x = \frac{(M + mc)(t - \Theta) - m_1\Theta}{m_1}$$

Սխալի հաշվումը

Հարաբերական սխալը պետք է հաշվել վորպես կոտորակի սխալ, վորը հավասար է համարիչի հարաբերական սխալին գումարած հայտարարի հարաբերական սխալը, հետևաբար՝

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta[(M + mc)(t - \Theta)] + \Delta[m_1\Theta]}{(M + mc)(t - \Theta) - m_1\Theta} + \frac{\Delta m_1}{m_1}$$

Համարիչի բացարձակ սխալը վորոշվում է վորպես արտադրիչների սխալների գումար՝

$$\Delta[(M + mc)(t - \Theta)] + \Delta(m_1\Theta) =$$

$$= (M + mc)\Delta(t - \Theta) + (t - \Theta)\Delta(M + mc) + m_1\Delta\Theta + \Theta\Delta m_1$$

հետևաբար՝

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{(M + mc)\Delta(t - \Theta) + (t - \Theta)\Delta(M + mc) + m_1\Delta\Theta + \Theta\Delta m_1}{(M + mc)(t - \Theta) - m_1\Theta} + \frac{\Delta m_1}{m_1}$$

Աւելացրե՛ք № 28

30. Ջրի ԳՈԼՈՐՇԻԱՅՄԱՆ ԹԱԳՆՎԱԾ ՋԵՐՄՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ

Հեղուկի մակերևույթից անընդհատ գոլորշիացում է կատարվում: Հեղուկի այն մոլեկուլները, վորոնց կինետիկ եներգիան համեմատաբար մեծ է, կարողանում են անցնել հեղուկի մակերևութային թաղանթից դեպի դուրս: Այդ պրոցեսը կոչվում է գոլորշիացում:

Ինչպես հայտնի չէ, հեղուկի տեմպերատուրան կախում ունի մոլեկուլների արագությունից: Բայց վորովհետև գոլորշիացման ժամանակ հեղուկից հեռանում են մեծ արագությամբ ունեցող մոլեկուլները, այդ պատճառով գոլորշիացումից հեղուկը սառչում է, չեթե, իհարկե, գոլորշիացումը կատարվում է վոչ դրսից ստացված ջերմության հաշվին:

Վորպեսզի հեղուկի տեմպերատուրան գոլորշիացման ընթացքում մնա անփոփոխ, անհրաժեշտ է հեղուկին ջերմություն հաղորդել: Այդ հաղորդված ջերմությունը չի բարձրացնում հեղուկի տեմպերատուրան և այդ պատճառով նա կոչվում է գոլորշիացման թափանցիկ ջերմություն:

Գոլորշիացման թափանցիկ ջերմությունը չափում են կալորիմետրի այն քանակով, վորը պետք է հաղորդել մեկ գրամ հեղուկին, վորպեսզի նա, անփոփոխ տեմպերատուրի տակ գոլորշիանա:

Վորովհետև յուրման ընթացքում հեղուկի տեմպերատուրան մնում է անփոփոխ, ապա գոլորշիացման թափանցիկ ջերմությունը հարմար է հաշվել յուրման կետի համար:

Յեթե յուրացող հեղուկի գոլորշիները խտացնենք, հեղուկ դարձնենք, ապա գոլորշու ամեն մի գրամը (անփոփոխ տեմպերատուրայի տակ հեղուկանալիս) անջատում է նույնքան ջերմություն, ինչքան նա կլանում է գոլորշիանալիս:

Ուրեմն, գոլորշիացման թափանցիկ ջերմությունը հավասար է

նույն պայմաններում կատարվող հեղուկացման թափված ջերմությանը:

Այդ վերջինը վորոշելու համար վարվում են այսպես՝ վերցնում են մի կալորիմետր, վորի մեջ լցրած է ջուր: Դիցուք, կալորիմետրի ջրային համարժեքն է mc , մեջը լցրած ջրի զանգվածն է M և սկզբնական տեմպերատուրան՝ t : Հատուկ յեռարանից անց են կացնում կալորիմետրի մեջ m_1 գրամ գոլորշի՝ t_1 տեմպերատուրայի տակ: Գոլորշին խտանալով անջատում է թափված ջերմությունը և այնուհետև սառչում է մինչև խառնուրդի վերջնական տեմպերատուրան (T):

Վորովհետև կալորիմետրի տեմպերատուրան բարձրացել է t -ից մինչև $T^\circ C$, ապա նա կլանել է Q_1 կալորիա ջերմություն, վորը հավասար է՝

$$Q_1 = (mc + M)(T - t)$$

m_1 գրամ գոլորշին խտանալով անջատել է m_1x քանակությամբ ջերմություն, վորտեղ x -ը գոլորշիացման թափված ջերմությունն է: Իսկ սառչելով մինչև խառնուրդի վերջնական T տեմպերատուրան՝ անջատել է ևս $m_1(t_1 - T)$ կալորիա ջերմություն: Ուրեմն՝ գոլորշին ընդամենը անջատել է՝

$$Q_2 = m_1x + m_1(t_1 - T)$$

Ջերմություն:

Ենթադիտյալ պահպանության օրենքի հիման վրա՝ $Q_1 = Q_2$, հետևաբար՝

$$1) \quad (mc + M)(T - t) = m_1x + m_1(t_1 - T)$$

վորտեղից գոլորշիացման թափված ջերմությունը՝

$$2) \quad x = \frac{(mc + M)(T - t) - m_1(t_1 - T)}{m_1}$$

Փորձի համար անհրաժեշտ գործիքները.

Կալորիմետր՝ իր խառնիչով և կալորիմետրիկ ջերմաչափով, յեռարան և գոլորշու չորանոց (հասարակ տեսակի դեֆլեգմատոր):

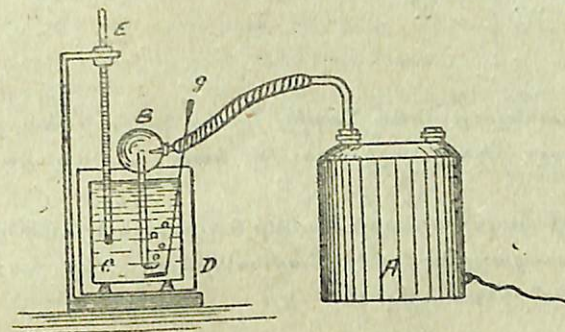
A յեռարանից դուրս յեկող գոլորշին մտնում է գոլորշու չորանոցի մեջ (B): Գոլորշու չորանոցը պետք է այնպես դասավորված լինի, վոր նրանից դուրս յեկող C խողովակը համարյա թե հասնի D կալորիմետրի հատակին (նկ. 99): Տեմպերատուրան չափում են E կալորիմետրիկ ջերմաչափի միջոցով: Կալորիմետրի ջուրը խառնելու համար ոգտագործում են արուլքի խառնիչը (G):

Փորձը կատարել հետևյալ կարգով:

Լցնել յեռարանի մեջ ջուր (մոտավորապես մի յերրորդը). ելեկտրականությամբ կամ սպիրտ այրոցով ջուրը յեռացնել:

Կշռել 0,1 գրամ ճշտությամբ կալորիմետրի բաժակը՝ խառնիչի հետ միասին (յեթադրվում է, վոր խառնիչը և կալորիմետրը նույն նյութից են պատրաստված):

Լցնել կալորիմետրի մեջ, նրա կեսից մի քիչ ավելի, ջուր և ֆորից կշռելով, վորոշել լցրած ջրի M կշիռը:



Նկ. 99

Յերբ յեռարանի միջի ջուրը յեռա, միացնել գոլորշու չորանոցը յեռարանին, պահելով չորանոցի C ծայրը կալորիմետրից դուրս: Յեռարանի գոլորշին մտնելով չորանոցի մեջ և հանդիպելով սառը միջավայրի, կսկսի խտանալ և միաժամանակ առաջացնել չորանոցը: Սպասել մինչև չորանոցի տեմպերատուրան հավասարվի գոլորշու տեմպերատուրային: Այդ մոմենտից չոր գոլորշին կսկսի դուրս ցատել չորանոցի C ծայրից:

Չափել կալորիմետրի ջրի t տեմպերատուրան. այդ տեմպերատուրան պետք է սենյակի տեմպերատուրայից մի քանի աստիճան ցածր լինի: Ապա միացնել չորանոցը կալորիմետրի հետ այնպես, վոր նրա C ծայրը համարյա թե հասնի կալորիմետրի հատակին:

Ջրի գոլորշիները ընկնելով կալորիմետրի, համեմատաբար. սառը միջավայրը, սկսում են խտանալ և անջատում են թափված ջերմությունը: Դրա հետևանքով կալորիմետրի ջրի տեմպերատուրան սկսում է բարձրանալ: Ստանալով ջուրը խառնիչի միջոցով, անընդհատ հետևել ջերմաչափի ցուցմունքին և յերբ ջրի տեմպերատուրան նույնքան աստիճան բարձր լինի սենյակի տեմպերատուրայից (մոտավորապես), վորքան առաջ ցածր էր, հանել գոլորշու չորանոցը կալորիմետրից:

Մրանից հետո շարունակել ջուրը խառնել և գրի առնել այն ամենաբարձր T տեմպերատուրան, վերից հետո ջրի տեմպերատուրան սկսում է իջնել:

Տվյալների համար կազմել հետևյալ աղյուսակը

	Կշիռ	Տեմպերատուրա	Տեսակարար ջերմունակ.	Վերջնական տեմպերատուրան
Կալորիմետր . . .	m	t	c	T
Ջուր	M	t	1	
Գոլորշի	m ₁	t ₁	—	

Փորձը կատարելուց հետո նորից կշռել կալորիմետրը, խառնիչը և նրա միջի ջուրը: Կշռի ավելացումը կտա հեղուկացած գոլորշու քանակը (m_1):

c-ն արույրի կալորիմետրի համար հավասար է 0,092-ից 0,094-ի:

Տվյալները տեղադրելով (2) հավասարման մեջ հաշվել գոլորշիացման թագնված ջերմությունը (x):

Սխալի հաշվումը

Հարաբերական սխալը $\frac{\Delta x}{x}$ վորոշել վորպես կոտորակի սխալը. նա հավասար է համարիչի և հայտարարի հարաբերական սխալների գումարին: Ուրեմն՝

$$\frac{\Delta x}{x} = \pm \left\{ \frac{\Delta [(mc + M)(T - t)] + \Delta [m_1(t_1 - T)]}{(mc + M)(T - t) - m_1(t_1 - T)} + \frac{\Delta m_1}{m_1} \right\}$$

Բայց $\Delta [(mc + M)(T - t)]$, վորպես արտադրյալի սխալը, հավասար է՝

$$(mc + M) \Delta(T - t) + (T - t) \Delta(mc + M)$$

Նույն պատճառով՝

$$\Delta [m_1(t_1 - T)] = m_1 \Delta(t_1 - T) + (t_1 - T) \Delta m_1$$

հետևաբար

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{(mc + M) \Delta(T - t) + (T - t) \Delta(mc + M) + m_1 \Delta(t_1 - T) + (t_1 - T) \Delta m_1}{(mc + M)(T - t) - m_1(t_1 - T)} + \frac{\Delta m_1}{m_1}$$

31. ՈՂԻ ՀԱՐԱՔԵՐԱԿԱՆ ԽՈՆԱՎՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ

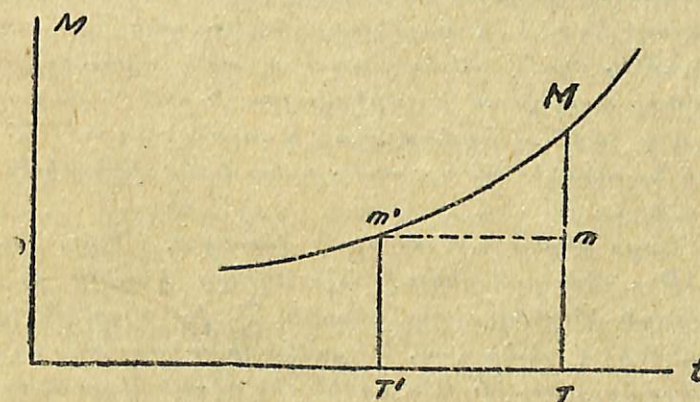
Ջրի ազատ մակերևույթից սովորաբար կատարվում է անընդհատ գոլորշիացում: Այդ գոլորշիացումը դադարում է յերբ ողը հագնում է գոլորշիներով:

Մեկ խորանարդ մետր ողի մեջ պարունակվող հազեցած գոլորշիների քանակը կախում ունի տեմպերատուրայից: Գոյություն ունեն հատուկ աղյուսակներ, վորոնց մեջ բերված են 1m^3 ողում պարունակվող հազեցած գոլորշիների քանակը (M) արտահայտված գրամներով՝ տարբեր տեմպերատուրաների համար:

Վորպես որինակ բերենք հետևյալ աղյուսակը

t	M
— 10°	2,36
0°	4,86
10°	9,33
20°	17,12
30°	30,04

Հազեցած գոլորշիների քանակի կախումը տեմպերատուրայից գրաֆիկորեն պատկերացրած է AB կորով (նկ. 100):



Նկ. 100

Գրաֆիկում արացիաների առանցքի վրա նշանակված են տեմպերատուրաները, իսկ որդինաաների առանցքի վրա՝ հազեցած գոլորշիների քանակը: Վորեն T տեմպերատուրայի համար միջավայրը հազեցնող գոլորշիների քանակը գրաֆիկի վրա կպատկերացվի TM որդինատով:

Սրանից հետո շարունակել ջուրը խառնել և գրի առնել այն ամենաբարձր T տեմպերատուրան, վերից հետո ջրի տեմպերատուրան սկսում է իջնել:

Տվյալների համար կազմել հետևյալ աղյուսակը

	Կշիռ	Տեմպերատուրա	Տեսակարար ջերմունակ.	Վերջնական տեմպերատուրան
Կալորիմետր	m	t	c	T
Ջուր	M	t	1	
Գոլորշի	m ₁	t ₁	—	

Փորձը կատարելուց հետո նորից կշռել կալորիմետրը, խառնիչը և նրա միջի ջուրը: Կշռի ավելացումը կտա հեղուկացած գոլորշու քանակը (m_1):

c-ն արույրի կալորիմետրի համար հավասար է 0,092-ից 0,094-ի:

Տվյալները տեղադրելով (2) հավասարման մեջ հաշվել գոլորշիացման թափված ջերմությունը (x):

Սխալի հաշվումը

Հարաբերական սխալը $\frac{\Delta x}{x}$ վորոշել վորպես կոտորակի սխալը. նա հավասար է համարիչի և հայտարարի հարաբերական սխալների գումարին: Ուրեմն՝

$$\frac{\Delta x}{x} = \pm \left\{ \frac{\Delta[(mc + M)(T - t)] + \Delta[m_1(t_1 - T)]}{(mc + M)(T - t) - m_1(t_1 - T)} + \frac{\Delta m_1}{m_1} \right\}$$

Բայց $\Delta[(mc + M)(T - t)]$, վորպես արտադրյալի սխալը, հավասար է՝

$$(mc + M) \Delta(T - t) + (T - t) \Delta(mc + M)$$

Նույն պատճառով՝

$$\Delta[m_1(t_1 - T)] = m_1 \Delta(t_1 - T) + (t_1 - T) \Delta m_1$$

հետևաբար

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{(mc + M) \Delta(T - t) + (T - t) \Delta(mc + M) + m_1 \Delta(t_1 - T) + (t_1 - T) \Delta m_1}{(mc + M)(T - t) - m_1(t_1 - T)} + \frac{\Delta m_1}{m_1}$$

31. Ո՞րի ՀԱՐԱՔԵՐԱԿԱՆ ԽՈՆԱՎՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ

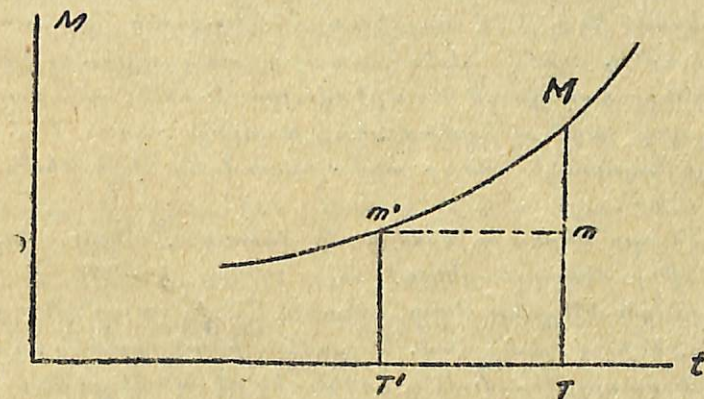
Ջրի ազատ մակերևույթից սովորաբար կատարվում է անընդհատ գոլորշիացում: Այդ գոլորշիացումը դադարում է յերբ ողը հագնում է գոլորշիներով:

Մեկ խորանարդ մետր ողի մեջ պարունակվող հազեցած գոլորշիների քանակը կախում ունի տեմպերատուրայից: Գոյություն ունեն հատուկ աղյուսակներ, վորոնց մեջ բերված են 1m^3 ողում պարունակվող հազեցած գոլորշիների քանակը (M) արտահայտված գրամներով՝ տարբեր տեմպերատուրաների համար:

Վորպես որինակ բերենք հետևյալ աղյուսակը

t	M
— 10°	2,36
0°	4,86
10°	9,33
20°	17,12
30°	30,04

Հազեցած գոլորշիների քանակի կախումը տեմպերատուրայից գրաֆիկորեն պատկերացրած է AB կորով (նկ. 100):



Նկ. 100

Գրաֆիկում արացիաների առանցքի վրա նշանակված են տեմպերատուրաները, իսկ որդինաանների առանցքի վրա՝ հազեցած գոլորշիների քանակը: Վորեն T տեմպերատուրայի համար միջավայրը հազեցնող գոլորշիների քանակը գրաֆիկի վրա կպատկերացվի TM որդինատով:

1m³ ողի մեջ պարունակվող գոլորշիների քանակը (արտահայտված գրամներով) կոչվում է բացարձակ խոնավություն:

Տվյալ տեմպերատուրայի համար բացարձակ խոնավությունը կունենա ամենամեծ արժեքը, յերբ ողը հագեցած է գոլորշիներով:

Սովորաբար ողը հագեցած չի լինում գոլորշիներով: Դիցուք T տեմպերատուրի տակ 1m³ ողը պարունակում է m ց ջրի գոլորշիներ և հայտնի չե, վոր m < M, վորտեղ M-ը նույն պայմաններում, հագեցած ողի կշիռն է: Այդ դեպքում բացարձակ խոնավությունը գրաֆիկի վրա կպատկերացվի Tm հատվածով, վորը ավելի փոքր է քան TM որդինատը: (Tm հատվածը համապատասխանում է m գրամին, TM-ը՝ M գրամին):

Ինչպես գրաֆիկից չերևում է, հագեցած գոլորշիների խոնավությունը հավասար է m-ի, չերը տեմպերատուրան T' է:

Ողի բացարձակ խոնավությունը վորոշելու համար հաճախ ոգտագործում են հետևյալ յեղանակը:

Բացարձակ խոնավությունը գրաֆիկի վրա պատկերացրած է Tm որդինատով: Ողը սառեցնենք: Այդ դեպքում m կետը, տեմպերատուրայի անկման հետեանքով, կտեղափոխվի դեպի ձախ՝ mm' ուղիղ գծով, շարունակ մնալով միևնույն բարձրության վրա, վորովհետեւ այս դեպքում միավոր ծավալում պարունակվող գոլորշիների քանակը մնում է անփոփոխ: Մի վորոշ T' տեմպերատուրի տակ m կետը կհամընկնի m' կետի հետ, վորը գտնվում է AB կորի վրա: Ինչպես տեսնում ենք, Tm' որդինատը հավասար է Tm հատվածին: այդ նշանակում է, վոր T' տեմպերատուրի տակ ողում պարունակվող գոլորշիները հագեցնում են միջավայրը: Ուրեմն, ողի բացարձակ խոնավությունը չափելու համար պետք է վորոշել Tm = T'm' մեծությունը: Այդ նպատակի համար ոգտագործում են հիգրոմետր կոչվող գործիքը:

Հիգրոմետրը ներկայացնում է մի մետաղյա անոթ, վորի մեջ լցնում են եթեր: Գոլորշիացնելով այդ եթերը կարելի չե անոթի տեմպերատուրան իջեցնել: Յերը կհասնի T''-ի, այսինքն, յերբ m կետը կհամընկնի m' կետի հետ, հիգրոմետրի շրջապատող ողը կգտնա հագեցած գոլորշիներով: Այդ մոմենտից սկսած հիգրոմետրի փայլուն մակերևույթը կսկսի ծածկվել ցողով:

Տվյալ դեպքում ցողն առաջանում է չերը հիգրոմետրի տեմպերատուրան T' աստիճան է: Այդ տեմպերատուրան կոչվում է ցողի կետ: Ցողի կետին համապատասխանող հագեցնող գոլորշիների քանակը կլինի միջավայրի բացարձակ խոնավությունը տվյալ պայմաններում:

Բացի բացարձակ խոնավությունից հաճախ անհրաժեշտ է լինում վորոշել ողի հարաբերական խոնավությունը:

Հարաբերական խոնավությունը ցույց է տալիս, թե ինչ չափով ողը մոտիկ է հագեցման վիճակին: Այդ պատճառով հարաբերական խոնավությունը չափում են ողի միավոր ծավալում պարունակվող գոլորշիների քանակի և տվյալ տեմպերատուրայում այդ ծավալը հագեցնող գոլորշիների հարաբերությամբ: Ուրիշ խոսքով, հարաբերական խոնավությունը ողի բացարձակ խոնավության և միջավայրը հագեցնող գոլորշիների հարաբերությունն է:

Ուրեմն, հարաբերական խոնավությունը (B) հավասար է՝

$$1) \quad B = \frac{m}{M}$$

Այս կոտորակի համարիչը ցողի կետին համապատասխանող հագեցնող գոլորշիների քանակն է, իսկ հայտարարը՝ հագեցնող գոլորշիների քանակն է տվյալ տեմպերատուրում:

Սովորաբար հարաբերական խոնավությունը արտահայտում են տոկոսներով: Դրա համար (1) հավասարման աջ մասը բազմապատկում են 100-ով:

Ողի տվյալ ծավալը հագեցնող գոլորշիների քանակի և այդ գոլորշիներով առաջացրած ճնշման միջև գոյություն ունի ուղիղ համեմատականություն: Այդ պատճառով, նշանակելով m գոլորշիների ճնշումը p, իսկ M գոլորշիների ճնշումը P, ապա (1) հավասարման փոխարեն կարող ենք գրել՝

$$2) \quad B = \frac{p}{P} \cdot 100\%$$

Այստեղ հարաբերական խոնավությունը արտահայտված է տոկոսներով:

32. ՀԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆ ԽՈՆԱՎՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԼԱՄԲԵՆՏԻ ՀԻԳՐՈՄԵՏՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Լամբերտի հիգրոմետրը (նկ. 101) մի գլանաձև մետաղյա տուփ է, վորը ամբարձ է համապատասխան շտառիվի վրա:

Տուփի առաջի մակերեսը գլանի հիմքերից մեկն է. նա հայելի չե, այսինքն, պատած է արծաթով կամ նիկելով և փայլեցրած է: Այդ մակերեսը շրջապատած է մի մետաղե ողակով, վորի մակերևույթը նույնպես հայելի չե: Ողակի ներքին տրամագիծը տուփի

տրամագծից անհշան մեծ ե, այնպես վոր տուփի ե արտաքին ողակի միջև մնում ե մի շատ նեղ ձեղք:

Տուփի մեջ լցնում են եթեր ե փուքսով եթերի միջով ող անցկացնելով արագացնում եթերի գոլորշիացումը: Եթերը արագ գոլորշիանում ե. գոլորշիացման թափնված ջերմությունը կլանվում ե եթերից: Դրա հետևանքով թե եթերի ե թե տուփի տեմպերատուրան սկսում ե իջնել: Յեթե տեմպերատուրան այնքան ե իջնում, վոր այդ տեմպերատուրի տակ միջավայրի գոլորշիները հազեցնում են միջավայրը, տուփի փայլուն մակերեսին ցող ե նստում: Յողի կետը վորոշելու համար տուփի մեջ մտցնում են ջերմաչափ այնպես, վոր նրա սնդիկի գնդիկը լրիվ ընկղմած լինի եթերի մեջ:

Չափազանց կարևոր ե ցողի կետը ճիշտ վորոշել, իսկ դրա համար անհրաժեշտ ե նկատել ցող առաջանալու ամենաթույլ հետքերը:

Փորձի կատարումը

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ են՝ 1 կամրեխտի հիգրոմետր, 1 ջերմաչափ (լավ ե յեթե ճշտությունը լինի $0,1^{\circ}\text{C}$), 1 սեռինե փուքս, 1 սրվակ եթերով, հիգրոմետրիկ աղյուսակ՝ $0,1^{\circ}\text{C}$ -ի ճշտությամբ ե 1 ձաղար:

Վորոշել սենյակի ողի t_2 տեմպերատուրան: Հիգրոմետրի տուփի մեջ լցնել ձաղարի միջոցով եթեր մինչև տուփի $\frac{2}{3}$ -ը: Տուփի վերևի անցքի մեջ մտցնել այն ջերմաչափը, վորով չափված ե սենյակի տեմպերատուրան: Ռետինե փուքսով անցկացնել եթերի միջով ողի թույլ հոսանք՝ դիտելով միաժամանակ հիգրոմետրի տուփի փայլուն մակերեսը:

Նկ. 101. Լամբրեխտի հիգրոմետր

Ուշադրություն՝ փորձը կատարելու ժամանակ զործիքը պետք ե պաշտպանված լինի աշխատողների շնչառությունից, վորովհետև, յեթե շնչել գործիքի վրա կամ նրա մոտ, հայելին անմիջապես կծածկվի ցողով:

Եթերի միջով անցկացնել ողի հոսանք այնքան ժամանակ, մինչև վոր ցողը նկատվի: Դրի առնելով ջերմաչափի t_1° ցուցմունքը դադարեցնել ողի հոսանքը ե դիտել ցողի անհետանալը: Հենց վոր ցողը անհետացավ, գրի առնել ջերմաչափի t_0 ցուցմունքը ե նորից, փուքսի միջոցով, անցկացնել եթերի միջով ողի հոսանք: Այս անգամ դիտել տուփի մակերեսը ավելի ուշադիր ե ավելի մեծ ճշտությամբ, վորոշել ցող առաջանալու t_1' տեմպերատուրան: Դադարեցնելով ողի հոսանքը, նույն ձևով վորոշել ցողի անհայտանալու t_0' տեմպերատուրան: Այդ ձևով փորձը կրկնել 5 անգամ: Յողը առաջանալու ե անհետանալու տեմպերատուրաները պետք ե վորոշվեն ավելի ե ավելի մեծ ճշտությամբ: Վորքան ճիշտ են վորոշված այդ մեծությունները, այնքան ել նրանց արժեքները իրար մոտիկ կլինեն. տարբերությունը $0,5^{\circ}\text{C}$ ավելի չպետք ե լինի:

Տվյալները գրել հետևյալ աղյուսակի մեջ

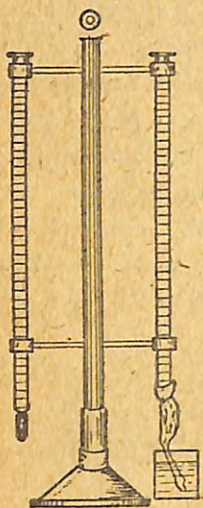
t_1	t_1'	t_1''	...	...	t_1^n
t_0	t_0'	t_0''	...	...	t_0^n

Յողի կետը կլինի ցող առաջանալու ե ցողն անհայտանալու վերջին 3 տվյալների միջինը: Նշանակելով այդ ձևով վորոշված ցողի կետը t_3 , աղյուսակից վերցնել t_1 ե t_2 տեմպերատուրաներին համապատասխան հազեցած գոլորշու ճնշումները ե վորոշել հարաբերական խոնավությունը:

33. ՀԱՐԱԲԵՐԱԿԱՆ ԽՈՆԱՎՈՒԹՅԱՆ ՎՈՐՈՇԵԼԸ ԱՌԻԳՈՒՍՏԻ ՊՄԻՆՐՈՄԵՏՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Առկուստի պսիխրոմետրը բաղկացած ե յերկու ջերմաչափից, վորոնք ամրացած են մի շտատիվի վրա (նկ. 102): Ջերմաչափից մեկը սովորաբար ցույց ե տալիս միջավայրի տեմպերատուրան: Մյուսի սնդիկի գնդիկը փաթած ե բատիստով, վորի ծայրը իջեցրած ե ջրով լցրած բաժակի մեջ: Մաղականության շնորհիվ, ջուրը բատիստով բարձրանում ե վերև. այդպիսով ջերմաչափի գնդիկը միշտ խոնավ վիճակում ե: Վորովհետև բատիստի մակերևույթից անընդհատ գոլորշիացում ե կատարվում, խոնավ ջերմաչափի տեմպերատուրան միշտ ավելի ցածր ե, քան չորինը: Վորքան միջավայրի ողը չոր ե, այդքան գոլորշիացումը ավելի արագ ե կատարվում ե նրա տեմպերատուրան ավելի յե իջնում: Ուրեմն, վորքան միջավայրի ողը չոր լինի, այդքան ել ջերմաչափերի ցուցմունքների տարբերությունը մեծ կլինի:

Սրանից հետևում է, վոր իմանալով յերկու ջերմաչափերի ցուցմունքների տարբերությունը, կարելի չե վորոշել բացարձակ խոնավությունը: Իսկ իմանալով բացարձակ խոնավությունը և միջավայրի տեմպերատուրան, կարելի չե վորոշել նաև հարաբերական խոնավությունը:



Նկ. 102

Այստեղ k մի գործակից է, վորը կախում կունենա մարմնի մակերևույթի տեսակից, S -ը նրա մակերեսն է, $t_1 - t_2$ -ը մարմնի և միջավայրի տեմպերատուրաների տարբերությունն է, պսիխրոմետրի դեպքում t_1 չոր ջերմաչափի տեմպերատուրան է, իսկ t_2 խոնավ ջերմաչափի տեմպերատուրան է:

Գոլորշիացման համար անհրաժեշտ Q_1 ջերմության քանակը ուղիղ համեմատական է գոլորշիացման արագությունը: Նշանակելով այդ արագությունը v -ով կստանանք՝

$$5) \quad Q_1 = cvT$$

Այստեղ c համեմատության գործակից է:

Գոլորշիացման արագության համար Դալտոնը գտել է վոր՝

$$6) \quad v = \frac{aS}{H} (p' - p)$$

վորտեղ՝

S — այն մակերեսն է, վորից կատարվում է գոլորշիացում,

H մթնոլորտի ճնշումն է,

p' -ը խոնավ ջերմաչափի ցույց տված տեմպերատուրի տակ գտնվող և միջավայրը հագեցնող գոլորշիների ճնշումն է,

p -ն միջավայրի գոլորշիների ճնշումն է,

a -ն համեմատության գործակից է, վորը կախում ունի շրջապատող ոդի շարժման արագությունից:

Տեղադրելով (6) հավասարումից արագության արժեքը (5) հավասարման մեջ և հավասարեցնելով (5) և (4) հավասարումներին՝ աջ մասերը, կստանանք՝

$$7) \quad k = (t_2 - t_1) ST = \frac{caS}{H} (p' - p) T$$

Լուծելով այս հավասարումը p -ի նկատմամբ, կստանանք՝

$$8) \quad p = p' - \frac{k}{ca} \cdot H (t_2 - t_1)$$

կամ նշանակելով՝

$$\frac{k}{ca} = A$$

վերջնականապես կստանանք՝

$$9) \quad p = p' - AH (t_2 - t_1)$$

Այս հավասարումից կարելի չե վորոշել p -ի արժեքը, յեթե A -ի արժեքը հայտնի չե:

Փորձի տվյալները ցույց են տալիս, վոր, յեթե t_1 -ը 0°C -ից բարձր է, ապա A , մոտավորապես, հավասար է $0,0008$, իսկ յեթե t_1 -ը 0°C -ից ցածր է, ապա A կարելի չե ընդունել, մոտավորապես, հավասար $0,00068$ -ի:

p' -ը վորոշում են հիգրոմետրիկ աղյուսակից, H -ը՝ բարոմետրի միջոցով:

(9) հավասարման հիման վրա վորոշել միջավայրում պարունակվող ջրի գոլորշիների ճնշումը (p) և իմանալով t_2 տեմպերատուրի տակ միջավայրը հագեցնող գոլորշիների ճնշումը (p_1), հարաբերական խոնավության համար ստանում ենք հետևյալ արժեքը՝

$$B_0 = \frac{p}{p_1} 100\%$$

Սովորաբար U գոլատի պսիխրոմետրով հարաբերական խոնավությունը վորոշելիս ոգտագործում են մի հատուկ աղյուսակ, վորը պարունակում է մի շարք տեմպերատուրաների համար հաշված տեմպերատուրաներ:

Այդ աղյուսակը կազմած է հետևյալ ձևով՝ վերևի ձախ անկյունում, և տառի տակ, գրված են չոր ջերմաչափի ցուցմունքները: Ե-ից դեպի աջ գրված են $p/0, 1, 2$, և այլ 11 թվերը, վորոնք չոր և թաց ջերմաչափերի ցուցմունքների տարբերություններն են: Յերկրորդ սյունյակում $p/0$ նշանի տակ, գրված են հագեցած գոլորշիների ճնշումները և ջերմաստիճանի համար, իսկ մյուս թվերի տակ, համապատասխան սյունյակում՝ միջավայրի գոլորշիների ճնշումները:

Վորպեսզի աղյուսակի գործածությունը պարզ լինի, բերենք մի որինակ: Դիցուք չոր ջերմաչափը ցույց է տալիս $t_2 = 25^{\circ},4\text{C}$, իսկ խոնավ ջերմաչափը՝ $t_1 = 16^{\circ},4\text{C}$: հետևաբար՝ $t_2 - t_1 = 9^{\circ}\text{C}$: Գլխում ենք աղյուսակի առաջին սյունյակում Ե-ի տակ 25,4 թիվը և հետո 9 տարբերություն համապատասխանող սյունյակում, 25,4 թիվը:

Պսիխրոմետրիկ աղյուսակ

t	0/p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25.0	23.60	21.60	19.70	17.80	16.00	14.30	12.70	11.10	9.50	8.01
25.1	23.74	21.73	19.83	17.92	16.12	14.41	12.80	11.20	9.60	8.09
25.2	23.88	21.86	19.96	18.04	16.24	14.52	12.90	11.30	9.70	8.18
25.3	24.02	21.99	20.09	18.16	16.36	14.63	13.00	11.40	9.80	8.27
25.4	24.16	22.12	20.22	18.28	16.48	14.74	13.10	11.50	9.90	8.36
25.5	24.30	22.25	20.35	18.40	16.60	14.85	13.20	11.60	10.00	8.45

դիմաց գտնում ենք 8,36 թիվը. այդ թիվը արտահայտում է միջավայրի գոլորշիների ճնշումը. ուրեմն, $p = 8,36$. իսկ p_1 -ի համար $p/0$ սյունյակում, $25^{\circ},4$ թիվ դիմաց գտնում ենք 24,16, այսինքն $p_1 = 24,16$: Այս տվյալների հիման վրա հաշվելով հարաբերական խոնավությունը (B_0), կստանանք՝

$$B_0 = \frac{p}{p_1} \cdot 100\% = \frac{8,36 \cdot 100}{24,16} \%$$

$$B_0 = 34,6\%$$

Փորձի կատարումը

Փորձը կատարելու համար անհրաժեշտ է 1 պսիխրոմետր և 1 վենտիլատոր:

Գրել չոր ջերմաչափի ցուցմունքը: Յերկրորդ ջերմաչափի բաժակի մեջ ցնեղ ջուր՝ բաժակի $\frac{2}{3}$ մասը:

Այն ոգը, վորով անմիջապես շրջապատված է խոնավ ջերմաչափի և լեթե նա հանգիստ վիճակումն է, հեշտությունը հագեցում է գոլորշիներով. դրա հետևանքով խոնավ ջերմաչափի ցուցմունքները կլինեն սխալ. ավելի բարձր խոնավություն է ցույց տրվում, քան իսկապես գոյություն ունի: Վորպեսզի ճիշտ տվյալ ստացվի, պետք է այնպես անել, վոր խոնավ ջերմաչափի շուրջը ջրի գոլորշիներ չկուտակվեն, իսկ դրա համար պետք է շարժման մեջ դնել ոգը կամ պսիխրոմետրը:

Այդ նպատակի համար ծառայում է ելեկտրական վենտիլատորը: Վենտիլատորը աշխատեցնել այնքան ժամանակ, մինչև վոր նկատվի, վոր խոնավ ջերմաչափի սնդիկը այլևս չի իջնում: Գրի առնել խոնավ ջերմաչափի այդ, ամենացածր ցուցմունքը և վորոշել $t_2 - t_1$ տարբերությունը:

Ոգտվելով պսիխրոմետրիկ աղյուսակից, վորոշել հարաբերական խոնավությունը:

Այն դեպքերում յերբ լաբորատորիայում վենտիլատոր չկա պետք է շարժման մեջ դնել պսիխրոմետրը. դրա համար պետք է վերցնել պսիխրոմետրը և այնքան ճոճել, մինչև վոր նկատվի, վոր խոնավ ջերմաչափը այլևս չի իջնում:

Ա. խառնուրդ № 30

34. ՊԻՆԴ ՆՅՈՒԹԻ ՆԵՐՔԻՆ ՋԵՐՄԱՆՈՐԴԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԳՈՐԾԱԿՅԻ ՎՈՐՈՇԵԼԸ

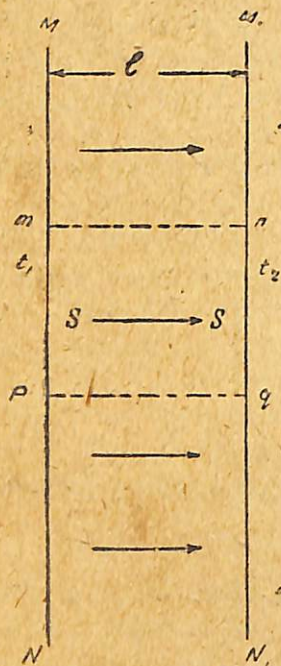
Յեթե մարմնի տարբեր մասերը տարբեր տեմպերատուրա ունեն, կամ յեթե իրար հետ շոշափման մեջ են յերկու մարմին, վորոնց տեմպերատուրաները տարբեր են, ապա ջերմաչափն ենեղգիան սկսում է հոսել մարմնի բարձր տեմպերատուրա ունեցող մասերից դեպի այն կողմը, վորտեղ տեմպերատուրան ցածր է:

Այս յերեույթը կոչվում է ջերմահոդորդականություն և բացատրվում է կինետիկ մոլեկուլար տեսությամբ հետևյալ ձևով: Յեթե մարմնի տարբեր մասերը տարբեր տեմպերատուրա ունեն, ապա այն մասերում, վորտեղ տեմպերատուրան բարձր է, մոլեկուլների շարժման միջին արագությունը մեծ է, իսկ այն տեղերում, վորտեղ տեմպերատուրան ցածր է, մոլեկուլների շարժման միջին արագությունը ավելի փոքր է:

Այսպիսի վիճակը, սակայն, յերկար պահպանվել չի կարող: Արագ շարժվող մոլեկուլների հարվածների ազդեցությամբ տակ, դանդաղ շարժվող մոլեկուլների արագությունը կսկսի մեծանալ: Մյուս

կողմից հարվածները հետևանքով արագ շարժվող մոլեկուլների կինետիկ էներգիան կսկսի նվազել և, ուրեմն, շարժման միջին արագությունը կսկսի նվազել: Բայց վորովհետև ջերմությունը մոլեկուլների կինետիկ էներգիան է, ապա ուրեմն, մարմնի տաք մասերից ջերմությունը անցնում է սառը մասերին:

Պատկերացնենք մի հարթ զուգահեռ թիթեղ, վորը պատրաստած է վորևե համասեռ նյութից (նկ. 103): Յենթադրենք, վոր թիթեղի ձախ MN յերեսի տեմպերատուրան անընդհատ պահպանվում է $t_1^{\circ}\text{C}$



Նկ. 103

վրա, իսկ աջ M'N' յերեսի տեմպերատուրան անընդհատ պահպանվում է $t_2^{\circ}\text{C}$ -ի վրա և, բացի այդ, յենթադրենք, վոր $t_1 > t_2$:

Որինակի համար կարելի է պատկերացնել, այսպես՝ թիթեղը իր ձախ յերեսով կպած է մի ավազանի, վորը պարունակում է անընդհատ յեռացող ջուր, իսկ աջ M'N' յերեսով թիթեղը կպած է մի ուրիշ ավազանի, վորի մեջ լցված է հալվող սառույց:

Այս պայմաններում մարմնի ձախ կողմը կսկսի տաքանալ, իսկ աջ կողմը կսկսի պաղել: Այդ պրոցեսը կշարունակվի այնքան, մինչև վոր ստացվի տեմպերատուրայի հավասարակշռի անկում մարմնի՝ ամբողջ լայնությամբ: Այդ մոմենտից սկսած, մարմնի յուրաքանչյուր կետին, միավոր ժամանակում, ձախից նույնքան ջերմություն է հաղորդվում, վորքան ջերմություն է հոսում այդ կետից դեպի աջ, այսինքն, մարմնի ներսում, վոր մի կետում ջերմություն չի կուտակվում: Ջերմության այդ ձևի հոսելը, յեթե նա ժամանակի ընթացքում չի փոխվում, կոչվում է ստացիոնար հոսանք:

Առանձնացնենք մեր թիթեղի վրա S մակերեսը և հաշվենք, թե այդ մակերեսով, տվյալ ժամանակամիջոցում, ձախից դեպի աջ ինչքան ջերմություն է անցնում:

Դրա համար առանձնացնենք թիթեղի մեջ մի գլան, որը, վորի հիմքերը հավասար են S-ի, և հաշվենք այդ գլանի կամավոր կտրվածքով հոսած ջերմության քանակը:

Քանի վոր հատման մակերեսի յուրաքանչյուր քառակուսի սանտիմետրով հոսում է միևնույն ջերմության քանակը, ապա ամբողջ

մակերեսով հոսած ջերմության քանակը ուղիղ համեմատական կլինի մակերեսին: Բացի այդ, քանի վոր ունենք ջերմության ստացիոնար հոսանք, ապա անցած ջերմության քանակը ուղիղ համեմատական կլինի ժամանակի (T) տեմպերատուրան: Վերջապես ջերմության հաղորդումը այնքան արագ կկատարվի, վորքան մեծ է տեմպերատուրայի անկումը՝ 1 cm ճանապարհի վրա:

Յեթե թիթեղի յերկու յերեսների տեմպերատուրաների տարբերությունն է $t_1 - t_2$, իսկ թիթեղի հաստությունը 1, ապա տեմպերատուրայի անկումը մեկ սանտիմետր յերկարության վրա կլինի՝

$$1) \quad g = \frac{t_1 - t_2}{1}$$

Այս մեծությունը կոչվում է տեմպերատուրային գրադիենտ:

Այդպիսով ստացիոնար հոսանքի դեպքում ջերմահաղորդականության որոնքը կարելի է բանաձևել այսպես:

Տվյալ ժամանակի ընթացքում և տվյալ մակերեսով անցած ջերմության քանակը ուղիղ համեմատական է ժամանակի տեմպերատուրան, մակերեսին և տեմպերատուրային գրադիենտին:

Նշանակելով համեմատականության գործակիցը k-ով, կստանանք, վոր անցած ջերմության քանակը (Q) հավասար է

$$2) \quad Q = k \frac{S \cdot T \cdot (t_1 - t_2)}{l}$$

Մեր բերած որինակում ջերմության գրադիենտը հաստատուն մեծություն է: Կարող է պատահել, վոր մարմնի բոլոր կետերը միևնույն գրադիենտը չունեն: Այդ դեպքում

$$g = \frac{t_1 - t_2}{l}$$

մեծությունը տալիս է միայն միջին գրադիենտը տվյալ հատվածի յերկարությամբ:

Վորպեսզի նման դեպքերում գրադիենտը ճիշտ վորոշենք, պետք է 1 յերկարությունը վերցնել շատ փոքր, ուրեմն, այդ դեպքում 1-ի փոխարեն կունենանք dl, իսկ $t_1 - t_2$ փոխարեն՝ dt. հետևաբար (1) արտահայտության փոխարեն գրադիենտի համար կունենանք՝

$$3) \quad g = \frac{dt}{dl}$$

(2) հավասարության փոխարեն կստանանք՝

$$4) \quad Q = k ST \frac{dt}{dl}$$

$$\text{Յեթե } S = 1 \text{ cm}^2, \quad T = 1 \text{ sec} \text{ իսկ } \frac{t_1 - t_2}{1} = 1 \frac{\text{սստ.}}{\text{cm}}, \text{ ապա (2)}$$

հավասարումից ստանում ենք՝

$$Q = k$$

Ուրեմն, k գործակիցը ցույց է տալիս ջերմության այն քանակը, վորն անցնում է տվյալ մարմնի կտրվածքի մի քառակուսի սահմանափակ մակերեսով, մեկ վայրկյանի ընթացքում, յեթե գրադիենտը հավասար է մեկի:

Այդ քանակությունը կոչվում է ներքին ջերմահաղորդականության գործակից:

Տարբեր նյութերի ջերմահաղորդականության գործակիցը, ինչպես յերևում է աղյուսակից, տարբեր է:

	k		k
արծաթ	1,0960	եթեր	0,000303
պղինձ	0,7190	ոդ	0,0000568
յերկաթ	0,1665	ջրածին	0,000327
երոնիտ	0,000089	հելիում	0,0003386
ջուր	0,00120	ածխած թու գազ	0,0000307

Փորձի կատարումը

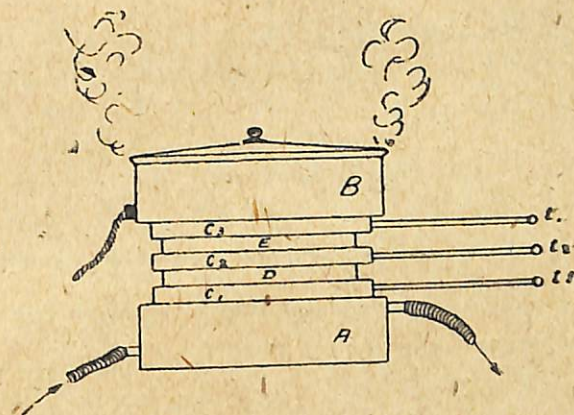
Փորձի համար անհրաժեշտ է՝ Քրիստիանսենի գործիքը, հայտնի է անհայտ ջերմահաղորդականության գործակից ունեցող նյութեր և շտանգենցիրկուլ:

Քրիստիանսենի գործիքը բաղկացած է հետևյալ մասերից՝ A անոթից, վորի միջով հոսում է սառը ջուր (անմիջապես ջրմուղից), B անոթից, վորի մեջ գտնվում է չեռացող ջուր (նկ. 104): Այդ յերկու անոթների միջև դասավորված են յերեք, պղինձե հաստ սկավառակներ՝ C_1 , C_2 և C_3 : Այդ սկավառակները, շառավղի ուղղությամբ, մինչև կենտրոնը ծակված են և նրանց մեջ մտցրած T_1 , T_2 և T_3 ջերմաչափերը: C_1 և C_2 սկավառակների միջև դրված է մի սկավառակ փորձարկվող նյութից, վորի հաստությունն է d_1 և ջերմահաղորդական գործակիցը x է: C_2 և C_3 սկավառակների միջև դրված է E սկավառակը, վորի ջերմահաղորդականությունը հայտնի

է և հավասար է k -ի: E -ի հաստությունն է դիցուք d_2 : D և E սկավառակների մակերեսները պետք է հավասար լինեն մյուս (C) սկավառակների մակերեսին:

Փորձը կատարել հետևյալ կարգով:

Գործիքը հավաքել ինչպես ցույց է տված նկարում, B անոթի մեջ՝ մինչև նրա կեսը լցնել ջուր և անոթի խրանք մտցնել ելեկտրա-



Նկ. 104. Քրիստիանսենի գործիք

կան ցանցի խրանքի մեջ: Բանալ ջրմուղի ծորակը, վորպեսզի A անոթը լցվի ջրով և ստեղծվի ջրի հոսանք: Սպասել մինչև B անոթի ջուրը սկսի յեռալ և ապա դիտել ջերմաչափերի ցուցմունքները:

Սկզբից T_1 , T_2 և T_3 ջերմաչափերի ցուցմունքները կփոփոխվեն և մի վորոշ ժամանակից հետո կանգ կառնեն վորոշ աստիճանների վրա, դիցուք t_1 , t_2 և t_3 :

Վորեք T ժամանակի ընթացքում D սկավառակով հոսած ջերմության քանակը հավասար կլինի՝

$$Q_1 = x \frac{ST(t_1 - t_2)}{d_1}$$

նույն ժամանակի ընթացքում E շերտով հոսած ջերմության քանակը կլինի՝

$$Q_2 = k \frac{ST(t_2 - t_3)}{d_2}$$

Բայց վորովհետև հոսանքը ստացիոնար է, ապա

$$Q_1 = Q_2$$

4, ուրեմն՝

$$5) \frac{x(t_1 - t_2)}{d_1} = \frac{k(t_2 - t_3)}{d_2}$$

Վերադառնալով՝

$$6) x = \frac{k(t_2 - t_3) \cdot d_1}{(t_1 - t_2) d_2}$$

k -ի արժեքը վերցնել աղյուսակից, t_1 , t_2 և t_3 ջերմաչափերի ցուցմունքներն են, իսկ d_1 և d_2 սկավառակների հաստութիւնները չափել շառնգենցիով կոչով:

Սխալի հաշվումը

$\frac{\Delta x}{x}$ հարաբերական սխալը վորոշել վորպես կոտորակի սխալ, վորը հավասար է համարիչի հարաբերական սխալին գումարած հայտարարի հարաբերական սխալը:

Ուրեմն՝

$$\frac{\Delta x}{x} = \pm \left(\frac{\Delta d_1}{d_1} + \frac{\Delta d_2}{d_2} + \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{t_1 - t_2} + \frac{\Delta t_2 + \Delta t_3}{t_2 - t_3} \right)$$

ԲԱՆԱԶԵՎԵՐ ՅԵՎ ԱՂՅՈՒՍԱԿՆԵՐ

1. ՀԱՆՐԱՀԱՇՎԱԿԱՆ ՅԵՎ ՅԵՌԱՆԿՅՈՒՆԱԶՓԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲԱՆԱԶԵՎԵՐ

- 1) $(a+b)(a-b) = a^2 - b^2$
- 2) $(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$
 $(a+b+c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc$
- 3) $(a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$
- 4) $(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$
- 5) $(a-b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$
- 6) $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$
- 7) $a^m : a^n = a^{m-n}$
- 8) $(a^m)^n = a^{mn}$
- 9) $\sqrt[n]{a} \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{ab}$
- 10) $\sqrt[n]{a} : \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$
- 11) $\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[nm]{a}$
- 12) $(\sqrt[n]{a})^m = \sqrt[n]{a^m}$
- 13) $a^{-m} = \frac{1}{a^m}$
- 14) $a^{\frac{p}{q}} = \sqrt[q]{a^p}$
- 15) $\log(ab) = \log a + \log b$
- 16) $\log(a:b) = \log a - \log b$
- 17) $\log(a^n) = n \log a$
- 18) $\log \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \log a$
- 19) $\log \frac{1}{a} = -\log a$
- 20) $\sin(90^\circ - x) = \cos x$; $\cos(90^\circ - x) = \sin x$
- 21) $\sin(90^\circ + x) = \cos x$; $\cos(90^\circ + x) = -\sin x$

$$22) \sin(180^\circ - x) = \sin x \quad \cos(180^\circ - x) = -\cos x$$

$$23) \sin(-x) = -\sin x \quad \cos(-x) = \cos x$$

$$24) \sin(x+y) = \sin x \cos y + \sin y \cos x$$

$$25) \sin(x-y) = \sin x \cos y - \sin y \cos x$$

$$26) \cos(x+y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$$

$$27) \cos(x-y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$$

$$28) \sin 2x = 2 \sin x \cos y$$

$$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$$

$$29) \sin \frac{x}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos x}{2}}$$

$$\cos \frac{x}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos x}{2}}$$

2. ԲԱՆԱԶԵՎԵՐ ՄՈՏԱՎՈՐ ՀԱՇԻՎՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Յեթե $\alpha, \beta, \gamma \dots$ մեծությունների արժեքները փոքր են՝ համեմատաբար 1-ի հետ, ապա մոտավոր հաշիվների ժամանակ կարելի չէ ոգտվել հետևյալ բանաձևերից

$$1) (1+\alpha)(1+\beta) = 1+\alpha+\beta$$

$$2) (1+\alpha)(1-\beta) = 1+\alpha-\beta$$

$$3) (1+\alpha)^2 = 1+2\alpha$$

$$4) \sqrt{1+\alpha} = 1 + \frac{\alpha}{2}$$

$$5) (1+\alpha)^n = 1+n\alpha$$

$$6) \frac{1}{1+\alpha} = (1+\alpha)^{-1} = 1-\alpha$$

$$7) \frac{1}{\sqrt{1+\alpha}} = (1+\alpha)^{-\frac{1}{2}} = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$8) \frac{(1+\alpha)(1+\beta)}{(1-\gamma)(1-\delta)} = 1+\alpha+\beta-\gamma-\delta$$

$$9) e^\alpha = 1+\alpha \quad \ln(1+\alpha) = \alpha$$

$$10) \sin x = x \quad \cos x = 1$$

վերահղ x -ը փոքր անկյունն է, քիչ է տարբերվում զերոյից:

3. ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ՅԵՎ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՀԱՇԻՎՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԲԱՆԱԶԵՎԵՐԸ

$$1) \frac{d(u \pm v)}{dx} = \frac{du}{dx} \pm \frac{dv}{dx}$$

$$2) \frac{d(u \cdot v)}{dx} = u \frac{dv}{dx} + v \frac{du}{dx}$$

$$3) \frac{d\left(\frac{u}{v}\right)}{dx} = \frac{v \frac{du}{dx} - u \frac{dv}{dx}}{v^2}$$

$$4) \frac{d(x^m)}{dx} = mx^{m-1}$$

$$5) \frac{d(a^x)}{dx} = a^x \log a$$

$$6) \frac{d(\ln x)}{dx} = \frac{1}{x}$$

$$7) \frac{d \sin x}{dx} = \cos x; \quad \frac{d \cos x}{dx} = -\sin x$$

$$8) \frac{d \operatorname{tg} x}{dx} = \frac{1}{\cos^2 x}; \quad \frac{d \operatorname{ctg} x}{dx} = -\frac{1}{\sin^2 x}$$

$$9) \int (x+a)^m dx = \frac{1}{m+1} (x+a)^{m+1}$$

$$10) \int \frac{dx}{a+x} = \log(a+x)$$

$$11) \int \sin x dx = -\cos x; \quad \int \cos x dx = \sin x$$

$$12) \int e^x dx = e^x$$

Աղյուսակ I

Աստիճան, արժան, քառյճ մեծություն, քառյճանոցիճ յեկ քառյճնի մակերես

n	n ²	n ³	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\pi \cdot n$	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
1	1	1	1,0000	1,0000	1000,000	3,142	0,7854	1
2	4	8	1,4142	1,2599	500,000	6,283	3,1416	2
3	9	27	1,7321	1,4422	333,333	9,425	7,0686	3
4	16	64	2,0000	1,5874	250,000	12,566	12,5664	4
5	25	125	2,2361	1,7100	200,000	15,708	19,6350	5
6	36	216	2,4495	1,8171	166,667	18,859	28,2743	6
7	49	343	2,6458	1,9129	142,877	21,991	38,4845	7
8	64	512	2,8284	2,0000	125,000	25,133	50,2655	8
9	81	729	3,0000	2,0801	111,111	28,274	63,6173	9
10	100	1000	3,1623	2,1544	100,000	31,416	78,5398	10
11	121	1331	3,3166	2,2240	90,9091	34,558	95,0332	11
12	144	1728	3,4641	2,2894	83,3333	37,699	113,097	12
13	169	2197	3,6056	2,3513	76,9231	40,841	132,732	13
14	196	2744	3,7417	2,4101	71,4286	43,982	153,938	14
15	225	3375	3,8730	2,4662	66,6667	47,124	176,715	15
16	256	4096	4,0000	2,5198	62,5000	50,265	201,062	16
17	289	4913	4,1231	2,5713	58,8235	53,407	226,980	17
18	324	5832	4,2426	2,6207	55,5556	56,549	254,496	18
19	361	6859	4,3589	2,6684	52,6316	59,690	283,529	19
20	400	8000	4,4721	2,7144	50,0000	62,832	314,159	20
21	441	9261	4,5826	2,7589	47,6190	65,973	346,361	21
22	484	10648	4,6904	2,8020	45,4545	69,115	380,133	22
23	529	12167	4,7958	2,8439	43,4783	72,257	415,476	23
24	576	13824	4,8990	2,8845	41,6667	75,398	452,389	24
25	625	15625	5,0000	2,9240	40,0000	78,540	490,874	25
26	676	17576	5,0940	2,9625	38,4615	80,681	530,929	26
27	729	19683	5,1962	3,0000	37,0370	84,823	572,555	27
28	784	21952	5,2915	3,0366	35,7143	87,965	615,752	28
29	841	24389	5,3852	3,0723	34,4828	91,106	660,520	29
30	900	27000	5,4772	3,1072	33,3333	94,248	706,858	30
31	961	29791	5,5678	3,1414	32,2581	97,389	754,768	31
32	1024	32768	5,6569	3,1748	31,2500	100,531	804,248	32
33	1089	35937	5,7446	3,2075	30,3030	106,673	855,299	33
34	1156	39304	5,8310	3,2396	29,4118	108,814	907,920	34
35	1225	42875	5,9161	3,2711	28,5714	109,956	962,113	35
36	1296	46656	6,0000	3,3019	27,7778	113,097	1017,88	36
37	1369	50653	6,0828	3,3322	27,0270	116,239	1075,21	37
38	1444	54872	6,1644	3,3620	26,3158	119,381	1134,11	38
39	1521	59319	6,2450	3,3912	25,6410	122,522	1194,59	39
40	1600	64000	6,3246	3,4200	25,0000	125,66	1256,64	40
41	1681	68921	6,4031	3,4482	24,3902	128,81	1320,25	41
42	1764	74088	6,4807	3,4760	23,8095	131,95	1385,44	42
43	1849	79507	6,5574	3,5034	23,2558	135,09	1452,20	43
44	1936	85184	6,6332	3,5303	22,7273	138,23	1520,53	44
45	2025	91125	6,7082	3,5569	22,2222	141,37	1590,43	45
46	2116	97336	6,7823	3,5830	21,7391	144,51	1661,90	46
47	2209	103823	6,8557	3,6088	21,2766	147,65	1734,94	47
48	2304	110592	6,9282	3,6342	20,8333	150,80	1809,56	48
49	2401	117649	7,0000	3,6593	20,4082	153,94	1885,74	49
50	2500	125000	7,0711	3,6840	20,0000	157,08	1963,50	50

Շարունակություն

n	n ²	n ³	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1000}{n}$	$\pi \cdot n$	$\frac{\pi n^2}{4}$	n
51	2601	132651	7,1414	3,7084	19,6078	160,22	2042,82	51
52	2704	14608	7,2111	3,7325	19,2308	163,36	2123,72	52
53	2809	148877	7,2801	3,7563	18,8679	166,50	2206,18	53
54	2916	157464	7,3485	3,7798	18,5185	169,65	2290,22	54
55	3025	166375	7,4162	3,8030	18,1818	172,79	2375,83	55
56	3136	175616	7,4833	3,8259	17,8571	175,93	2463,01	56
57	3249	185193	7,5498	3,8485	17,5439	179,07	2551,76	57
58	3364	195112	7,6158	3,8709	17,2414	182,21	2642,08	58
59	3481	205379	7,6811	3,8930	16,9492	185,35	2733,97	59
60	3600	216000	7,7460	3,9149	16,6667	188,50	2827,43	60
61	3721	226981	7,8102	3,9365	16,3934	191,64	2922,47	61
62	3844	238328	7,8740	3,9579	16,1290	194,78	3019,07	62
63	3969	250047	7,9373	3,9791	15,8730	197,92	3117,25	63
64	4096	262144	8,0000	4,0000	15,6250	201,06	3216,99	64
65	4225	274625	8,0623	4,0207	15,3846	204,20	3318,31	65
66	4356	287496	8,1240	4,0411	15,1515	207,35	3421,19	66
67	4489	300763	8,1854	4,0615	14,9254	210,49	3525,65	67
68	4624	314432	8,2462	4,0817	14,7059	213,63	3631,68	68
69	4761	328509	8,3066	4,1016	14,4928	216,77	3739,28	69
70	4900	343000	8,3666	4,1213	14,2857	219,91	3848,45	70
71	5041	357911	8,4261	4,1408	14,0845	223,05	3959,19	71
72	5184	373248	8,4853	4,1602	13,8889	226,19	4071,50	72
73	5329	389017	8,5440	4,1793	13,6986	229,34	4185,39	73
74	5476	405224	8,6023	4,1983	13,5135	232,48	4300,84	74
75	5625	421875	8,6603	4,2172	13,3333	235,62	4417,86	75
76	5776	438976	8,7178	4,2358	13,1579	238,76	4536,46	76
77	5929	456533	8,7750	4,2543	12,9870	241,90	4656,63	77
78	6084	474552	8,8318	4,2727	12,8205	245,04	4778,36	78
79	6241	493039	8,8882	4,2908	12,6582	248,19	4901,67	79
80	6400	512000	8,9443	4,3089	12,5000	251,33	5026,55	80
81	6561	531441	9,0000	4,3267	12,3457	254,47	5153,00	81
82	6724	551368	9,0554	4,3445	12,1951	257,61	5281,02	82
83	6889	571787	9,1104	4,3621	12,0482	260,75	5410,61	83
84	7056	592704	9,1652	4,3795	11,9048	263,89	5541,77	84
85	7225	614125	9,2195	4,3968	11,7647	267,04	5674,50	85
86	7396	636056	9,2736	4,4140	11,6279	270,18	5808,80	86
87	7569	658503	9,3274	4,4310	11,4943	273,32	5944,68	87
88	7744	681472	9,3808	4,4480	11,3636	276,45	6082,12	88
89	7921	704969	9,4340	4,4647	11,2360	279,60	6221,14	89
90	8100	729000	9,4868	4,4814	11,1111	282,74	6361,73	90
91	8281	753571	9,5394	4,4979	10,9900	285,88	6503,88	91
92	8464	778688	9,5917	4,5144	10,8696	289,03	6647,61	92
93	8649	804357	9,6437	4,5307	10,7527	292,17	6792,91	93
94	8836	830584	9,6954	4,5468	10,6383	295,31	6939,78	94
95	9025	857375	9,7468	4,5629	10,5263	298,45	7088,22	95
96	9216	884736	9,7980	4,5789	10,4167	301,59	7238,23	96
97	9409	912673	9,8489	4,5947	10,3093	304,73	7389,81	97
98	9604	941192	9,8995	4,6104	10,2041	307,88	7542,95	98
99	9801	970299	9,9499	4,6261	10,1010	311,02	7697,69	99
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	10,0000	314,16	7853,98	100

Աղյուսակ II

Միմուսի յեւ զանգեկնի արժեքները 0°—90° անկյունների համար

	Միմուս	Տանգենս		Միմուս	Տանգենս		Միմուս	Տանգենս
0°	0,0000	0,0000	30°	0,5000	0,5774	60°	0,8660	1,732
1	0,0175	0,0175	31	0,5150	0,6009	61	0,8746	1,804
2	0,0349	0,0349	32	0,5299	0,6249	62	0,8829	1,881
3	0,0523	0,0524	33	0,5446	0,6494	63	0,8910	1,963
4	0,0698	0,0699	34	0,5592	0,6745	64	0,8988	2,050
5	0,0872	0,0875	35	0,5736	0,7002	65	0,9063	2,145
6	0,1045	0,1051	36	0,5878	0,7265	66	0,9135	2,246
7	0,1219	0,1228	37	0,6018	0,7536	67	0,9205	2,356
8	0,1392	0,1405	38	0,6157	0,7813	68	0,9272	2,475
9	0,1564	0,1584	39	0,6293	0,8093	69	0,9336	2,605
10	0,1736	0,1763	40	0,6428	0,8391	70	0,9397	2,747
11	0,1908	0,1944	41	0,6561	0,8693	71	0,9455	2,904
12	0,2079	0,2129	42	0,6691	0,9004	72	0,9511	3,078
13	0,2250	0,2309	43	0,6820	0,9325	73	0,9563	3,271
14	0,2419	0,2493	44	0,6947	0,9657	74	0,9613	3,487
15	0,2588	0,2679	45	0,7071	1,0000	75	0,9659	3,732
16	0,2756	0,2867	46	0,7193	1,036	76	0,9703	4,011
17	0,2924	0,3057	47	0,7314	1,072	77	0,9744	4,331
18	0,3090	0,3249	48	0,7431	1,111	78	0,9781	4,705
19	0,3256	0,3443	49	0,7547	1,150	79	0,9816	5,145
20	0,3420	0,3640	50	0,7660	1,192	80	0,9848	5,671
21	0,3584	0,3839	51	0,7771	1,235	81	0,9877	6,314
22	0,3746	0,4040	52	0,7880	1,280	82	0,9903	7,115
23	0,3907	0,4245	53	0,7986	1,327	83	0,9925	8,144
24	0,4067	0,4452	54	0,8090	1,376	84	0,9945	9,514
25	0,4226	0,4663	55	0,8192	1,428	85	0,9962	11,43
26	0,4384	0,4877	56	0,8290	1,483	86	0,9976	14,30
27	0,4540	0,5095	57	0,8387	1,540	87	0,9986	19,08
28	0,4695	0,5317	58	0,8480	1,600	88	0,9994	28,64
29	0,4848	0,5543	59	0,8572	1,664	89	0,9998	57,29
30	0,5000	0,5774	60	0,8660	1,732	90	1,000	∞

Աղյուսակ III

Տարբեր մասերների տեսակարար կեիւր

Պինդ մարմիններ		Տեսակ. կշիռ 0°-ում		Տեսակ. կշիռ 0°-ում	
Անտրացիտ	1,5	Սոճի չոր	0,48		
Բետոն	2,25	Սոճի թաց	0,74		
Կավ նոր փորած	2,25	Խցան	0,24		
Կավ չոր	1,4	Սառույց	0,9		
Գրանիտ	2,65	Ապակի (կրոնդլաս)	2,56		
Հող չոր	1,8	Ալյումինիում	2,6		
Հող փխրուն	1,2	Վոսկի	19,2		
Կրաքար	2,7	Պղինձ ձուլած	8,8		
Ավաղ չոր	1,5	Անագ ձուլած	7,23		
Աղյուս	1,8	Արույր ձուլած	8,45		
Սև փայտ	1,2	Պողպատ ձուլած	7,86		
Զուր կաղնի	0,80	Յերկաթ	7,8		
Թաց կաղնի	1,05	Պլատին	21,5		
Յեղեղի չոր	0,60	Արճիճ	11,4		
Յեղեղի թաց	1,00	Արծաթ	10,5		
Կեչի չոր	0,72	Յինկ	7,2		
Կեչի թաց	0,90	Թուջի	7,0		
Հեղուկներ					
		Տեսակ. կշիռ 15°-ում		Տեսակ. կշիռ 15°-ում	
Բենզին	0,69—0,70	Նավթ	0,77		
Մաքուր ջուր (4°-ում)	1,00	Սնդիկ (0°-ում)	13,6		
Տղկանեթի ձեթ	0,97	Բեղեղն	0,86		
Կերոսին	0,79—0,82	Սպիրտ (էթիլ)	0,79		
Զիթապտուղի ձեթ	0,92	Եթեր	0,72		

Աղյուսակ IV

Սնդիկի սեռակարար կեիոր t^0 սեմպեռսուրի համար

t^0	d	t^0	d	t^0	d
0	13,5955	10	13,5708	20	13,5461
1	13,5930	11	13,5683	21	13,5437
2	13,5905	12	13,5658	22	13,5412
3	13,5880	13	13,5634	23	13,5388
4	13,5856	14	13,5609	24	13,5363
5	13,5831	15	13,5584	25	13,5339
6	13,5806	16	13,5560	26	13,5314
7	13,5782	17	13,5535	27	13,5290
8	13,5757	18	13,5511	28	13,5265
9	13,5732	19	13,5486	29	13,5241
10	13,5708	20	13,5461	30	13,5216

Աղյուսակ V

Ջրի սեռակարար կեիոր արբեր սեմպեռսուրի համար

Տեմպե- րատուրա	Տես. կշիռ	Տեմպե- րատուրա	Տես. կշիռ	Տեմպե- րատուրա	Տես. կշիռ
0 ⁰	0,99988	10 ⁰	0,99974	20 ⁰	0,99827
1	0,99993	11	0,99965	21	0,99806
2	0,99997	12	0,99955	22	0,99784
3	0,99999	13	0,99943	23	0,99761
4	1,00000	14	0,99930	24	0,99737
5	0,99999	15	0,99915	25	0,99713
6	0,99997	16	0,99900	26	0,99688
7	0,99994	17	0,99884	27	0,99661
8	0,99988	18	0,99866	28	0,99634
9	0,99982	19	0,99847	29	0,99606
10	0,99974	20	0,99827	30	0,99578

Աղյուսակ VI

Չոր ողի սեռակարար կեիոր արբեր սեմպեռսուրի յեկ հնաման համար

Ճնշումը—մմ (սնդիկի սյան)

°	700	710	720	730	740	750	760	770	780
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0	1101	1208	1225	1242	1259	1276	1293	1310	1327
1	1187	1204	1221	1238	1255	1272	1288	1305	1322
2	1182	1199	1216	1233	1250	1267	1284	1301	1318
3	1178	1195	1212	1229	1245	1262	1279	1296	1313
4	1174	1191	1207	1224	1241	1258	1274	1291	1308
5	1170	1186	1203	1220	1236	1253	1270	1287	1303
6	1165	1182	1199	1215	1232	1249	1265	1282	1299
7	1161	1178	1194	1211	1228	1244	1261	1277	1294
8	1157	1174	1190	1207	1223	1240	1256	1273	1289
9	1153	1169	1186	1202	1219	1235	1252	1268	1285
10	1149	1165	1182	1198	1215	1231	1247	1264	1280
11	1145	1161	1178	1194	1210	1227	1243	1259	1276
12	1141	1157	1173	1190	1206	1222	1239	1255	1271
13	1137	1153	1169	1186	1202	1218	1234	1251	1267
14	1133	1149	1165	1181	1198	1214	1230	1246	1262
15	1129	1145	1161	1177	1193	1210	1226	1242	1258
16	1125	1141	1157	1173	1189	1205	1221	1238	1254
17	1121	1137	1153	1169	1185	1201	1217	1233	1249
18	1117	1133	1149	1165	1181	1197	1213	1229	1245
19	1113	1129	1145	1161	1177	1193	1209	1225	1241
20	1010	1126	1141	1157	1173	1189	1205	1221	1236
21	1106	1122	1137	1153	1169	1185	1201	1216	1232
22	1102	1118	1134	1149	1165	1181	1197	1212	1228
23	1098	1114	1130	1145	1161	1177	1193	1208	1224
24	1095	1110	1126	1142	1157	1173	1189	1204	1220
25	1091	1107	1122	1138	1153	1169	1185	1200	1216
26	1087	1103	1118	1134	1149	1165	1181	1196	1212
27	1084	1099	1115	1130	1146	1161	1177	1192	1208
28	1080	1096	1111	1126	1142	1157	1173	1188	1204
29	1077	1092	1107	1123	1138	1153	1169	1184	1200
30	1073	1088	1104	1119	1134	1150	1165	1180	1196

Սղյուսակ VII

Բարոմետրի ցուցմունքը վերածած 0°-ի համար

Արույրի քանակի համար

$$\Delta H_t = 0,000162 H_t \cdot t$$

t°C	Բարոմետրի ցուցմունքը մմ-ով (սնդիկի սյան)											
	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780
1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
2	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25
3	0,33	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38
4	0,44	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51
5	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64
6	0,66	0,67	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76
7	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89
8	0,87	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02
9	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,11	1,13	1,14
10	1,09	1,11	1,12	1,14	1,16	1,17	1,19	1,21	1,22	1,24	1,26	1,27
11	1,20	1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	1,31	1,33	1,34	1,36	1,38	1,40
12	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53
13	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65
14	1,51	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,67	1,69	1,71	1,73	1,76	1,78
15	1,64	1,66	1,69	1,71	1,74	1,76	1,78	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91
16	1,75	1,77	1,80	1,83	1,85	1,88	1,90	1,93	1,96	1,98	2,01	2,03
17	1,86	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,13	2,16
18	1,97	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29
19	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35	2,38	2,42
20	2,18	2,22	2,25	2,28	2,31	2,35	2,38	2,41	2,45	2,48	2,51	2,54
21	2,29	2,33	2,36	2,40	2,43	2,46	2,50	2,53	2,57	2,60	2,64	2,67
22	2,40	2,44	2,47	2,51	2,55	2,58	2,62	2,65	2,69	2,73	2,76	2,80
23	2,51	2,55	2,59	2,62	2,66	2,70	2,74	2,77	2,81	2,85	2,89	2,92
24	2,62	2,66	2,70	2,74	2,78	2,82	2,86	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05
25	2,73	2,77	2,81	2,85	2,89	2,93	2,97	3,02	3,06	3,10	3,14	3,18

Որինակ. վերջինսղի գտնենք 720 մմ. ճնշման ուղղումը 10°-ի համար, պետք է «720» սյան և 10°-ի համապատասխան առդի 1,17 թիվը վերցնել:

Սղյուսակ VIII

Քաղի ծավալը նորմալ պայմաններում (0° յեվ 760 մմ ննեման սակ)

Յեթե դադի ծավալը (V_t) և խտությունը (δ_t) t^0 տեմպերատուրի և H մմ ճնշման համար հայտնի լին, ապա 0° և 760 մմ ճնշման համար ծավալը V_0 և խտությունը δ_0 հավասար կլինեն

$$V_0 = \frac{V_t}{1 + \beta t} \cdot \frac{H}{760}$$

և

$$\delta_0 = \delta_t (1 + \beta t) \cdot \frac{760}{H}, \text{ զորտեղ } \beta = \frac{1}{273} = 0,00367$$

Հաշվիները համար անհրաժեշտ են $\frac{H}{760}$ և $(1 + \beta t)$ արտահայտությունների ար-

ժեքները

t°	1 + βt	H	$\frac{H}{760}$	P. P		
				mm	0,0131	0,0132
10°	1,0367	660	0,8684			
11°	1,0404	670	0,8816			
12°	1,0440	680	0,8947	1	0,0013	0,0013
13°	1,0477	690	0,9079	2	26	26
14°	1,0514	700	0,9211	3	39	40
15°	1,0550	710	0,9342	4	52	53
16°	1,0587	720	0,9474	5	66	66
17°	1,0624	730	0,9605	6	79	79
18°	1,0661	740	0,9737	7	92	92
19°	1,0697	750	0,9868	8	105	106
20°	1,0734	760	1,0000	9	118	119
21°	1,0771					
22°	1,0807	770	1,0132			
23°	1,0844	780	1,0263			
24°	1,0881	790	1,0395			
25°	1,0917	800	1,0526			
26°	1,0954	810	1,0658			
27°	1,0991	820	1,0789			
28°	1,1028					
29°	1,1064					
30°	1,1101					

Աղյուսակ IX

Ջրի յեռման հեմպերատուրան (T°) H մմ նմանակ սակ

H	T°	H	T°	H	T°	H	T°	H	T°	H	T°
660	96,10	680	96,92	700	97,71	720	98,40	740	99,26	760	100,00
661	96,14	681	96,96	701	97,75	721	98,53	741	99,30	761	100,04
662	96,18	682	97,00	702	97,79	722	98,57	742	99,33	762	100,07
663	96,22	683	97,04	703	97,83	723	98,61	743	99,37	763	100,11
664	96,26	684	97,08	704	97,87	724	98,65	744	99,41	764	100,15
665	96,30	685	97,12	705	97,91	725	98,69	745	99,44	765	100,18
666	96,34	686	97,16	706	97,95	726	98,73	746	99,48	766	100,22
667	96,38	687	97,20	707	97,99	727	98,77	747	99,52	767	100,26
668	96,42	688	97,24	708	98,03	728	98,80	748	99,56	768	100,29
669	96,47	689	97,28	709	98,07	729	98,84	749	99,59	769	100,33
670	96,51	690	97,32	710	98,11	730	98,88	750	99,63	770	100,36
671	96,55	691	97,36	711	98,14	731	98,92	751	99,67	771	100,40
672	96,59	692	97,40	712	98,18	732	98,95	752	99,71	772	100,44
673	96,63	693	97,44	713	98,22	733	98,99	753	99,74	773	100,47
674	96,67	694	97,48	714	98,26	734	99,03	754	99,78	774	100,51
675	96,71	695	97,52	715	98,30	735	99,07	755	99,82	775	100,55
676	96,75	696	97,56	716	98,34	736	99,11	756	99,85	776	100,58
677	96,79	697	97,60	717	98,38	737	99,14	757	99,89	777	100,62
678	96,83	698	97,63	718	98,42	738	99,18	758	99,93	778	100,65
679	96,88	699	97,67	719	98,45	739	99,22	759	99,96	779	100,69
680	96,92	700	97,71	720	98,49	740	99,26	760	100,00	780	100,73

Աղյուսակ X

Ջրային գոլորտի նմանություն (f) (սնդիկի սյան մմ) յեմ ջրային գոլորտի կեիոր (e) գր.
(խորանարդ մետր-գրամներով) յեմ գոլորտին հագեցած է t°-ում:

t°	f մմ-ով	e գր-ով	t°	f մմ-ով	e գր-ով
-10°	2,2	2,4	10°	9,1	9,3
-9	2,3	2,5	11	9,8	10,0
-8	2,5	2,7	12	10,4	10,6
-7	2,7	2,9	13	11,1	11,2
-6	2,9	3,1	14	11,9	12,0
-5	3,2	3,4	15	12,7	12,8
-4	3,4	3,7	16	13,5	13,5
-3	3,7	4,0	17	14,4	14,4
-2	3,9	4,2	18	15,3	15,2
-1	4,2	4,5	19	16,3	16,2
0	4,6	4,9	20	17,4	17,2
1	4,9	5,2	21	18,5	18,2
2	5,3	5,6	22	19,6	19,2
3	5,7	6,0	23	20,9	20,4
4	6,1	6,4	24	22,2	21,6
5	6,5	6,8	25	23,5	22,8
6	7,0	7,3	26	25,0	24,2
7	7,5	7,8	27	26,5	25,6
8	8,0	8,2	28	28,1	27,0
9	8,5	8,7	29	29,7	28,5
10	9,1	9,3	30	31,5	30,1

Աղյուսակ XI

Մարմնի կեիոր դասարկության մեջ

Յեթե մարմնի կշիռը ողի մեջ հավասար է m գրամին, իսկ նրա տեսակարար կշիռը d է, ապա նույն մարմնի կշիռը դատարկության մեջ ստանալու համար պետք է նրա կշիռն դումարել mk միլիգրամ, զորտեղ k հավասար է

$$k = 1,20 \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{8,4} \right)$$

ըստ վորում արույրե կշռաքարերի տեսակ. կշիռը ընդունված է 8,4, իսկ ողի տեսակ կշիռը՝ 0,00120

d	k	d	k	d	k
0,7	+1,57	2,0	+0,457	8	+0,007
0,8	1,36	2,5	0,337	9	-0,010
0,9	1,19	3,0	0,257	10	-0,023
1,0	1,06	3,5	0,200	11	-0,034
1,1	0,95	4,0	0,157	12	-0,043
1,2	0,86	4,5	0,124	13	-0,051
1,3	0,78	5,0	0,097	14	-0,057
1,4	0,71	5,5	0,075	15	-0,063
1,5	0,66	6,0	0,057	16	-0,068
1,6	0,61	6,5	0,042	17	-0,072
1,7	0,56	7,0	0,029	18	-0,076
1,8	0,52	7,5	0,017	19	-0,080
1,9	0,49	8,0	+0,007	20	-0,083
2,0	+0,46			21	-0,086

Աղյուսակ XII

Ծանրության ուժի արագացումը (g) աշխարհագրական տարբեր լայնությունների վրա

$$g_{45} = 980,62 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$$

φ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
g	978,1	978,2	978,7	979,3	980,2	981,1	981,9	982,6	983,0	983,2
g/g ₄₅	0,9974	0,9976	0,9980	0,9987	0,9995	1,0006	1,0013	1,0020	1,0024	1,0026

Աղյուսակ XIII

Յունգի մոդուլը, վոյորման մոդուլը, Պուասոնի գործակիցը.

Յունգի մոդուլը $E \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$, վոյորման մոդուլը $G \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ Պուասոնի գործակիցը μ

	E	G	μ
Ալյումինիում	6300—7200	2300—2700	0,33
Յերկաթ կռած	20000—22000	7000—8300	0,28
Յերկաթ ձուլած	18000	5000	0,23—0,27
Արույր	8000—10000	2700—3700	0,3—0,4
Պղինձ	10000—13000	3900—4860	0,34
Նիկել	20000—22000	7800	0,30
Անագ	4000—5500	1700	0,33
Արճիճ	1500—1700	550	0,43
Արծաթ	7000—8000	2500—2900	0,37
Պողպատ	20000—22000	8000—8300	0,28
Ապակի	5000—8000	2000—3000	0,2—0,3
Յինկ	8000—13000	4000	0,2—0,3

Աղյուսակ XIV

Պինդ մարմինների մի քանի հաստատուններ

Քծային ընդարձակման գործակից α , տեսակարար ջերմունակություն q (18°C -ում), ջերմադրություն k , հալման տեմպերատուրա θ , յեման տեմպերատուրա ρ , հալման թափանցիկություն τ

	α	q	k	θ°	ρ	τ°
	0,0000					
Ալյումինիում	238	0,214	0,48	658	94	1800
Բեռլիում	134	0,028	0,019	271	10,2	1420
Վոլֆրամ	043	0,033	—	3400	—	4800
Յերկաթ	12	0,111	0,14—0,17	1530	49	2450
Վոսկի	144	0,031	0,70	1063	12,0	2500
Իրիդիում	065	0,032	0,34	2340	—	—
Կոստանտան	152	0,098	0,054	—	—	—
Արույր	185	0,093	0,15—0,30	մոտ 900	—	—
Պղինձ	165	0,091	0,90	1083	41	2300
Մոլիբդեն	52	0,062	—	2500	—	3560
Նատրիում	7	0,30	0,31	97,5	27	877
Նիկել	131	0,106	0,14	1450	65	—
Անագ	230	0,054	0,15	231,8	13,8	2270
Արճիճ	292	0,031	0,08	327,4	5,5	1525
Սելեն մետաղ	66	0,03	—	217,4	84	960
Ծծումբ ոռմալ	9	0,17	0,0005	112,8	9	443,5
՝ մոնոկլ	—	0,18		119	10	
Արծաթ	197	0,055	1,01	960,5	26,0	1950
Վոլդի համաձ	—	0,04	0,03	65—70	8	—
Ռոդեյի համաձ	—	0,04	0,04	95	7	—
Ապակի յեն. 16	081	0,19	0,0023	—	—	—
՝ 59	059	0,19	0,0022	—	—	—
Պողպատ	115	0,114	0,06—0,12	1400	—	—

Աղյուսակ XV

Հեղուկների մի քանի հաստատուններ

Կապիլար հաստատուն a^2 18°C $\left(\frac{q}{\rho} - \rho\right)$, տեսակ. մածուցիկություն η 18°C $\left(\frac{\eta}{\rho} - \rho\right)$; ընդարձակման գործակից β 18°C ; տեսակ. ջերմունակություն q 18°C $\left(\frac{q}{\rho} - \rho\right)$; հալման կետ θ ; հալման թափում. ջերմ. ρ $\left(\frac{q}{\rho} - \rho\right)$; յեռման կետ τ ; գոլորշ. թափում. ջերմ. λ $\left(\frac{q}{\rho} - \rho\right)$ կրիտ. տեմպերատուրա t ; կրիտ. ճնշում p (մմ-ով)

	a^2	$10^2 \eta$	β	q	θ^0	ρ	τ^0	λ	t^0	p
			0,00							
Անիլին	43	4,6	085	0,50	— 6,2	21	184,2	104	426	40
Ացետոն	23,3	0,337	131	0,52	— 94,3	—	56,7	125	235	40
Բենզոլ	29,0	0,673	124	0,407	+ 5,50	30,4	80,2	94	288	36
Բրոմ	44	1,02	112	0,11	— 7,3	16,2	63,0	43	302	—
Ջուր	72,8	1,05	018	0,999	0	70,7	100,0	539,1	374	156
Գլիցերին	66	1,070	050	0,58	— 20	42	290	—	—	—
Դսիլ	28,4	0,647	101	0,40	— 49,3	39	138,5	81	350	27
Նավթ	26	—	092	0,51	—	—	—	—	—	—
Պենտան	—	0,244	160	0,52	— 160	—	27,9	—	201	33
Սնդիկ	500	1,59	0181	0,033	— 38,9	2,8	356,7	68	1470	—
Ծծմբածխածին	32	0,352	121	0,24	— 112,0	—	46,2	85	273	55
Սպիրտ մեթիլ	22,8	0,632	122	0,60	— 97	—	64,7	265	240	60
Սպիրտ էթիլ	22,0	1,22	110	0,58	— 114	—	78,3	202	243	48
Սպիրտ պրոպիլ	23,6	2,39	095	0,57	— 127	—	96	163	260	39
Թուրքուլ	28,6	0,613	109	0,414	— 95,1	—	110,8	87	320	32
Քացախածխածին	26	1,27	107	0,50	+ 16,6	45	118,5	90	322	43
Քլորոֆորմ	27	0,579	126	0,23	— 63,7	47	61,2	58	260	42
Նեքեր էթիլ	17,0	0,238	163	0,56	— 116,3	27	34,6	202	243	48

Աղյուսակ XVI

Գազերի մի քանի հաստատուններ

Ցեղանկարը կշիռ δ (մի լիտր գազի կշիռը գրամ-ով) տեսակար. կշիռը հեղուկ վիճակում d ; ճնշման ջերմային գործակից α ; տեսակար. ջերմունակություն $C_p, \frac{C_p}{C_v}$; ներքին շփման գործակից η ; ջերմահղորդականություն k . հալման կետ θ ; յեռման կետ τ ; թափում. ջերմ. գոլորշ. λ ; կրիտիկ. ճնշում p (մմ-ով). կրիտիկ տեմպերատուրա t .

	δ	d	α	C_p	$\frac{C_p}{C_v}$	η	k	θ	τ	λ	p	t
Ազոտ	1,2507	0,79	0,00	0,29	1,40	167	0,000	0,000	—209,9	—195,8	48	25
Ջրածին	0,0899	0,06	3662	3,41	1,41	084	376	—259	252,7	110	10	—240
Ոդ .	1,2928	—	3674	0,241	1,40	172	0565	—	—193	50	28	—
Հելիում	0,1786	0,15	3660	1,25	1,66	189	337	—272	—268,8	—	2	—268
Թթվածին	1,4290	1,13	3674	0,218	1,40	192	0572	—218	—183,0	51	38	—119
Քլոր .	3,214	1,56	—	0,124	1,36	129	0183	—106	—34,5	675	58	+144

Աղյուսակ XVII

Սեղիկի կապիլար նկունք

Կապիլարի տրամագիծը (մմ-ով)	Մենիսկի բարձրությունը մմ-ով								
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
7	0,17	0,34	0,49	0,64	0,76	0,87	0,96	1,04	—
8	0,12	0,24	0,35	0,46	0,56	0,64	0,71	0,77	0,82
9	0,09	0,18	0,26	0,34	0,41	0,47	0,53	0,58	0,62
10	0,07	0,13	0,19	0,25	0,30	0,35	0,40	0,44	0,47
11	0,05	0,10	0,14	0,19	0,23	0,27	0,30	0,33	0,36
12	0,04	0,07	0,11	0,14	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27
13	0,03	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,18	0,20	0,21
14	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16

Աղյուսակ XVIII

Ջրի մածուցիկությունը արքեր սեմպեյսուրայի համար ($10^\circ - 25^\circ$)

(Սանտիպուսկերով)

$t^\circ \text{C}$	η	t°	η	t°	η
10 ⁰	1,307	19 ⁰	1,026	23 ⁰	0,936
15 ⁰	1,140	20 ⁰	1,004	24 ⁰	0,915
16 ⁰	1,110	21 ⁰	0,980	25 ⁰	0,895
17 ⁰	1,082	22 ⁰	0,957		
18 ⁰	1,055	23 ⁰	0,936		
19 ⁰	1,029				

Աղյուսակ XIX
Պսիխամետրիկ աղյուսակ

t ⁰	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
p												
5	6,5	5,5	4,5	3,5	2,6	1,8	1,0					
5,1	6,55	5,54	4,54	3,54	2,63	1,82	1,01					
5,2	6,60	5,58	4,58	3,58	2,66	1,84	1,02					
5,3	6,65	5,62	4,62	3,62	2,69	1,86	1,03					
5,4	6,70	5,66	4,66	3,66	2,72	1,88	1,04					
5,5	6,75	5,70	4,70	3,70	2,75	1,90	1,05					
5,6	6,80	5,74	4,74	3,74	2,78	1,92	1,06					
5,7	6,85	5,78	4,78	3,78	2,81	1,94	1,07					
5,8	6,90	5,82	4,82	3,82	2,84	1,96	1,08					
5,9	6,95	5,86	4,86	3,86	2,87	1,98	1,09					
6,0	7,00	5,90	4,90	3,90	2,90	2,00	1,10					
6,1	7,05	5,95	4,94	3,94	2,94	2,03	1,13	0,04				
6,2	7,10	6,00	4,98	3,98	2,98	2,06	1,16	0,08				
6,3	7,15	6,05	5,02	4,02	3,02	2,09	1,19	0,12				
6,4	7,20	6,10	5,06	4,06	3,06	2,12	1,22	0,16				
6,5	7,25	6,15	5,10	4,10	3,10	2,15	1,25	0,20				
6,6	7,30	6,20	5,14	4,14	3,14	2,18	1,28	0,24				
6,7	7,35	6,25	5,18	4,18	3,18	2,21	1,31	0,28				
6,8	7,40	6,30	5,22	4,22	3,22	2,24	1,34	0,32				
6,9	7,45	6,35	5,26	4,26	3,26	2,27	1,37	0,36				
7,0	7,50	6,40	5,30	4,30	3,30	2,30	1,40	0,40				
7,1	7,55	6,45	5,35	4,34	3,34	2,34	1,43	0,44				
7,2	7,60	6,50	5,40	4,38	3,38	2,38	1,46	0,48				
7,3	7,65	6,55	5,45	4,42	3,42	2,42	1,49	0,52				
7,4	7,70	6,60	5,50	4,46	3,46	2,46	1,52	0,56				
7,5	7,75	6,65	5,55	4,50	3,50	2,50	1,55	0,60				
7,6	7,80	6,70	5,60	4,54	3,54	2,54	1,58	0,64				
7,7	7,85	6,75	5,65	4,58	3,58	2,58	1,61	0,68				
7,8	7,90	6,80	5,70	4,62	3,62	2,62	1,64	0,72				
7,9	7,95	6,85	5,75	4,66	3,66	2,66	1,67	0,76				
8,0	8,00	6,90	5,80	4,70	3,70	2,70	1,70	0,80				
8,1	8,06	6,95	5,85	4,75	3,74	2,74	1,74	0,83	0,02			
8,2	8,12	7,00	5,90	4,80	3,78	2,78	1,78	0,86	0,04			
8,3	8,18	7,05	5,95	4,85	3,82	2,82	1,82	0,89	0,06			
8,4	8,24	7,10	6,00	4,90	3,86	2,86	1,86	0,92	0,08			
8,5	8,30	7,15	6,05	4,95	3,90	2,90	1,90	0,95	0,10			
8,6	8,36	7,20	6,10	5,00	3,94	2,94	1,94	0,98	0,12			
8,7	8,42	7,25	6,15	5,05	3,98	2,98	1,98	1,01	0,14			
8,8	8,48	7,30	6,20	5,10	4,02	3,02	2,02	1,04	0,16			
8,9	8,54	7,35	6,25	5,15	4,06	3,06	2,06	1,07	0,18			
9,0	8,60	7,40	6,30	5,20	4,10	3,10	2,10	1,10	0,20			
9,1	8,66	7,46	6,35	5,25	4,15	3,14	2,14	1,14	0,23			
9,2	8,72	7,52	6,40	5,30	4,20	3,18	2,18	1,18	0,26			
9,3	8,78	7,58	6,45	5,35	4,25	3,22	2,22	1,22	0,29			
9,4	8,84	7,64	6,50	5,40	4,30	3,26	2,26	1,26	0,32			
9,5	8,90	7,70	6,55	5,45	4,35	3,30	2,30	1,30	0,35			
9,6	8,95	7,76	6,60	5,50	4,40	3,34	2,34	1,34	0,38			
9,7	9,02	7,82	6,65	5,55	4,45	3,38	2,38	1,38	0,41			
9,8	9,08	7,88	6,70	5,60	4,50	3,42	2,42	1,42	0,44			
9,9	9,14	7,94	6,75	5,65	4,55	3,46	2,46	1,46	0,47			
10,0	9,20	8,00	6,80	5,70	4,60	3,50	2,50	1,50	0,50			
10,1	9,26	8,06	6,86	5,75	4,65	3,55	2,54	1,54	0,54			

t ⁰	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
p												
10,1	9,26	8,06	6,86	5,75	4,65	3,55	2,54	1,54	0,54			
10,2	9,32	8,12	6,92	5,80	4,70	3,60	2,58	1,58	0,58			
10,3	9,38	8,18	6,98	5,85	4,75	3,65	2,62	1,62	0,62			
10,4	9,44	8,24	7,04	5,90	4,80	3,70	2,66	1,66	0,66			
10,5	9,50	8,30	7,10	5,95	4,85	3,75	2,70	1,70	0,70			
10,6	9,56	8,36	7,16	6,00	4,90	3,80	2,74	1,74	0,74			
10,7	9,62	8,42	7,22	6,05	4,95	3,85	2,78	1,78	0,78			
10,8	9,68	8,48	7,28	6,10	5,00	3,90	2,82	1,82	0,82			
10,9	9,74	8,54	7,34	6,15	5,05	3,95	2,86	1,86	0,86			
11,0	9,80	8,60	7,40	6,20	5,10	4,00	2,90	1,90	0,90			
11,1	9,87	8,66	7,46	6,25	5,15	4,05	2,95	1,94	0,94			
11,2	9,94	8,72	7,52	6,32	5,20	4,10	3,00	1,98	0,98			
11,3	10,01	8,78	7,58	6,38	5,25	4,15	3,05	2,02	1,02			
11,4	10,08	8,84	7,64	6,44	5,30	4,20	3,10	2,06	1,06			
11,5	10,15	8,90	7,70	6,50	5,35	4,25	3,15	2,10	1,10			
11,6	10,22	8,96	7,76	6,56	5,40	4,30	3,20	2,14	1,14			
11,7	10,29	9,02	7,82	6,62	5,45	4,35	3,25	2,18	1,18			
11,8	10,36	9,08	7,88	6,68	5,50	4,40	3,30	2,22	1,22			
11,9	10,43	9,14	7,94	6,74	5,55	4,45	3,35	2,26	1,26			
12,0	10,50	9,20	8,00	6,80	5,60	4,50	3,40	2,30	1,30			
12,1	10,57	9,26	8,06	6,85	5,66	4,55	3,45	2,34	1,34			
12,2	10,64	9,32	8,12	6,90	5,72	4,60	3,50	2,38	1,38			
12,3	10,71	9,38	8,18	6,95	5,78	4,65	3,55	2,42	1,42			
12,4	10,78	9,44	8,24	7,00	5,84	4,70	3,60	2,46	1,46			
12,5	10,85	9,50	8,30	7,05	5,90	4,75	3,65	2,50	1,50			
12,6	10,92	9,56	8,36	7,10	5,96	4,80	3,70	2,54	1,54			
12,7	10,99	9,62	8,42	7,15	6,02	4,85	3,75	2,58	1,58			
12,8	11,06	9,68	8,48	7,20	6,08	4,90	3,80	2,62	1,62			
12,9	11,13	9,74	8,54	7,25	6,14	4,95	3,85	2,66	1,66			
13,0	11,20	9,80	8,60	7,30	6,20	5,00	3,90	2,70	1,70			
13,1	11,27	9,88	8,66	7,37	6,25	5,06	3,95	2,75	1,75	0,11		
13,2	11,34	9,96	8,72	7,44	6,30	5,12	4,00	2,80	1,80	0,22		
13,3	11,41	10,04	8,78	7,51	6,35	5,18	4,05	2,85	1,85	0,33		
13,4	11,48	10,12	8,84	7,58	6,40	5,24	4,10	3,00	1,90	0,44		
13,5	11,55	10,20	8,90	7,65	6,45	5,30	4,15	3,05	1,95	0,55		
13,6	11,62	10,28	8,96	7,72	6,50	5,36	4,20	3,10	2,00	0,66		
13,7	11,69	10,36	9,02	7,79	6,55	5,42	4,25	3,15	2,05	0,77		
13,8	11,76	10,44	9,08	7,86	6,60	5,48	4,30	3,20	2,10	0,88		
13,9	11,84	10,52	9,14	7,93	6,65	5,54	4,35	3,25	2,15	0,99		
14,0	11,90	10,60	9,20	8,00	6,70	5,60	4,40	3,30	2,20	1,10		
14,1	11,98	10,67	9,27	8,06	6,77	5,65	4,45	3,35	2,25	1,15	0,05	
14,2	12,06	10,74	9,34	8,12	6,84	5,70	4,52	3,40	2,30	1,20	0,10	
14,3	12,14	10,81	9,41	8,18	6,91	5,75	4,58	3,45	2,35	1,25	0,15	
14,4	12,22	10,88	9,48	8,24	6,98	5,80	4,64	3,50	2,40	1,30	0,20	
14,5	12,30	10,95	9,55	8,30	7,05	5,85	4,70	3,55	2,45	1,35	0,25	
14,6	12,38	11,02	9,62	8,36	7,12	5,90	4,75	3,60	2,50	1,40	0,30	
14,7	12,46	11,09	9,69	8,42	7,19	5,95	4,82	3,65	2,55	1,45	0,35	
14,8	12,54	11,16	9,76	8,48	7,26	6,00	4,88	3,70	2,60	1,50	0,40	
14,9	12,62	11,23	9,83	8,54	7,33	6,05	4,94	3,75	2,65	1,55	0,45	
15,0	12,70	11,30	9,90	8,60	7,40	6,10	5,00	3,80	2,70	1,60	0,50	
15,1	12,78	11,38	9,98	8,67	7,46	6,17	5,05	3,85	2,75	1,65	0,55	
15,2	12,86	11,46	10,06	8,74	7,52	6,24	5,10	3,90	2,80	1,70	0,60	
15,3	12,94	11,54	10,14	8,81	7,58	6,31	5,15	3,95	2,85	1,75	0,65	
15,4	13,02	11,62	10,22	8,88	7,64	6,38	5,20	4,00	2,90	1,80	0,70	
15,5	13,10	11,70	10,30	8,95	7,70	6,45	5,25	4,05	2,95	1,85	0,75	

t ⁰	p	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15,5	13,10	11,70	10,50	8,95	7,70	6,45	5,25	4,05	2,95	1,85	0,75		
15,6	13,18	11,78	10,58	9,02	7,76	6,52	5,30	4,10	3,00	1,90	0,80		
15,7	13,26	11,6	10,46	9,09	7,82	6,59	5,35	4,15	3,05	1,95	0,85		
15,8	13,34	11,94	10,54	9,16	7,88	6,66	5,40	4,20	3,10	2,00	0,90		
15,9	13,42	12,02	10,62	9,23	8,91	6,73	5,45	4,25	3,15	2,05	0,95		
16,0	13,50	12,10	10,70	9,30	8,00	6,80	5,50	4,30	3,20	2,10	1,00		
16,1	13,59	12,19	10,78	9,38	8,07	6,86	5,59	4,36	3,25	2,15	1,05	0,04	
16,2	13,68	12,28	10,86	9,46	8,14	6,92	5,68	4,42	3,30	2,20	1,10	0,08	
16,3	13,77	12,37	10,94	9,54	8,21	6,98	5,77	4,48	3,35	2,25	1,15	0,12	
16,4	13,86	12,46	11,02	9,62	8,28	7,04	5,86	4,54	3,40	2,30	1,20	0,16	
16,5	13,95	12,55	11,10	9,70	8,35	7,10	5,95	4,60	3,45	2,35	1,25	0,20	
16,6	14,04	12,64	11,18	9,78	8,42	7,16	6,04	4,66	3,50	2,40	1,30	0,24	
16,7	14,13	12,73	11,26	9,86	8,49	7,22	6,13	4,72	3,55	2,45	1,35	0,28	
16,8	14,22	12,82	11,34	9,94	8,56	7,28	6,22	4,78	3,60	2,50	1,40	0,32	
16,9	14,31	12,91	11,42	10,02	8,63	7,34	6,31	4,84	3,65	2,55	1,45	0,36	
17,0	14,40	13,00	11,50	10,0	8,70	7,40	6,40	4,90	3,70	2,60	1,50	0,40	
17,1	14,50	13,08	11,58	10,18	8,78	7,47	6,44	4,96	3,76	2,65	1,55	0,45	
17,2	14,60	13,16	11,66	10,26	8,86	7,54	6,48	5,02	3,82	2,70	1,60	0,50	
17,3	14,70	13,24	11,74	10,34	8,94	7,61	6,52	5,08	3,88	2,75	1,65	0,55	
17,4	14,80	13,32	11,82	10,42	9,02	7,68	6,56	5,14	3,94	2,80	1,70	0,60	
17,5	14,90	13,40	11,90	10,50	9,10	7,75	6,60	5,20	4,00	2,85	1,75	0,65	
17,6	15,00	13,48	11,98	10,58	9,18	7,82	6,64	5,26	4,06	2,90	1,80	0,70	
17,7	15,10	13,56	12,06	10,66	9,26	7,89	6,68	5,32	4,12	2,95	1,85	0,75	
17,8	15,20	13,64	12,14	10,74	9,34	7,96	6,72	5,38	4,18	3,00	1,90	0,80	
17,9	15,30	13,72	12,22	10,82	9,42	8,03	6,76	5,44	4,24	3,05	1,95	0,85	
18,0	15,40	13,80	12,30	10,90	9,50	8,10	6,80	5,50	4,30	3,10	2,00	0,90	
18,1	15,50	13,89	12,39	10,98	9,58	8,18	6,87	5,57	4,36	3,16	2,05	0,95	
18,2	15,60	13,98	12,48	11,06	9,66	8,26	6,94	5,64	4,42	3,22	2,10	1,00	
18,3	15,70	14,07	12,57	11,14	9,74	8,34	7,01	5,71	4,48	3,28	2,15	1,05	
18,4	15,80	14,16	12,66	11,22	9,82	8,42	7,08	5,78	4,54	3,34	2,20	1,10	
18,5	15,90	14,25	12,75	11,30	9,90	8,50	7,15	5,85	4,60	3,40	2,25	1,15	
18,6	16,00	14,34	12,84	11,38	9,98	8,58	7,22	5,92	4,66	3,46	2,30	1,20	
18,7	16,10	14,43	12,93	11,46	10,06	8,66	7,29	5,99	4,72	3,52	2,35	1,25	
18,8	16,20	14,52	13,02	11,54	10,14	8,74	7,36	6,06	4,78	3,58	2,40	1,30	
18,9	16,30	14,61	13,11	11,62	10,22	8,82	7,43	6,13	4,84	3,64	2,45	1,35	
19,0	16,40	14,70	13,20	11,70	10,30	8,90	7,50	6,20	4,90	3,70	2,50	1,40	
19,1	16,50	14,80	13,24	11,79	10,38	8,98	7,58	6,27	4,97	3,76	2,56	1,45	
19,2	16,60	14,90	13,38	11,88	10,46	9,06	7,66	6,34	5,04	3,82	2,62	1,50	
19,3	16,70	15,00	13,47	11,97	10,54	9,14	7,74	6,41	5,11	3,88	2,68	1,55	
19,4	16,80	15,10	13,56	12,06	10,62	9,22	7,82	6,48	5,18	3,94	2,74	1,60	
19,5	16,90	15,20	13,65	12,15	10,70	9,30	7,90	6,55	5,25	4,00	2,80	1,65	
19,6	17,00	15,30	13,74	12,24	10,78	9,38	7,92	6,62	5,32	4,06	2,86	1,70	
19,7	17,10	15,40	13,83	12,33	10,86	9,46	8,06	6,69	5,39	4,12	2,92	1,75	
19,8	17,20	15,50	13,92	12,42	10,94	9,54	8,14	6,76	5,46	4,18	2,98	1,80	
19,9	17,30	15,60	14,01	12,51	11,02	9,62	8,22	6,83	5,53	4,24	3,04	1,85	
20,0	17,40	15,70	14,10	12,60	11,10	9,70	8,30	6,90	5,60	4,30	3,10	1,90	
20,1	17,51	15,81	14,20	12,69	11,19	9,78	8,37	6,97	5,67	4,37	3,16	1,96	
20,2	17,62	15,92	14,30	12,78	11,28	9,86	8,44	7,04	5,74	4,44	3,22	2,02	
20,3	17,73	16,03	14,40	12,87	11,37	9,94	8,51	7,11	5,81	4,51	3,28	2,08	
20,4	17,84	16,14	14,50	12,96	11,46	10,02	8,58	7,18	5,88	4,58	3,34	2,14	
20,5	17,95	16,25	14,60	13,05	11,55	10,10	8,65	7,25	5,95	4,65	3,40	2,20	
20,6	18,06	16,36	14,70	13,14	11,64	10,18	8,72	7,32	6,02	4,72	3,46	2,26	
20,7	18,17	16,47	14,80	13,23	11,73	10,26	8,79	7,39	6,09	4,79	3,52	2,32	
20,8	18,28	16,58	14,90	13,32	11,82	10,34	8,86	7,46	6,16	4,86	3,58	2,38	
20,9	18,39	16,69	15,00	13,41	11,91	10,42	8,93	7,53	6,23	4,93	3,64	2,44	

t ⁰	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
p												
20,9	18,39	16,69	15,00	13,41	11,91	10,42	8,93	7,53	6,23	4,93	3,64	2,44
21,0	18,50	16,80	15,10	13,50	12,00	10,50	9,00	7,60	6,30	5,00	3,70	2,50
21,1	18,62	16,91	15,21	13,60	12,09	10,59	9,09	7,68	6,37	5,07	3,77	2,56
21,2	18,74	17,02	15,32	13,70	12,18	10,68	9,18	7,76	6,44	5,14	3,84	2,62
21,3	18,86	17,13	15,43	13,80	12,27	10,77	9,27	7,84	6,51	5,21	3,91	2,68
21,4	18,98	17,24	15,54	13,90	12,36	10,86	9,36	7,92	6,58	5,28	3,98	2,74
21,5	19,10	17,35	15,65	14,00	12,45	10,95	9,45	8,00	6,65	5,35	4,05	2,80
21,6	19,22	17,46	15,76	14,10	12,54	11,04	9,54	8,08	6,72	5,42	4,12	2,86
21,7	19,34	17,57	15,87	14,20	12,63	11,13	9,63	8,16	6,79	5,49	4,19	2,92
21,8	19,46	17,68	15,98	14,30	12,72	11,22	9,72	8,24	6,86	5,56	4,26	2,98
21,9	19,58	17,79	16,09	14,40	12,81	11,31	9,81	8,32	6,93	5,63	4,33	3,04
22,0	19,70	17,90	16,20	14,50	12,90	11,40	9,90	8,40	7,00	5,70	4,40	3,10
22,1	19,82	18,01	16,31	14,61	13,00	11,49	9,99	8,48	7,08	5,77	4,47	3,17
22,2	19,94	18,12	16,42	14,72	13,10	11,58	10,08	8,56	7,16	5,84	4,54	3,24
22,3	20,06	18,23	16,53	14,83	13,20	11,67	10,17	8,64	7,24	5,91	4,61	3,31
22,4	20,18	18,34	16,64	14,94	13,30	11,76	10,26	8,72	7,32	5,98	4,68	3,38
22,5	20,30	18,45	16,75	15,05	13,40	11,85	10,35	8,80	7,40	6,05	4,75	3,5
22,6	20,42	18,56	16,86	15,16	13,50	11,94	10,44	8,88	7,48	6,12	4,82	3,52
22,7	20,54	18,67	16,97	15,27	13,60	12,03	10,53	8,96	7,56	6,19	4,89	3,59
22,8	20,68	18,78	17,08	15,38	13,70	12,12	10,62	9,04	7,64	6,26	4,96	3,66
22,9	20,78	18,89	17,19	15,49	13,80	12,21	10,71	9,12	7,72	6,33	5,03	3,73
23,0	20,90	19,00	17,30	15,60	13,90	12,30	10,80	9,20	7,80	6,40	5,10	3,80
23,1	21,03	19,13	17,41	15,70	14,00	12,40	10,89	9,29	7,89	6,48	5,17	3,87
23,2	21,16	19,26	17,52	15,80	14,10	12,50	10,98	9,38	7,98	6,56	5,24	3,94
23,3	21,29	19,36	17,63	15,90	14,20	12,60	11,07	9,47	8,07	6,64	5,31	4,01
23,4	21,42	19,52	17,74	16,00	14,30	12,70	11,16	9,56	8,16	6,72	5,38	4,08
23,5	21,55	19,65	17,85	16,10	14,40	12,80	11,25	9,65	8,25	6,80	5,45	4,15
23,6	21,68	19,78	17,96	16,20	14,50	12,94	11,34	9,74	8,34	6,88	5,52	4,22
23,7	21,81	19,91	18,07	16,30	14,60	13,00	11,43	9,83	8,43	6,96	5,59	4,29
23,8	21,94	20,04	18,18	16,40	14,70	13,10	11,52	9,92	8,52	7,04	5,66	4,36
23,9	22,07	20,17	18,29	16,50	14,80	13,20	11,61	10,01	8,61	7,12	5,73	4,43
24,0	22,20	20,30	18,40	16,60	14,90	13,30	11,70	10,10	8,70	7,20	5,80	4,50
24,1	22,34	20,43	18,53	16,72	15,01	13,40	11,80	10,20	8,78	7,28	5,88	4,57
24,2	22,48	20,56	18,66	16,84	15,12	13,50	11,90	10,30	8,86	7,36	5,96	4,64
24,3	22,62	20,69	18,79	16,96	15,23	13,60	12,00	10,40	8,94	7,44	6,04	4,71
24,4	22,76	20,82	18,92	17,08	15,34	13,70	12,10	10,50	9,02	7,52	6,12	4,78
24,5	22,90	20,95	19,05	17,20	15,45	13,80	12,20	10,60	9,10	7,60	6,20	4,85
24,6	23,04	21,08	19,18	17,32	15,56	13,90	12,30	10,70	9,18	7,68	6,28	4,92
24,7	23,18	21,21	19,31	17,44	15,67	14,00	12,40	10,80	9,26	7,76	6,36	5,99
24,8	23,32	21,34	19,44	17,56	15,78	14,10	12,50	10,90	9,34	7,84	6,44	5,06
24,9	23,46	21,47	19,57	17,68	15,89	14,20	12,60	11,00	9,42	7,92	6,52	5,13
25,0	23,60	21,60	19,70	17,80	16,00	14,30	12,70	11,10	9,50	8,00	6,60	5,20
25,1	23,74	21,73	19,83	17,92	16,12	14,41	12,80	11,20	9,60	8,09	6,68	5,28
25,2	23,88	21,86	19,96	18,04	16,24	14,52	12,90	11,30	9,70	8,18	6,76	5,36
25,3	24,02	21,99	20,09	18,16	16,36	14,63	13,00	11,40	9,80	8,27	6,84	5,44
25,4	24,16	22,12	20,22	18,28	16,48	14,74	13,10	11,50	9,90	8,36	6,92	5,52

ՎԵՐՋԱԲԱՆ

«Ֆիզիկայի պրակտիկում»-ը գրված է բարձրագույն դպրոցների այն ուսանողների համար, Վորոնժ լսում են ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացը: Նկարագրած աշխատանքների մեծագույն մասը կազմակերպված է գրված է Պետական համալսարանի ֆիզիկական ընդհանուր լաբորատորիայում: Ենթ չլինելու պատճառով աշխատանքների մի մասը դեռ տրված չէ:

Ֆիզիկական ընդհանուր լաբորատորիան կազմակերպված է Զաքար Միքայելյանի ջանքերով 1929 թվին: (Զ. Միքայելյանը մեռավ 1933 թ.): Լաբորատորիայի սկզբնական շրջանում աշխատանքների մեծագույն մասի համար բացատրականները գրված էին Զ. Միքայելյանի կողմից և այդ բացատրականները ոգտագործվել են ներկա ձեռնարկի համար: «Ֆիզիկական պրակտիկում» ձեռնարկը ներկա վիճակում կազմված է ֆիզիկայի ամբիոնի աշխատակիցներ Ն. Քոչարյանի և Ս. Զորարյանի և ամբիոնի վարիչի կողմից:

Առաջին յերեք գլուխները գրել է Հ. Նավակատիկյանը: §§ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 18, 19, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33 և 34 գրել է Ս. Զորարյանը: §§ 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25 և 27 գրել է Ն. Քոչարյանը:

Նկատի առնելով ուսանողի հարմարությունը և ֆիզիկայի հայ դրականությունն ներկա վիճակը, յուրաքանչյուր աշխատանք ուղղված է տեսական բացատրականով և հիմնավորումով:

Խմբագիր Հ. ՆԱՎԱԿԱՏԻԿՅԱՆ

§ Ա. Ն Կ

Գլուխ I

ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԶԱՓՈՂԱԿԱՆ ԳՈՐԾԻՔՆԵՐ

	Եջ
1. Նոնիուս	5
2. Կաթետոմետր	9
3. Միկրոմետր	13
4. Շտանգենցիլիու	14
5. Սֆերոմետր	17
6. Վոլյումիոմետր	18
7. Միֆոնային բարոմետր	19
8. Հայելու և սկալայի մեթոդը	21
9. Ոկուլար միկրոմետր	22

Գլուխ II

ԼՈԳՈՐԻԹՄԱԿԱՆ ՀԱՇՎԵՔԱՆՈՆ

Գլուխ III

ՍԽԱԼՆԵՐԻ ՀԱՇՎՈՒՄԸ

Գլուխ IV

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՖԻԶԻԿԱ

1. Տեխնիկո-քիմիական կշեռք	43
2. Անալիտիկ կշեռք	53
3. Հեղուկների խտությունը վորոշելու պրիմիտիվ միջոցով	56
4. Հեղուկների տեսակարար կշռի վորոշելու Վեստֆալի կշեռքի միջոցով	62
5. Պինդ մարմնի տեսակարար կշռի վորոշելու Ժոլիի կշեռքի միջոցով	68
6. Վորոշել ոգի խտությունը Դյումայի յեղանակով	70

7. Եթերի կամ բենզոլի գոլորշիների խտություն վորոշելը Վիկտոր Մայերի յեղանակով	73
8. Հեղուկի խտություն վորոշելը հաղորդակից անոթների յեղանակով	76
9. Շարժման որենքների ստուգումը Ասվուդի մեքենայի միջոցով	80
10. Ծանրություն ուժի արագացման վորոշելը ճոճանակի ոգնությունով	87
11. Մարմնի իներցիայի մոմենտի հաշվումը	94
12. Ծանրության ուժի արագացման g-ի վորոշելը շրջիկի ճոճանակի միջոցով	101
13. Դեֆորմացիա	108
14. Յունգի մոդուլի վորոշելը Լերմանտովի գործիքի ոգնությունով	109
15. Յունգի մոդուլի վորոշելը ձկման միջոցով	114
16. Վոլորման և սահքի մոդուլների վորոշելը ստատիկ յեղանակով	121
17. Վոլորման և սահքի մոդուլների վորոշելը դինամիկ յեղանակով	127
18. Մակերևույթային լարման գործակից	130
19. Մակերևույթային լարման գործակցի վորոշելը ստատիկ մոմենտով (կաթիլային) յեղանակով	138
20. Մածուցիկություն	141
21. Հեղուկի մածուցիկության գործակցի վորոշելը լսող Ոստվալդի	142
22. Հեղուկի մածուցիկության գործակցի վորոշելը Ստոքսի յեղանակով	147

Գլուխ V

Ջերմություն

23. Գծային ընդարձակման գործակցի վորոշելը	150
24. Հեղուկի ծավալային ընդարձակման գործակցի վորոշելը Դյուլոնգի և Պարի յեղանակով	154
25. Ոդի առաձգականության գործակցի վորոշելը	157
26. Պինդ մարմինների տեսակարար չեղմունակության վորոշելը կալորիմետրիկ յեղանակով	160
27. Ոդի $\frac{C_p}{C_v}$ չեղմունակությունների հարաբերության վորոշելը Կլեման և Դեգորմի յեղանակով	171

38. Հալման կետի վորոշելը	179
29. Սառույցի հալման թափված ջերմության վորոշելը	184
30. Ջրի գոլորշիացման թափված ջերմության վորոշելը	187
31. Ոդի հարաբերական խոնավության վորոշելը	101
32. Հարաբերական խոնավության վորոշելը Լամբերխտի հիգրոմետրի միջոցով	193
33. Հարաբերական խոնավության վորոշելը Աուգուստի պսիխրոմետրի միջոցով	195
34. Պինդ նյութի ներքին ջերմահաղորդականության գործակցի վորոշելը	199

ԲԱՆԱԶԵՎԵՐ ՅԵՎ ԱՂՅՈՒՍԱԿՆԵՐ

1. Հանրահաշվական և յեռանկյունաչափական հիմնական բանաձևեր	205
2. Բանաձևեր մոտավոր հաշիվների համար	206
3. Դիֆերենցիալ և ինտեգրալ հաշիվների հիմնական բանաձևերը	206
Աղյուսակ I. Աստիճան, արմատ, շրջած մեծություն, շրջանագիծ և շրջանի մակերես	208
Աղյուսակ II. Սինուսի և տանգենսի արժեքները 0° 90° ան- կյունների համար	210
Աղյուսակ III. Տարբեր մարմինների տեսակարար կշիռը	211
Աղյուսակ IV. Մոդիկի տեսակարար կշիռը 1° տեմպերատուրի համար	212
Աղյուսակ V. Ջրի տեսակարար կշիռը տարբեր տեմպե- րատուրայի համար	212
Աղյուսակ VI. Ջոր ոդի տեսակարար կշիռը տարբեր տեմ- պերատուրի և ճնշման համար	213
Աղյուսակ VII. Բարոմետրի ցուցմունքը վերածած 0°-ի համար	214
Աղյուսակ VIII. Գազի ծավալը նորմալ պայմաններում	215
Աղյուսակ IX. Ջրի յեռման տեմպերատուրան	216
Աղյուսակ X. Ջրային գոլորշու ճնշումը	216
Աղյուսակ XI. Մարմնի կշիռը դատարկության մեջ	217
Աղյուսակ XII. Ծանրության ուժի արագացումը (g) աշ- խարհագրական տարբեր լայնությունների վրա	217
Աղյուսակ XIII. Յունգի մոդուլը, վոլորման մոդուլը, Պուասսոնի գործակիցը	218
Աղյուսակ XIV. Պինդ մարմինների մի քանի հա- տատուներ	219

Աղյուսակ XV. Հեղուկների մի քանի հաստատուններ	220
Աղյուսակ XVI. Գազերի մի քանի հաստատուններ	221
Աղյուսակ XVII. Մեղիկի Պապիլար ճնշումը	221
Աղյուսակ XVIII. Զրի մածուցիկութունը ասորքեր տեմպերատուրի համար ($10^{\circ} - 25^{\circ}$)	221
Աղյուսակ XIX. Պսիխրոմետրիկ աղյուսակ	222

Տեխ. խմբ. Գ. Զենյան
Պրեպարիչներ՝ Հ. Մանուկյան և Հ. Դուռեխանյան

Հանձնված և արտ. 17 դեկտեմբերի 1936 թ.
Ստորագրված և տպելու 29 ապրիլի 1937 թ.
Դրավիտի լիազոր պ—4109 Պատվեր 236,
Հրատարակչ. 3967, Տիբաթ 2000:

Պետհրատի տպարան, Յերեան, Լենինի փող. № 65

№ 266

14/1937

Handwritten text, possibly "Handwritten" or "Handwritten" in Armenian script.

ՀՀ Ազգային գրադարան



NL0252525

266