

Dərs vəsaiti ali məktəblərin fizika kursunun proqramına əsasən yazılmışdır. Vəsaitdə proqramın müxtəlif bölmələrinə (Mexanika, Molekulyar fizika, Elektrik və Optika) dair praktik iş verilir. Bundan əlavə, fizikadan laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsi qaydaları və metodikası da izah olunur.

Ali məktəblərin tələbələri üçün yazılmış bu dərs vəsaitindən orta məktəb müəllimləri də istifadə edə bilərlər.

Dərs vəsaiti 2022-ci il tarixində ADPU-nun Ağcabədi filialının Kompüter mərkəzinin əməkdaşları tərəfindən Kiril qrafikəsindən Latın qrafikəsina işlənmişdir.

M Ü Ə L L İ F D Ə N

Partiya və hökumətimiz adamların mədəni səviyyəsini yüksəltmək üçün gördüyü tədbirlərdən biri də orta məktəbdə politexnik təlimin həyata keçirilməsidir.

Orta məktəbi bitirən gənclər aldıkları nəzəri bilikləri praktiki fəaliyyətləri ilə elə əlaqələndirməlidirlər ki, həyatı yaxşı dərk edə bilən, hərtərəfli inkişaf etmiş, tam savadlı olsunlar. Odur ki, orta məktəb fənlərinin qarşısında bir sıra mühüm vəzifələr qoyulur. Belə fənlərdən biri də fizikadır.

Məlumdur ki, fizika elminin inkişafında təcrübənin böyük rolu vardır. Hər hansı fiziki qanunauyğunluq ilk təməlini sadə müşahidələrdən başlayır. Sonralar isə belə müşahidələr həssas cihazlarla yoxlanaraq, təcrübələr vasitəsi ilə sınaqdan çıxarılır. Beləliklə, təcrübələrin verdiyi nəticələr elmi surətdə əsaslandırılır və nəzəri mülahizələr irəli sürülür.

Hər hansı fiziki xassələrin təcrübə olaraq öyrənilməsi texnikada çox böyük praktiki əhəmiyyətə malikdir. Təsadüfi deyildir ki, dialektik materializm təcrübəyə idrak prosesinin ayrılmaz bir hissəsi kimi baxır. Buna görə də gənclərimizin nəzəri biliklərini təcrübə ilə üzvi surətdə bağlamaq dövrün tələblərindən irəli gələn əsas cəhətlərdən biri hesab edilir. Belə bir məqsəddə nail olmaq üçün hər şeydən əvvəl orta məktəblərimizdə dərs deyən müəllimlərin nəzəri biliklərlə yanaşı, zəngin praktiki vərdislərə malik olmalarına çalışmaq lazımdır.

Vəsait hazırlanarkən pedaqoji institutların fizika - riyaziyyat fakültələri üçün son illərdə tərtib edilmiş ümumi fizika proqramları əsas götürülmüş və 80 - dan çox işin qısa nəzəri cəhətləri ilə yanaşı praktiki icrası verilmişdir. Kitabın əvvəlində xətalərin hesablanmasına aid qeydlər, sonunda isə işin icrası zamanı lazım gələn bəzi cədvəllər verilmişdir.

Təqdim olunan vəsaitin Azərbaycan dilində mövcud olan praktikumlardan başlıca fərqi pedaqoji institutların proqram səviyyəsinə uyğun olaraq nəzəri məsələlərin və praktiki icraların mümkün qədər konkret sadə, aydın və yığcam şəkildə verilməsində, işlərin sayca çox olmasında, metodiki cəhətdən icraların ardıcıl verilməsindədir.

XƏTALAR HAQQINDA

Təcrübə zamanı ölçü cihazlarının normal və təkmilləşmiş olmaması, həm də müşahidəçinin buraxdığı səhvlər nəticəsində az və ya çox dərəcədə xəyata yol verilir. Bu xətalara başlıca olaraq iki qrupa ayırmaq olar: a) sistemətik xətalər; b) təsadüfi xətalər;

Sistemətik xətalər ölçü cihazlarının normal qaydada olmamasından, ölçü üsulunda səhvə yol verilməsindən, müşahidəçinin iş zamanı qurğu ilə əlaqədar olan müəyyən bir şeyi nəzərdən qaçırməsindən meydana çıxır.

Ayındır ki, təcrübəni təkrar etməklə belə xətalara aradan qaldırmaq olmaz və axtarılan fiziki kəmiyyətin həqiqi qiymətindən fərqli olan nəticələr alınır. Ona görə də, belə xətalara azaltmaq üçün cihazların düzgün işləməsinə, onların düzgün yerləşdirilməsinə, tədqiqat üsulunun düzgünlüyünə əvvəlcədən diqqət yetirmək lazımdır.

Təsədüfi xətalər hesablamə əməliyyatının dəqiq aparılmamasından, təcrübə zamanı müşahidəçinin işə dəqiq yanaşmamasından, onun hiss orqanlarının həssas olmamasından, hətta təcrübə zamanı qabaqcadan hesaba alınması mümkün olmayan təsadüfi rast gələn bir sıra amillərdən əmələ gələn xətalardır.

Belə xətalər haqqında ehtimal nəzəriyyəsinə əsasən yalnız onu demək olar ki, hər hansı ölçmənin nəticəsi onun həqiqi qiymətindən kiçik olarsa, sonrakı ölçmələrdən birinin qiyməti, eyni dərəcədə həqiqi qiymətdən böyük ola bilər. Bu cəhət nəzərə alınarsa, təcrübənin təkrar edilməsi təsadüfi xətanın azalmasına səbəb olar. Bu halda təcrübələrə əsasən tapılan orta qiymət, ayrı - ayrı təcrübələrin qiymətlərinə nisbətən, ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətinə daha yaxın olar.

Fərz edək ki, təkrar olunan təcrübələr nəticəsində axtarılan kəmiyyət üçün $x_1, x_2, \dots, x_n$ qiymətləri alınmışdır. (burada n - ölçmələrin sayıdır).

Təcrübi qiymətlərə görə həqiqi qiymətə ən yaxın olan orta qiymət, ayrı - ayrı təcrübi qiymətlərin cəminin təcrübələr sayına olan nisbətində bərabər olar, yəni

$$x_{op} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Orta qiymət tapıldıqdan sonra ayrı - ayrı təcrübi qiymətlərin bu orta qiymətdən nə qədər fərqləndiyinə görə xətalara hesablaməq olar. Belə xətalər əsasən 4 cür olur:

- 1) ayrı - ayrı təcrübələrin mütləq xətası;
- 2) təcrübənin orta mütləq xətası;
- 3) ayrı - ayrı təcrübələrin nisbi xətası;
- 4) təcrübənin orta nisbi xətası.

Göstərilən bu xətalərin hər biri haqqında daha yaxşı təsəvvürə malik olmaq və gələcəkdə bunlara nəzərə almağı bacarməq üçün, hər hansı təcrübənin üç dəfə təkrar

edildiyini və uyğun olaraq x_1, x_2, x_3 qiymətlərinin alındığını fərz edək. Bu hal üçün təcrübənin orta qiyməti

$$x_{op} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} \quad (1')$$

1. *Təcrübənin orta qiyməti ilə ayrı - ayrı təcrübi qiymətlərin fərqlərinin mütləq qiymətinə təcrübələrin mütləq xətası deyilir və aşağıdakı kimi yazılır:*

$$\begin{aligned} |\Delta x_1| &= x_{op} - x_1 \\ |\Delta x_2| &= x_{op} - x_2 \\ |\Delta x_3| &= x_{op} - x_3 \end{aligned} \quad (2)$$

Göründüyü kimi, mütləq xətdə işarə nəzərə alınmadığından, orta qiymətin ayrı - ayrı təcrübi qiymətlərindən böyük və ya kiçik olmasının əhəmiyyəti yoxdur.

2. *Ayrı - ayrı təcrübələrin mütləq xətalalarının orta qiymətinə təcrübənin orta mütləq xətası deyilir və aşağıdakı kimi yazılır:*

$$\Delta x_{op} = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3|}{3} \quad (3)$$

3. *Ayrı - ayrı təcrübələrin mütləq xətalalarının uyğun təcrübi qiymətlərə olan nisbətində təcrübələrin nisbi xətası deyilir:*

$$\begin{aligned} \Delta N_1 &= \frac{|\Delta x_1|}{x_1}, \\ \Delta N_2 &= \frac{|\Delta x_2|}{x_2}, \\ \Delta N_3 &= \frac{|\Delta x_3|}{x_3}, \end{aligned} \quad (4)$$

4. *Təcrübələrin nisbi xətalalarının orta qiymətinə təcrübələrin orta nisbi xətası deyilir və aşağıdakı kimi yazılır:*

$$\Delta N_{op} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3}{3} \quad (5)$$

Təcrübənin nisbi xətası faizlə də ifadə olunur. Məsələn orta nisbi xəta üçün

$$\Phi = \Delta N_{op} \cdot 100 \quad (6)$$

Bir çox hallarda axarılan kəmiyyət bilavasitə təcrübədə ölçülmür. Onu əlaqədar olan bir və ya bir neçə başqa kəmiyyətlərin ölçülməsi nəticəsində aparılan hesablamadan tapmaq olar. Belə hallarda, bilavasitə təcrübədə kəmiyyətlərin ölçülməsində buraxılan xətalara əsasən axtarılan kəmiyyətin xətasını hesablamaq mümkündür. Bu məqsədlə bir neçə halı nəzərdən keçirək;

a) Fərz edək ki, axtarılan kəmiyyət təcrübədə bilavasitə ölçülən iki kəmiyyətin cəminə və ya fərqlinə bərabərdir, yəni

$$X = A \pm B \quad (7)$$

A və B kəmiyyətlərinin ölçülməsindəki mütləq xətalara uyğun olaraq ΔA və ΔB , bunlara uyğun X -in hesablanmasıda yol verilən mütləq xətanı isə Δx ilə işarə edək. Bu halda

$$X \pm \Delta x = (A \pm \Delta A) \pm (B \pm \Delta B)$$

Burada mütləq xətalara işarələri həm müsbət, həm də mənfi ola bilər. Təcrübə zamanı axtarılan kəmiyyətin ən böyük mütləq xətasını tapmaq lazımdır. Odur ki, iki ölçülən kəmiyyətin cəmi axtarılan kəmiyyəti verirsə, onda maksimum mütləq xəta ölçülən hər iki kəmiyyətin mütləq xətalara eyni işarəli olduğu halda alınar. Bu qayda ilə hesablanan xətaya *maksimum xəta deyilir. Deməli, toplama və çıxma hallarının hər ikisində təcrübənin mütləq xətası bilavasitə ölçülən A və B kəmiyyətlərinin mütləq xətalara eyni işarəli olmasıdır, yəni*

$$\pm \Delta x = \pm (\Delta A \pm \Delta B) \quad (8)$$

Təcrübənin nisbi xətasını tapsaq:
cəm üçün

$$\Delta N = \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta A + \Delta B}{A + B}, \quad (9)$$

fərq üçün

$$\Delta N = \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta A + \Delta B}{A - B}, \quad (10)$$

yəni ölçülən kəmiyyətlərin mütləq xətalara eyni işarəli olması bu kəmiyyətlər cəminə olan nisbəti, cəm üçün təcrübənin nisbi xətasını verir.

(10) ifadəsindən görünür ki, ölçülən kəmiyyətlər qiymətcə bir - birinə nə qədər yaxın olsalar, fərq üçün təcrübənin nisbi xətası da bir o qədər böyük olar;

b) fərz edək ki, axtarılan kəmiyyət A və B kəmiyyətlərinin hasilinə bərabərdir, yəni

$$X = A \cdot B \quad (11)$$

Bundan əvvəl olduğu kimi, mütləq xətalara uyğun olaraq $\pm \Delta x$, $\pm \Delta A$, $\pm \Delta B$ ilə işarə etsək, onda

$$x \pm \Delta x = (A \pm \Delta A)(B \pm \Delta B) = AB \pm A \cdot \Delta B \pm B \cdot \Delta A \pm \Delta A \cdot \Delta B$$

Burada A və B -yə nisbətən ΔA və ΔB kiçik olduğundan $\Delta A \cdot \Delta B$ -ni nəzərə almamaq olar. Onda

$$x \pm \Delta x = A \cdot B \pm A \cdot \Delta B \pm B \cdot \Delta A,$$

buradan

$$\Delta x = A \cdot \Delta B + B \cdot \Delta A, \quad (12)$$

yəni təcrübənin mütləq xətası, ikinci vuruğun mütləq xətasının birinci vuruğa hasilinə və birinci vuruğun mütləq xətasının ikinci vuruğa hasilinə eyni işarəli olmasıdır.

Təcrübənin nisbi xətasını tapsaq:

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{A \cdot \Delta B + B \cdot \Delta A}{A \cdot B} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \quad (13)$$

Təcrübənin nisbi xətası vuruqların nisbi xətalara eyni işarəli olmasıdır;

v) fərz edək ki, axtarılan kəmiyyət bilavasitə ölçülə bilən iki kəmiyyətin nisbətində bərabərdir, yəni:

$$x = \frac{A}{B}, \quad (14)$$

Bu halda təcrübənin mütləq xətası aşağıdakı kimi hesablanır:

$$x \pm \Delta x = \frac{A \pm \Delta A}{B \pm \Delta B} = \frac{(A \pm \Delta A)(B \pm \Delta B)}{B^2 - (\Delta B)^2} = \frac{AB \pm A \cdot \Delta B \pm B \cdot \Delta A}{B^2}$$

Burada mütləq xətaların hasili və kvadratları çox kiçik olduğuna görə nəzərə alınmamış və maksimum xəta götürülmüşdür.

Bu halda

$$\Delta x = \frac{A \cdot \Delta B + B \cdot \Delta A}{B^2} \quad (15)$$

Deməli, *nisbətin mütləq xətası, məxrəcin mütləq xətası ilə surətin hasili və sürətin mütləq xətası ilə məxrəcin hasili cəminin, məxrəcin kvadratına olan nisbətində bərabərdir.*

Təcrübənin nisbi xətasını tapaq:

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{B}{A} \cdot \frac{A \cdot \Delta B + B \cdot \Delta A}{B^2} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \quad (16)$$

Göründüyü kimi, *təcrübənin nisbi xətası ölçülən kəmiyyətlərin nisbi xətaləri cəminə bərabərdir.*

Xətanın hesablanmasını asanlaşdırmaq üçün diferensial xəta hesabından istifadə etmək daha əlverişlidir:

q) ümumiyyətlə təcrübələrin xətası axtarılan kəmiyyətə nisbətən çox kiçik olduğundan xətaların yüksək tərtiblərini nəzərə almamaq olar.

Fərz edək ki, y kəmiyyətini bilavasitə ölçməklə,

$$x = f(y) \quad (17)$$

funksional asılılığından x kəmiyyətini hesablamaq lazımdır. y - in ölçülməsindəki mütləq xəta $\pm dy$ olduqda, x - in hesablanmasında alınan mütləq xəta $\pm dx$ olsun. Onda

$$x + dx = f(y \pm dy)$$

yazmaq olar. Son ifadəni Teylor sırasına ayıraq:

$$x + dx = f(y) \pm dy \frac{df(y)}{dy} \pm \frac{(dy)^2}{2!} \frac{d^2 f(y)}{dy^2} \pm \dots$$

Burada birinci tərtibdən sonra gələn yüksək tərtibli hədlərin çox kiçik olduğunu nəzərə alsaq:

$$x + dx = f(y) \pm dy \frac{df(y)}{dy}$$

və yaxud

$$dx = \frac{df(y)}{dy} dy \quad (18)$$

Deməli, *funksiyanın mütləq xətası, argumentin mütləq xətasının həmin funksiyanın törəməsinə vurulmasından alınan hasilə bərabərdir.*

Təcrübənin nisbi xətası isə aşağıdakı kimi olar:

$$\frac{dx}{x} = \frac{df(y)}{dy} \cdot \frac{dy}{x} = \frac{df(y)}{dy} \frac{dy}{f(y)} \quad (19)$$

Təcrübədə axtarılan x kəmiyyəti bir neçə ölçülən kəmiyyətin funksiyası, yəni $x = f(y_1, y_2, \dots, y_n)$ olarsa, onda təcrübənin mütləq və nisbi xətası diferensiallama yolu ilə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$dx = \pm \left(dy_1 \frac{\partial f}{\partial y_1} + dy_2 \frac{\partial f}{\partial y_2} + \dots + dy_n \frac{\partial f}{\partial y_n} \right) \quad (20)$$

Son ifadəyə görə x -dən y_1 -ə görə diferensial alarkən y_1 -dən başqa, qalan argumentlər sabit hesab edilməlidir. Digər hədlərə görə də diferensial aldıqda bu qayda gözlənilməlidir. Beləliklə, nisbi xəta üçün

$$\frac{dx}{x} = \pm \frac{1}{f(y_1, y_2, \dots, y_n)} \left(dy_1 \frac{\partial f}{\partial y_1} + dy_2 \frac{\partial f}{\partial y_2} + \dots + dy_n \frac{\partial f}{\partial y_n} \right) \quad (21)$$

yazmaq olar.

Son iki ifadəyə əsasən təcrübə zamanı axtarılan fiziki kəmiyyətin mütləq və nisbi xətalarını hesablamaq olar.

I hissə
MEXANİKA
BƏZİ ÖLÇÜ CİHAZLARINDAN İSTİFADƏ
EDİLMƏSİ QAYDALARI

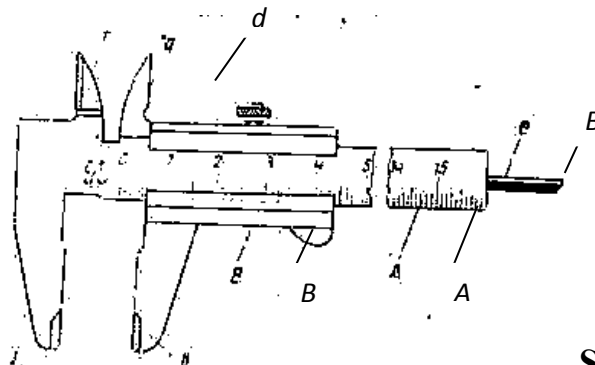
1. Elm və texnikanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq müxtəlif kəmiyyətlərin bilavasitə ölçülməsi təkmilləşdirilmiş və dəqiqlik artırılmışdır. Hazırda mikroskopun bir növü olan və komparator adlanan cihazla, uzunluğu bir mikrona ($1\mu - 10^{-4}sm$) qədər dəqiqliklə bilavasitə ölçmək olur. Belə ölçmələr zamanı cihazlar *nonius* və ya *mikrometrlə* təchiz edilir. Çox dəqiqlik tələb etməyən uzunluqları ölçərkən, məsələn, millimetrin onda biri və ya yüzdə biri qədər dəqiqlik tələb olunduqda, noniusla təchiz olunmuş *ştankenpərgardan* və ya *mikrometrdən* istifadə edilir.

Nonius - adi xətkəşlə (xətti və ya dairəvi) ölçmə işlərinin dəqiqliyini 10 - 20 dəfə artırmağa imkan verən xüsusi bölgülü xətkəşdir. Noniusun xətti və ya dairəvi şkalası olur. Xətti nonius, əsas xətkəş üzərində hər iki tərəfə sürüşə bilən kiçik düz xətkəşdən ibarətdir. Dairəvi nonius isə dərəcələnməmiş dairə üzrə sürüşə bilən qövsvarı kiçik xətkəşdən ibarətdir. Hər iki nonius prinsip etibarı ilə eynidir.

2. *Ştangenpərgar və onunla işləmə qaydası*. Xətti noniusla təchiz edilmiş və uzunluqları millimetrin onda birinə qədər dəqiqliklə ölçməyə imkan verən cihaza *ştangenpərgar* deyilir (şəkil 1.) Şəkildən göründüyü kimi ştangenpərgarın iki xətkəşi vardır. Bunlardan biri bölgüləri santimetr millimetrlərdən ibarət olan əsas xətkəşdir (A). Digəri isə əsas xətkəşin üzərində sürüşə bilən noniusdur (B) 2 - ci şəkildən göründüyü kimi, noniusun n bölgüsünün uzunluğu əsas xətkəşin $n - 1$ bölgüsünün uzunluğuna bərabərdir. Daha doğrusu, noniusda on kiçik bölgünün uzunluğu əsas xətkəşdə doqquz kiçik bölgünün uzunluğuna (9 mm) bərabərdir.

Əsas xətkəşin hər bir kiçik bölgüsünün uzunluğu y ($y = 1\text{ mm}$), noniusun hər bir kiçik bölgüsünün uzunluğunu isə x ilə işarə etsək, aşağıdakı bərabərliyi yazmaq olar:

$$y(n - 1) = xn \quad (1)$$



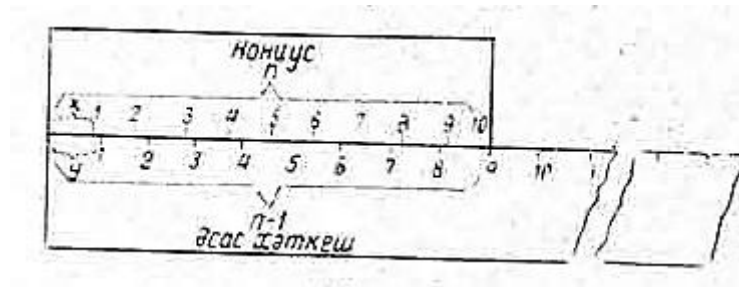
Şəkil 1.

(1) ifadəsindən noniusun hər bir kiçik bölgüsünün uzunluğunu tapaq:

$$x = y \frac{n-1}{n} = y - \frac{y}{n} \quad (2)$$

Bu ifadədən əsas xətkəş ilə noniusun bölgülərinin uzunluqları fərqi təyin edə bilərək:

$$\Delta x = y - x = \frac{y}{n} \quad (3)$$



Şəkil 2.

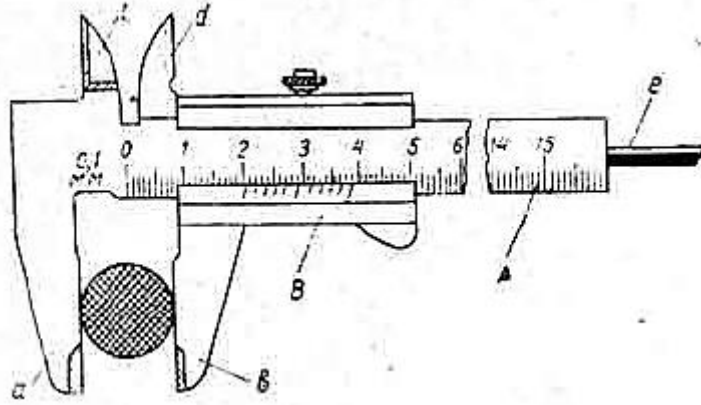
Məlumdur ki, $y = 1 \text{ mm}$ və $n = 10$ bölgüdür. Onda

$$\Delta x = \frac{1}{10}, \quad (4)$$

yəni noniusun birbölgüsünün uzunluğu millimetrin 0,9 hissəsinə bərabərdir.

Noniusla təchiz edilmiş ştangenpərgar vasitəsi ilə cisimlərin xətti ölçülərini, silindrik boruların diametrini və bəzi dərinlikləri $0,1 \text{ mm}$ dəqiqliklə ölçmək mümkündür.

Şəkildən göründüyü kimi, ştangenpərgarın a və b dodağı vardır, a dodağı əsas xətkəşin başlanğıcına bərkidilir, b dodağı isə noniusa bərkidilərək onunla birlikdə xətkəş boyunca hərəkət etdirilir. Ştangenpərgarla uzunluğu ölçərkən əvvəlcə onu sıfır vəziyyətinə gətirmək lazımdır. Bunun üçün ştangenpərgarın dodaqları bir - birinə sıx toxunmalı və əsas xətkəşin sıfır bölgüsü ilə noniusun sıfır bölgüsü bir - birinin üzərinə düşməlidir. Sonra uzunluğu ölçüləcək cismi ştangenpərgarın dodaqları arasında yerləşdirərək (şəkil 3) mütəhərrik dodaqla az qüvvə ilə sıxmaq lazımdır. Bu halda dodaqlar arasındakı məsafə cismin uzunluğuna bərabər olub, əsas xətkəşin sıfır bölgüsü ilə noniusun sıfır bölgüsü arasındakı məsafəyə bərabər olacaqdır. Ştangenpərgarla cismin uzunluğunu ölçərkən iki hal ola bilər:



Şəkil 3.

a) cisim dodaqlar arasında olarkən, noniusun sıfır bölgüsü əsas xətkəşin tam bölgülərindən biri ilə üst - üstə düşər. Bu halda noniusun sıfır bölgüsünə uyğun olan əsas xətkəşdəki bölgü cismin uzunluğunu göstərir;

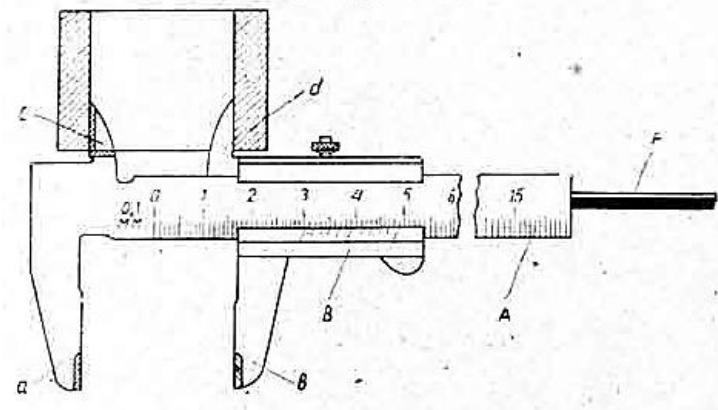
b) cisim dodaqlar arasında olarkən noniusun sıfır bölgüsü əsas xətkəşin tam bölgüləri üzərinə düşməz, bu bölgülərdən hər hansı ikisinin arasında olar. Bu halda əsas xətkəşdə noniusun sıfır bölgüsünə kimi olan tam bölgülər (L_0) qeyd edilir, kəsir hissəsinin (ΔL) də aşağıda verilən qayda ilə hesablayaraq alınan bu ΔL uzunluğu ilə $L_0 - 1$ toplayıb, cismin L həqiqi uzunluğunu $0,1 \text{ mm}$ dəqiqliklə tapmaq olar.

Nonius şkalasında elə bir bölgü olacaqdır ki, əsas xətkəşin hər hansı bölgüsü ilə üst - üstə düşsün və yaxud ona ən yaxın olsun. Noniusun bu bölgüsündən onun sıfır başlanğıcına qədər olan tam bölgülərin sayını $0,1 - \epsilon$ vurmaqla $\Delta L - i$ tapmaq olar. Deyilənləri nəzərə alsaq, cismin uzunluğu üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$L = L_0 + \Delta L \quad (5)$$

Ştankenpərgarla ölçü aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

1. Ştankenpərgarla başlanğıc vəziyyətini yoxladıqdan sonra mütəhərrik dodağını noniusla birlikdə əsas xətkəş boyunca sağa çəkərək, xətti ölçüsü təyin ediləcək cismi iki dodağın arasında yerləşdirməli.



Şəkil 4.

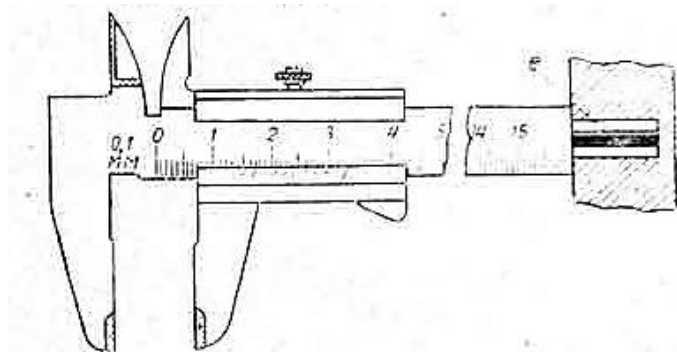
2. Sonra mütəhərrik dodağı yenidən sola hərəkət etdirərək cismi kiçik qüvvə ilə sıxmalı.
3. Hər iki xətkəşdən istifadə edərək uzunluğun tam hissəsini (L_0) və kəsir hissəsini (ΔL) tapıb, toplayaraq cismin xətti ölçüsünü (L) müəyyən etməli.
4. Cismin xətti ölçülərini ştankenpərgarla ən azı üç dəfə ölçərək, orta qiyməti tapmalı.
5. Cismin xətti ölçüsü üçün təcrübədən tapılan qiymətlərə əsasən mütləq, nisbi və faizlə xətalari hesablamalı.

Silindrik boruların daxili diametrini $0,1 \text{ mm}$ dəqiqliklə ölçərkən ştankenpərgarın α və b dodaqlarının əks tərəfindəki iki dodaqdan (c və d) istifadə olunur (şəkil 4.)

Bunun üçün başlanğıc vəziyyətdə olan ştankenpərgarın dodaqlarını daxili diametri ölçüləcək borunun içərisinə salıb, noniusu əsas xətkəş üzrə sağa hərəkət etdirmək lazımdır.

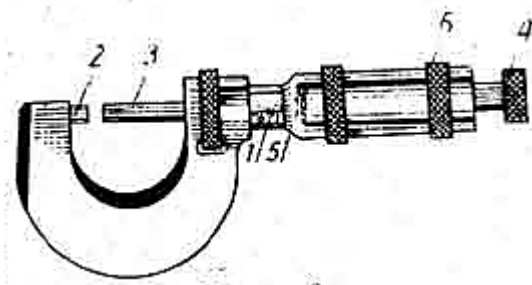
Xətkəşin c və d dodaqları borunun daxili divarlarına toxunduqda, yuxarıda verilmiş qayda ilə hər iki xətkəşdən istifadə edərək borunun daxili diametrini hesablamaq olar.

Ştankenpərgarla dərinliyi ölçərkən, onun əsas xətkəşinin sonunu şaquli istiqamətdə dərinliyi ölçüləcək cismin dibinə toxundurub, noniusu həmin vəziyyətdə saxlayaraq, əsas xətkəşi yuxarıya tərəf o qədər hərəkət etdirmək lazımdır ki, əsas xətkəşin sonu dərinliyin üst səviyyəsində dursun (şəkil 5). Sonra yuxarıda deyilən qayda ilə hər iki xətkəşdən istifadə edib, dərinliyini ölçmək olar.



Şəkil 5.

3. *Mikrometrlə işləmə qaydası.* Mikrometr, uzunluğu $0,01 \text{ mm}$ dəqiqliklə ölçən cihazdır. Bu cihazın dəqiqliyi ştankenpərgara nisbətən 10 dəfə çoxdur. Onunla müxtəlif məftillərin diametrini, uzunluğunu nazik lövhələrin qalınlığını və s. ölçmək mümkündür (şəkil 6).



Şəkil 6.

Şəkildən göründüyü kimi, mikrometr mənəkənəni xatırladır. Bunun iki başmağı (2 və 3) vardır. Bu başmaqlardan 2 tərpənməz, 3 isə 4 və 6 dəstəkləri vasitəsilə sağa və sola vintvarı hərəkət etdirilə bilər. 4 dəstəyi mikrovint, 6 dəstəyi isə makrovint adlanır. Xətti ölçüsü təyin ediləcək cismi başmaqların (2 və 3) arasına yerləşdirərək vintlə (4) sıxırlar. Vintvarı başmağın (3) bir tam fırlanmasında getdiyi məsafəyə onun addımı deyilir. Əksər hallarda mikrometrin hər addımı $0,5\text{ mm}$ -ə bərabər olur. Vintvarı başmağa (3) bərkidilmiş və onunla birlikdə fırlanan barabanın (5) dodağında çevrə boyunca 50 bölgü vardır.

Baraban, əsas şkala (1) üzərində sağa və sola hərəkət etdirilə bilər. Əsas şkala bir düz xətlə bir - birindən ayrılan millimetr bölgülü iki seriyadan ibarətdir. Düz xəttin bir tərəfindəki millimetrlik məsafələri ayıran xətlər digər tərəfindəki millimetrlik məsafələrin tən artasına düşür.

Beləliklə, 4 vinti ilə 3 başmağını (eyni zamanda 5 silindrinə) bir dövr fırlatdıqda 5 silindirinin dodağı 1 silindrindəki xətkəşlərin birindəki ixtiyari xətdən digərindəki növbəti xəttə yerini dəyişməklə $0,5\text{ mm}$ irəliləyir. Deməli, 5 silindri bir tam dövr etdikdə (50 bölgü döndükdə) onun kənarı sabit xətkəş boyunca $0,5\text{ mm}$ yerini dəyişir. Bu halda 5 silindrinin iki dəfə fırlanması zamanı onun kənarı sabit xətkəş boyunca 1 mm irəliləmiş olur. Beləliklə barabandakı bölgülərdən birinin dönməsi onun əsas şkala boyunca yerini $0,01\text{ mm}$ dəyişməsinə uyğun gəlir.

Mikrometrlə ölçü apardıqda aşağıdakı ardıcılığa riayət olunmalıdır:

1. Mikrometrin başlanğıc vəziyyətini yoxlamalı. Bunun üçün vinti (4) saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində zəng səsi eşidilənə kimi fırlatmalı. Bu zaman başmaqlar (2 və 3) toxunacaq və tərpənməyən şkalanın (1) sıfır bölgüsü ilə silindrin (5) sıfır bölgüsü üst - üstə düşəcəkdir. Belə olmasa, deməli, mikrometr işə yararlı deyildir.

2. Vinti (6) saat əqrəbi hərəkətinin əks istiqamətində fırlatmaqla ölçüləcək cismi başmaqların arasına yerləşdirməli.

3. Bundan sonra zəng səsi eşidilincəyə qədər cismi başmaqların arasında vintlə (4) sıxmalı.

4.Xətkeşdə (1) millimetr və yarım millimetrləri, silindrin (5) dairəvi şkalasında isə millimetrin yüzdə bir hissələrini müəyyən etməli.

5.Cismin xətti ölçüsünü mikrometrlə ən azı 3 - 4 dəfə təkrar ölçərək orta qiymət tapmalı.

6.Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №1

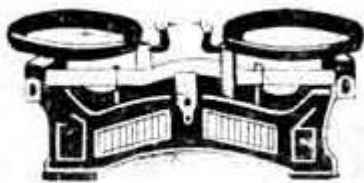
ANALATİK TƏRƏZİ. DƏQİQ ÇƏKİ QAYDALARI

Ləvazimat: analitik tərəzi, çəki daşları, çəkisi təyin ediləcək müxtəlif cisimlər, maşa.

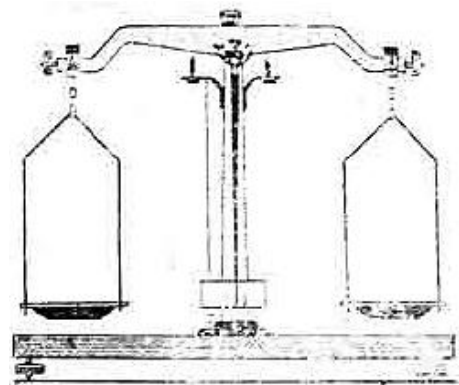
Qısa nəzəri məlumat

Məişətdə də laboratoriyalarda istifadə olunan tərəziləri başlıca olaraq, üç qrupa ayırmaq olar. Birinci növ tərəzilər dəqiqliyi çox az olan, məişətdə geniş istifadə edilən *Beranje tərəziləridir*. Bunlardan ən çox yayılanı stolüstü tərəzidir (şəkil 7) İkinci növ tərəzilər fiziki texniki tərəzilərdir (şəkil 8). Çox vaxt bunlara sadəcə olaraq texniki tərəzilər də deyilir. Texniki tərəzilərin dəqiqliyi Beranje tərəzilərinə nisbətən xeyli böyükdür.

Laboratoriyalarda ən çox istifadə olunan texniki tərəzilərin dəqiqliyi 10 *mq* - dir. Bu tərəzilərlə kütləsi təqribən 200 *q* - a qədər olan cisimləri çəkmək olur. Üçüncü növ tərəzilər *fiziki - kimyəvi* tərəzilərdir (şəkil 9); bunlara analitik tərəzilər deyilir. Analitik tərəzilərin dəqiqliyi başqa tərəzilərə nisbətən böyükdür. Həssaslığı daha böyük olan belə tərəzilərə *mikroanalitik* tərəzilər deyilir.



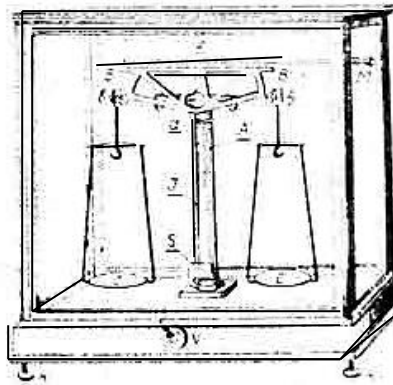
Şəkil 7.



Şəkil 8.

Şəkildən göründüyü kimi analitik və ya mikroanalitik tərəzilər hava cərəyanının təsirindən və tozdan mühafizə olunmaq üçün yaxşı işıqlandırılmalı bilən şüşə qutu içərisində saxlanılır. Şəkildə *BB* - tərəzinin lingi, *BE* və *EB* isə qollarıdır. Lingin ortasına alt üzündən üçüzlü polad *a* prizması bərkidilmişdir. Üçüzlü

prizmanın oturacağı qarşısındakı tili, şaquli A dayağının yuxarı ucuna bərkidilmiş və səthi çox hamar olan ləl daşa söykənir. Daha doğrusu, üçüzlü prizma ləl daşa söykənməklə qolların dayağına çevrilir. Linkin E nöqtəsindən eyni məsafələrdə tərəzi qolunun uclarındakı b prizmalarının tillərindən C gözləri asılmışdır. Lingin tən ortasındakı a prizmasının və qolların uclarındakı b prizmalarının tilləri bir - birinə paralel olmalıdır. Tərəzi linkinin ortasındakı a prizmasına təsir edək, sağ və sol gözlərindəki kütlələrin ağırlıq mərkəzləri a prizmasının dayaq səviyyəsindən aşağıda olduğu üçün tərəzi gözləri həmişə dayanıqlı tarazlıq vəziyyətinə gəlir. Tərəzi boş olduğu zaman və ya dəqiq çəki tapılarkən qollar üfüqi vəziyyətdə olmalıdır. Bu vəziyyəti müəyyən etmək üçün, kənar prizmaları birləşdirən üfüqi xəttə perpendikulyar olmaqla, lingin ortasına bərkidilmiş şaquli J əqrəbindən istifadə olunur. Bu əqrəb, A dayağının oturacağına bərkidilmiş S şkalası üzrə sağa və sola hərəkət edir. Qollar üfüqi vəziyyət aldıqda əqrəb şkalada orta bölükdə durur. Buna tərəzinin yüksüz halda başlanğıc və ya sıfır vəziyyəti deyilir. Boş tərəzinin sıfır vəziyyətinə gətirmək üçün qolların uclarında və ya lingin orta hissəsində yivli üfüqi çubuq boyunca sağa və sola hərəkət etdirilə bilən yüklərdən istifadə olunur.



Şəkil 9.

Tərəzi linginin ortasındakı a prizması ləl daşı üzərində uzun müddət qalarsa, söykənən tili tezliklə xarab ola bilər və tərəzi dəqiqliyini itirir. Ona görə də tərəzidən istifadə edilmədiyi hallarda a prizmasını ləl daşdan aralamaq (arretirləmək) lazımdır. Bunun üçün V dəstəyini saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində tədricən döndərmək lazımdır. Bu halda tərəzi qolları xüsusi dayaqqlarla azacıq yuxarı qaldırılaraq həmin vəziyyətdə saxlanılır. Bu əməliyyata tərəzinin arretirlənməsi deyilir. Tərəzinin arretirlənməsi ilə eyni vaxtda tərəzi gözlər də xüsusi dayaqqlarla azacıq yuxarı qaldırılır və gözlərin asıldığı prizmalar yükədən azad olur.

Tərəzi qutusunun altında olan k vintləri ilə A dayağını şaquli vəziyyətə gətirmək lazımdır. Bunun üçün A dayağının arxa tərəfində nazik sapa bağlanmış yükədən - şaquldan istifadə olunur. Bu şaqulla oturacağıdakı göstərici mil uc - uca

gəlincəyə qədər, k vintləri ilə tərəzinin müvafiq tərəflərini endirmək və ya qaldırmaq lazımdır.

Hər bir tərəzinin özünə məxsus yüklənmə həddi vardır. Bu hədd tərəzinin üzərində qeyd olunur. Tərəzi gözlərinə normadan çox yük qoyularsa, onun qolları əyilər və tərəzi öz dəqiqliyini itirir. Analitik tərəzilərin yüklənmə hədlərinə uyğun çəki daşları olur. Çəki daşları $100\ q$ - dan $1\ q$ -a və $500\ mq$ - dan $10\ mq$ - a qədər olur. Çəki daşlarının yaxşı mühafizə olunması üçün onları qutuda saxlayırlar. Yuxarıda göstərilən çəki daşlarından başqa, çəkisi $10\ mq$ olan ($0,01\ q$) alminum teldən xüsusi formada hazırlanmış reymer adlanan çəki daşı da vardır. Reyter tərəzi qolları üzərindəki bölgülərə qoyulur. Tərəzinin hər bir qolu 10 bərabər hissəyə bölünür. Bu bölgülərin hər biri $1\ mq$ - göstərir. $1\ mq$ - lıq bölgülərin hər biri də çox halda 5, bəzən isə (daha dəqiq tərəzilərdə) 10 bərabər hissəyə bölünür. Bu kiçik bölgülərin hər biri $0,2$ və ya $0,1\ mq$ - ı göstərir. Deməli, reyter tərəzi qolu üzərindəki iri bölgülər üzərində olduqda onun üzərində yazılmış rəqəmə uyğun tam milli qramları, kiçik bölgülərdə olduqda isə müvafiq olaraq milliqramın $0,2$ və ya $0,1$ - lərini göstərəcəkdir. Reyteri tərəzi qollarındakı bölgülərə qoymaq, oradan götürmək və ya yerini dəyişdirmək üçün bir ucu tərəzi qutusunun sağ tərəfindən xaricə çıxmış gəzdirci M çubuğundan istifadə olunur.

Tərəzi ilə çəki qaydası

Tərəzi ilə işləməyə başlamazdan əvvəl o, normal vəziyyətə gətirilməlidir. Bunun üçün əvvəlcə şaqul və k vintlərinin köməyi ilə A dayaqını şaquli vəziyyətə gətirmək, sonra isə tərəzini arretirdən azad edib J əqrəbinin S şkalasında başlanğıc vəziyyətdə durduğunu yoxlamaq lazımdır.

Əqrəbi S şkalasının sıfır bölgüsünə gətirmək üçün qolların uclarındakı və lingin ortasına yaxın yerləşdirilmiş yükləri hərəkət etdirmək lazımdır. Bundan sonra tərəzi ilə işləmək olar. Çəki zamanı aşağıdakı qaydalara əməl edilməlidir:

- 1) Analitik tərəzi ilə işləyərkən arretirlənməmiş tərəzinin gözlərinə toxunmamalı, ona yük qoymamalı, qollar üzərindəki reyterin yerini dəyişdirməməli;
- 2) Çəki daşlarını arretirlənmiş tərəzinin sağ gözüne, çəkiləcək cismi isə sol gözüne qoymalı;
- 3) çəki daşlarını və çəkiləcək cismi mümkün qədər tərəzi gözünün tam ortasına qoymalı;
- 4) çəki daşlarını xüsusi maşa ilə götürməli;
- 5) çəki daşları ilə çəkiləcək cismi müqayisə edərkən, tərəzini arretirdən azacıq azad etmək, yəni V dəstəyini saat əqrəbi hərəkəti istiqamətində sona qədər deyil, azacıq döndərmək kifayətdir. Beləliklə, tərəzinin J əqrəbinin S şkalası üzrə hansı tərəfə meyl etdiyini bilmək olur. Bu zaman tərəzini arretirləyib,

çəki daşları olan gözə, meylədən asılı olaraq əlavə daş qoymaq və ya götürmək lazımdır. Beləliklə də, tədricən çəki daşları ilə çəkiləcək cisim arasındakı çəki fərqi azaltmaq olar. Bu fərq mümkün qədər az olduqda tərəzinin J əqrəbi S şkalası üzrə rəqs etməlidir;

- 6) tərəzinin tarazlıq vəziyyətini və ya cismin kütləsini taparkən tərəzi qutusunun qapıları bağlı olmalıdır;
- 7) tərəzinin həm arretirlənməsi, həm də arretirdən azad edilməsi olduqca yavaş və çox ehtiyatla yerinə yetirilməlidir. Xüsusilə tərəzinin rəqs edən qollarını dayandırmaq lazım gəldikdə, əqrəbin S şkalasının orta vəziyyətindən keçdiyi anı gözləmək lazımdır;
- 8) tərəzini arretirdən tədricən azad edərkən, onun gözləri böyük amplitudla rəqs etdiyi müşahidə edildikdə, gözlərdən birinə kiçik kağız parçası ilə ehtiyatla toxunmaq və bundan sonra tərəzini arretirdən tamamilə azad etmək lazımdır;
- 9) tərəzi arretirdən azad edildikdə əqrəbin rəqs amplitudu çox kiçik olarsa, tərəzi qutusunun yan qapılarından birini müəyyən qədər açaraq tərəzi gözlərindən birinin qarşısında əl ilə havanı çox ehtiyatla yellətmək kifayətdir (bu elə edilməlidir ki, rəqs edən əqrəb şkaladan kənara çıxmasın);
- 10) arretirlənməmiş tərəzinin gözlərində çəki daşlarını uzun müddət saxlamaq olmaz;
- 11) çəki işini qurtaran kimi dərhal tərəzinin qapılarını bağlamalı.

Tərəzinin sıfır nöqtəsinin təyini

Yüksüz tərəzini arretirdən azad edərkən əqrəbin şkala üzrə rəqsinin sönərək dayandığı nöqtəyə tərəzinin sıfır nöqtəsi deyilir. Tərəzinin sıfır nöqtəsinə onun tarazlıq nöqtəsi də deyilir.

Çox dəqiq analitik tərəzilərdə sürtünmə kiçik olduğu üçün, onu arretirdən azad etdikdən sonra rəqslərin sönməsi üçün çox vaxt keçir. Sıfır nöqtəsini tez tapmaq lazım gəldikdə başqa üsuldən istifadə edilir. Yəni, arretirdən azad edilmiş tərəzinin qolları rəqsə gəldikdən sonra onun əqrəbinin şkaladakı kənar vəziyyətləri qeyd edilir. Əgər əqrəb şkaladan kənara çıxarsa, onda bir qədər gözləmək lazımdır ki, rəqs sönərək tədricən şkala üzərində alınsın. Əqrəbin şkala boyunca hərəkəti zamanı şərti olaraq ardıcıl üç dəfə sol kənardan, iki dəfə isə sağ kənardan qayıtdığı bölgüləri qeyd etmək lazımdır.

Bu bölükləri ümumi şəkildə a hərfi ilə işarə etsək, sol və sağ meyilləri aşağıdakı kimi yazmaq olar:

Sol tərəf

a_1

a_3

a_5

Sağ tərəf

a_2

a_4

Bu ədədlərə əsasən şkalasındakı sıfır bölgüsü sol kənar da olan tərəzilər üçün sıfır nöqtəsi (l_0) aşağıdakı kimi hesablanır:

$$l_0 = \frac{\frac{a_1+a_3+a_5}{3} + \frac{a_2+a_4}{2}}{2} \quad (6)$$

Tərəzi şkalasında sıfır bölgüsü ortada olarsa, belə tərəzilər üçün sıfır nöqtəsi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$l_0 = \frac{\frac{a_1+a_3+a_5}{3} + \frac{a_2+a_4}{2}}{2} \quad (7)$$

(7) ifadəsinə görə tapılan sıfır nöqtəsinin qiyməti əqrəbin daha çox meyl etdiyi tərəfdə olmalıdır.

Əqrəbin rəqsi zamanı şkaladakı kənar vəziyyətləri qeydə alarkən, şkala müstəvisinə perpendikulyar istiqamətlə baxılmalıdır. (6) və ya (7) ifadələri ilə tərəzinin sıfır nöqtəsini ən azı üç dəfə taparaq, onlardan orta qiymət götürmək lazımdır. Tərəzinin sıfır nöqtəsi tapıldıqdan sonra onun həssaslığını təyin etmək olar.

Tərəzinin həssaslığının təyini

Tərəzinin həssaslığı onu xarakterizə edən əsas kəmiyyətlərdən biridir. Yüksüz tərəzinin sıfır nöqtəsini təyin etdikdən sonra, onun sağ gözüne kiçik P yükü qoyduqda tarazlıq nöqtəsi əvvəlki vəziyyətinə nəzərən öz yerini dəyişəcəkdir. P yükünü tədricən artırıdığımızda bu yerdəyişmənin qiyməti də artar.

Buradan belə nəticə alınır ki, tarazlıq nöqtəsinin yerdəyişmə məsafəsi təsir edən yüklə və ya əqrəbin meyl bucağının tangensi ilə mütənasibdir.

Tərəzinin bir gözüne 1 mq - lıq yük qoyduqda yükün təsiri altında sıfır nöqtəsinin yerdəyişmə məsafəsi ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə tərəzinin həssaslığı deyilir. Tərəzinin həssaslığı aşağıdakı qayda ilə təyin edilir:

- 1) boş tərəzinin sıfır nöqtəsini təyin etməli;
- 2) tərəzi qollarından birinin birinci bölgüsünə 10 mq - lıq reyter qoymalı;
- 3) tərəzinə arretirdən azad edib, bir milliqram yükə uyğun l_1 - yerdəyişmə məsafəsini təyin etməli. l_1-l_0 fərqi tərəzinin həssaslığıdır;
- 4) tərəzinin həssaslığını ən azı 3 - 4 dəfə təyin edib, orta qiymət tapmalı.

Cismin dəqiq çəkisinin təyini

Dəqiq çəkiyə başlamazdan əvvəl yüksüz tərəzinin l_0 - sıfır nöqtəsini tapmalı. Sonra çəkisi təyin ediləcək cismi tərəzinin sol gözüne, təxminən həmin cismin çəkisinə uyğun çəki daşlarını isə sağ gözüne qoyub, tərəzinə arretirdən azad etməli. Bu zaman tərəzi gözlərindəki yüklər fərqi çox olsa, əqrəb rəqs etməyərək bir tərəfə meyl edəcək, çəki daşlarını dəyişdirməklə tərəzi gözlərindəki çəkilər fərqi tədricən azaltmaq lazımdır. Bundan sonra tərəzinə arretirdən azad etdikdə əqrəb şkala üzrə rəqsə başlayır. Əgər cismin çəkisi tam qram və milliqramlarla alınmazsa, onda reyterdən istifadə etmək lazımdır. Reyteri tərəzi qolu üzərindəki bölgülərdə

gəzdirməklə iki elə ardıcıl tam bölgü tapmaq olar ki, reyter onlardan biri üzərində olduqda, çəki daşlarının çəkisinin cismin çəkisindən kiçik, digəri üzərində olduqda isə çəki daşlarının cismin çəkisindən böyük olduğu müşahidə edilsin.

Fərz edək ki, reyter tərəzi qolu üzərindəki bölgülərdən birində olduqda çəki daşlarının çəkisi P_1 əqrəbin buna uyğun meylinə görə sıfır nöqtəsi l_1 - dir. Reyteri qonşu bölgüyə qoyduqda isə çəki daşlarının çəkisi P_2 və buna uyğun sıfır nöqtəsi l_2 - dir. P_2 - nin P_1 - dən çox olduğunu qəbul etsək, çəki daşlarının çəkiliəri fərqiyyə uyğun (bir milliqram) əqrəbin meyli l_2-l_1 olub, çəkilər fərqi ilə mütənasib olar:

$$P_2 - P_1 = 1 \text{ mQ} = l_2 - l_1 \quad (8)$$

Aydındır ki, cismin P həqiqi çəkisi P_1 -dən böyük , P_2 - dən isə kiçik olmalıdır.

Deməli, cismin P həqiqi çəkisini tapmaq üçün P_1 çəkisi üzərinə elə bir ΔP çəkisini əlavə etmək lazımdır ki, P_1 çəkisinə uyğun l_1 sıfır nöqtəsi yerini dəyişərək P çəkisinə uyğun l_0 sıfır nöqtəsinə gəlsin (eyni mülahizəni P_2 çəkisi üçün də demək olar. Bu halda l_2 - ni $l_0 - a$ gətirmək üçün P_2 -dən hər hansı ΔP çəkisi çıxılır) Bu halda ΔP çəkisi əqrəbin ona uyğun ($l_1 - l_0$) meyli ilə mütənasib olar:

$$\Delta P \sim l_1 - l_0 \quad (9)$$

(8) və (9) ifadələrindən yazarıq:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mQ} &= l_2 - l_1 \\ \Delta P \text{ mQ} &= l_1 - l_0, \end{aligned}$$

buradan

$$\frac{1}{\Delta P} = \frac{l_2 - l_1}{l_1 - l_0}$$

alırıq. Onda cismin havadakı çəkisi

$$P = P_1 + \Delta P, \quad (11)$$

burada P_1 - çəki daşları ilə qolun üzərindəki reyterin l_1 tarazlıq nöqtəsinə uyğun çəkisidir. Cismin çəkisi bilavasitə havada tapıldığına görə, Arximed qanununa uyğun olaraq o öz həqiqi çəkisindən müəyyən qədər itirmiş olur. Odur ki, cismin (11) ifadəsinə görə tapılan çəkisinə havada itirdiyi çəkini əlavə etmək lazımdır.

Cismin havada itirdiyi çəkisinin hesablanması

Arximed qanunundan məlumdur ki, cismin havada itirdiyi çəkisi (qaldırıcı qüvvə), həmin cismin həcminə bərabər havanın çəkisi qədər olar.

Fərz edək ki, cismin həqiqi çəkisi P , həcmi V və xüsusi çəkisi D - dir. Çəki daşlarının həqiqi çəkisi Q , həcmi V və xüsusi çəkisi d - dir. Havanın xüsusi çəkisi λ olsun. Bu halda tərəzinin havada tarazlıq vəziyyətində olması üçün aşağıdakı şərtlər ödənilməlidir:

$$P - Vd = Q - v\lambda, \quad (12)$$

buradan

$$P = Q + (V - v)\lambda \quad (13)$$

Məlumdur ki, $V = \frac{P}{D}$ və $v = \frac{Q}{d}$ – dir.

Bunları (13) - də yerinə yazsaq:

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

alırıq. Bunu aşağıdakı kimi də yazmaq olar:

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

və yaxud

$$P = Q \frac{1 - \frac{\lambda}{d}}{1 - \frac{\lambda}{D}} \quad (14)$$

Axırıncı ifadədəki kəsri, çoxhədlilərin bölünməsi qaydası ilə bölsək alarıq:

$$\frac{1 - \frac{\lambda}{d}}{1 - \frac{\lambda}{D}} = 1 + \frac{\lambda}{D} - \frac{\lambda}{d} + \frac{\lambda^2}{D^2} - \frac{\lambda^2}{D \cdot d} + \dots \quad (15)$$

Burada havanın xüsusi çəkisinin (λ) cisim və çəki daşlarının xüsusi çəkilərindən (D və d) çox kiçik olduğunu nəzərə alsaq, (15) ifadəsindəki $\frac{\lambda^2}{D^2}$ – ni və bundan sonra gələn hədləri nəzərə almamaq olar. Beləliklə, (14) ifadəsi aşağıdakı şəkli alar:

$$P = Q \left(1 + \frac{\lambda}{D} - \frac{\lambda}{d}\right), \quad (16)$$

burada P – cismin həqiqi çəkisi, Q isə tərəzi gözünə qoyulmuş çəki daşlarının həqiqi çəkisidir. λ , d və D – ni temperatur, təzyiq və rütubəti nəzərə alaraq cədvəldən götürməklə (16) ifadəsinə əsasən havasız mühit üçün cismin həqiqi çəkisini hesablamaq olar. Cismin həqiqi çəkisini ən azı üç dəfə tapıb, orta qiymət, mütləq və nisbi xətalı hesablamalıdır.

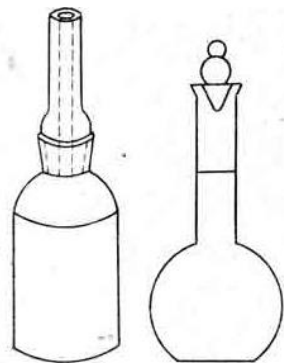
LABORATORİYA İŞİ №2

MAYELƏRİN XÜSUSİ ÇƏKİSİNİN PİKNOMETRLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: tərəzi, çəki daşları, piknometr, xüsusi çəkiləri təyin ediləcək mayələr, təmiz (distillə edilmiş) su, termometr, süzgəc kağızı.

Qısa nəzəri məlumat

Piknometr dəyişməz həcmə malik olan şüşə qabdır. Bunun bir neçə növü vardır. Ən çox tətbiq olunanları kapilliyar (şəkil 10) və dar boğazlı (şəkil 11) piknometrlədir.



Şəkil 10.

Şəkil 11.

Təcrübə zamanı piknometri əvvəlcə etalon maye (təmiz su) sonra tədqiq olunan maye ilə doldurub tərəzidə çəkləməklə, nisbi üsulla tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisini təyin etmək olur. Etalon mayenin xüsusi çəkisi müvafiq temperaturda cədvəldən götürülməlidir.

Piknometrin havadakı çəkisini p , təmiz su ilə birlikdə çəkisini P , tədqiq olunan maye ilə birlikdə çəkisini Q qəbul etsək, $(P - \rho)$ - piknometrdeki təmiz suyun, $(Q - p)$ isə tədqiq olunan mayenin çəkisi olar. Suyun xüsusi çəkisini d_1 tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisini d_2 ilə işarə etsək, hər iki mayenin həcmi eyni olduğu üçün aşağıdakıları yazarıq:

$$d_1 = \frac{P-p}{V}; \quad d_2 = \frac{Q-p}{V}$$

Son iki ifadəni tərəf - tərəfə bölsək alarıq:

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{Q-p}{P-p}$$

Bərabər həcmli müxtəlif mayələrin xüsusi çəkilərinin nisbəti, onların çəkiləri nisbəti kimidir. Son ifadədən d_2 -ni tapaq:

$$d_2 = \frac{Q-p}{P-p} d_1 \quad (17)$$

(17) ifadəsinə görə xüsusi çəkini taparkən, çəki işləri havada getdiyinə görə Arximed qanununa əsasən, çəkilərə müəyyən düzəliş vermək lazım gəlir. Bunun üçün fərz edək ki, piknometrin həcmi (tutumu) v , həmin temperaturda təmiz suyun həqiqi

xüsusi çəkisi d_1 tədqiq olunan mayenin həqiqi xüsusi çəkisi d_2 , havanın xüsusi çəkisi λ , çəki daşlarının xüsusi çəkisi D olsun. Onda piknometrdəki təmiz suyun həqiqi çəkisi v d_1 tədqiq olunan mayenin həqiqi çəkisi v d_2 su və ya tədqiq olunan mayenin piknometrdən sıxışdırıb çıxardığı havanın həqiqi çəkisi v d_2 olar. Piknometrdəki təmiz suyun çəkisini tarazlaşdıran çəki daşlarının həcminə bərabər havanın çəkisi $\frac{P-\rho}{D} \lambda$ və tədqiq olunan mayenin çəkisi qədər çəki daşlarının həcminə bərabər havanın həqiqi çəkisi isə $\frac{P-\rho}{D} \lambda$ olar. Tərəzidəki çəki daşları ilə mayelərin tarazlığına əsasən aşağıdakıları yazmaq olar:

Təmiz su üçün

$$v d_1 - v \lambda = (P - \rho) - \left(\frac{P-\rho}{D}\right) \lambda,$$

tədqiq olunan maye üçün

$$v d_2 - v \lambda = (Q - p) - \left(\frac{P-\rho}{D}\right) \lambda,$$

və ya

$$v (d_1 - \lambda) = (P - p) \left(1 - \frac{\lambda}{D}\right);$$

$$v (d_2 - \lambda) = (Q - p) \left(1 - \frac{\lambda}{D}\right)$$

yazmaq olar. Son ifadələri tərəf - tərəfə bölsək alarıq:

$$\frac{d_2 - \lambda}{d_1 - \lambda} = \frac{Q - p}{P - p}$$

Buradan tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisini tapaq:

$$d_2 = \frac{Q - p}{P - p} (d_1 - \lambda) + \lambda \quad (18)$$

Bu ifadə ilə etalon mayeyə nəzərən istənilən mayenin xüsusi çəkisini tapmaq olar.

İşin gedişi

1. Piknometri təmiz su ilə yuduqdan sonra qurutmalı və onun havadakı p çəkisini tapmalı.
2. Piknometri təmiz su (etalon maye) ilə doldurub, onun P çəkisini tapmalı.
3. Həmin piknometri yenidən təmiz yuyub, qurutduqdan sonra, tədqiq olunan maye ilə doldurub. Q çəkisini tapmalı. Hər iki mayeni piknometrə doldurarkən içərisində hava qabarcıqlarının qalmamasına diqqət yetirmək lazımdır.
4. Təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun etalon mayenin və havanın xüsusi çəkilərini (uyğun olaraq d_1 və λ) cədvəldən götürməli.
5. Alınan qiymətləri (18) ifadəsində yerinə yazıb, tədqiq olunan mayenin d_2 xüsusi çəkisini hesablamalı.
6. Təcrübəni eyni maye üçün 3-4 dəfə təkrar etməklə orta qiymət tapmalı, mütləq və nisbi xətalara hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №3

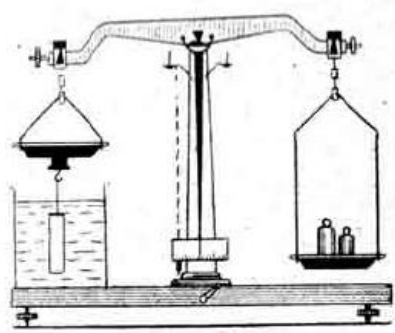
MAYELƏRİN XÜSUSİ ÇƏKİSİNİN HİDROSTATİK

TƏRƏZİ VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Hidrostatik tərəzi, çəki daşları, içərisində civə olan ağzıbağlı şüşə üzgəc və ya tərəzi gözündən asılmaq üçün qarmağı olan, kimyəvi reaksiyaya girməyən hər hansı bərk cisim, tədqiq ediləcək və etalon maye, nazik məftil, mütəhərrik skamya, kimyəvi stəkanlar.

Qısa nəzəri məlumat

Hidrostatik tərəzi adi texniki tərəzi olub, mayeyə batırılmış cismin Arximed qanununa görə itirdiyi çəkisini tapmağa imkan verir. Bunun üçün 12- ci şəkildən göründüyü kimi, üzgəci tərəzinin gözündən asıb, tədqiq olunan mayeni stəkanla birlikdə tərəzi gözünün altında yerləşdirmək lazımdır. Odur ki, tərəzinin bir gözü (münasib olmaq üçün sol gözü) qısa hazırlanır.



Şəkil 12.

Səthi təmizlənmiş üzgəci sol gözün altındakı qarmaqdan asıb, onun havada P çəkisini tapmalı. Sonra həmin üzgəci əvvəlcə təmiz suya, sonra da tədqiq olunan mayeyə batıraraq çəkilərini tapmalı. Fərz edək ki, həmin çəkilər uyğun olaraq P_1 və P_2 - dir. Onda üzgəcin təmiz suda itirdiyi çəkisi $P - P_1$, tədqiq olunan mayədə itirdiyi çəkisi isə $P_1 - P_2$ olar. Arximed qanununa görə bu çəkilər, üzgəc həcminə bərabər uyğun mayələrin (təmiz suyun və tədqiq olunan mayenin) çəkirlərinə bərabər olar.

Məlumdur ki, bərabər həcmli müxtəlif mayələrin çəkirləri nisbəti onların xüsusi çəkirlərinin nisbəti kimidir:

$$\frac{P - P_2}{P - P_1} = \frac{d_2}{d_1}$$

yaxud

$$d_2 = \frac{P - P_2}{P - P_1} d_1 \quad (19)$$

burada d_1 - etalon mayenin, d_2 - tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisidir. (19) ifadəsinə əsasən nisbi üsulla ixtiyari mayenin xüsusi çəkisini hesablamaq olar.

Təcrübə zamanı bütün çəki işləri havada aparıldığından xüsusi çəkini təyin edərkən havanın təsiri nəzərə alınmalıdır. Bu məqsədlə (19) ifadəsinə aşağıdakı kimi düzəliş vermək lazımdır.

Üzgəcin həcmi v olsa $v d_1$ - təmiz suda, $v d_2$ - tədqiq olunan mayedə onun itirdiyi çəki olar. Bu çəkilər üzgəc həcminə bərabər təmiz suyun və tədqiq olunan mayelərin həqiqi çəkiləridir. Təcrübə temperaturunda havanın xüsusi çəkisi λ olsa, üzgəcin həcminə bərabər havanın çəkisi $v \lambda$ olar. Onda həcmələri üzgəcin həcminə bərabər təmiz su və tədqiq olunan mayenin havadakı çəkiləri uyğun $v d_1 - v \lambda$ və $v d_2 - v \lambda$ olacaqdır. Bu çəkilər tərəzinin digər gözündəki çəki daşları ilə tarazlaşır. Bu halda $(P - P_1)$ eyni zamanda üzgəc suda olarkən onun itirdiyi çəkiyə bərabər daşların çəkisidir. Çəki daşlarının xüsusi çəkisi D olsa, üzgəc həcminə bərabər suyun çəkisi ilə tarazlaşan çəki daşlarının həcmi $\frac{P-P_1}{D}$ olar. Onda bu çəki daşlarının havada itirdiyi çəkisi $\frac{P-P_1}{D} \lambda$ olacaqdır. Bu halda üzgəcin suda itirdiyi çəkisinə uyğun çəki daşlarının havadakı çəkisi

$$(P - P_1) - \frac{P-P_1}{D} \lambda$$

olar.

Üzgəcin təmiz suda və tədqiq olunan mayelərdə çəki daşları ilə tarazlığa gətirildiyini nəzərə alsaq, uyğun olaraq

$$(v d_1 - v \lambda) = (P - P_1) - \frac{P-P_1}{D} \lambda,$$

$$(v d_2 - v \lambda) = (P - P_2) - \frac{P-P_2}{D} \lambda,$$

yazmaq olar. Hər iki tənliyi

$$v(d_1 - \lambda) = (P - P_1) \left(1 - \frac{\lambda}{D}\right),$$

$$v(d_2 - \lambda) = (P - P_2) \left(1 - \frac{\lambda}{D}\right)$$

kimi də yazmaq olar. Son ifadələri tərəf - tərəfə bölərək d_2 - ni tapsaq

$$d_2 = \frac{(P - P_2)}{(P - P_1)} (d_1 - \lambda) + \lambda \quad (20)$$

alırıq. Bu düsturla ixtiyari mayenin xüsusi çəkisini tapmaq olar.

İşin gedişi

1. Tərəzinin düzgünlüyünü yoxladıqdan sonra, təmiz silinmiş üzgəci tərəzinin sol gözünün altındakı qarmaqdan asaraq, onun havadakı P çəkisini tapmalı.
2. İçərisində etalon maye olan stəkanı mütəhərrik skamya vasitəsi ilə o qədər yuxarı qaldırmaq lazımdır ki, üzgəc onun divarı və dibinə toxunmamaq şərti ilə tamamilə mayeyə batsın. Bu zaman üzgəcin üzərində hava qabarcıqları qalmalıdır. Yenidən tarazlıq əldə etməklə, bu şəraitdə üzgəcin sudakı P_1 çəkisini tapmalı.

3. Üzgəci təmiz sudan çıxarıb, sildikdən sonra yenidən tədqiq olunacaq mayeyə batırıb, həmin mayedəki P_2 çəkisini tapmalı.
4. Təcrübə temperaturunda təmiz suyun və havanın xüsusi çəkilərini cədvəldən götürməli.
5. Əldə edilmiş bütün qiymətləri (20) ifadəsində yazıb tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisini hesablamalı.
6. Təcrübəni eyni maye üçün ən azı 3 dəfə təkrar edərək, xüsusi çəki üçün orta qiymət tapmalı.
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №4

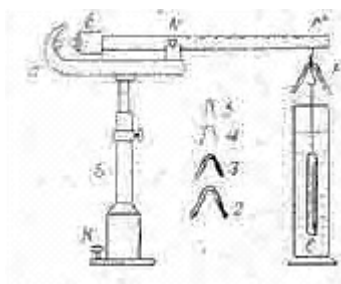
MAYELƏRİN XÜSUSİ ÇƏKİSİNİN VESTFAL TƏRƏZİSİ VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Vestfal tərəzisi və ona məxsus çəki daşları (reyterlər), bir neçə stəkan, təmiz su, tədqiq ediləcək mayələr.

Qısa nəzəri məlumat

Vestfal tərəzisindən çox böyük dəqiqlik tələb etməyən çəki işlərində istifadə olunur. Tərəzi, şəkildən göründüyü kimi (şəkil 13) şaquli S dayağı üzərində, N prizmasına görə rəqsə gələ bilən lingdən ibarətdir. Bu lingin M ucundakı F qarmağından sabit C yükü (üzgəc) asılmışdır. S dayağının oturacağındakı K vintinin köməyi ilə N prizmasına söykənmiş lingin sağ və sol qolları havada tarazlığa gətirilir. Daha doğrusu sağ qoldakı sabit C üzgəci ilə sol qoldakı B yükü tarazlıqda olur.

Tarazlıq a ucluqlarının vəziyyəti ilə müəyyən edilir. Tərəzinin sağ qolu, sol qola nisbətən uzun olmaqla 10 hissəyə bölünmüşdür. Onuncu bölgüdə C üzgəci asılmışdır.



Şəkil 13.

Vestfal tərəzisi ilə hər hansı mayenin xüsusi çəkisini tapmaq üçün, sabit C üzgəcinin əvvəlcə təmiz suda P_1 çəkisini, sonra tədqiq olunacaq mayədə P_2 çəkisini reyterlər vasitəsi ilə tapmaq lazımdır.

Aydındır ki, bu çəkilərin nisbəti eyni həcmli mayələrin xüsusi çəkilərinin nisbəti kimi olar:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{d_2}{d_1},$$

burada d_1 – təmiz suyun, d_2 – tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisidir. Bu ifadədən d_2 – ni tapaq:

$$d_2 = \frac{P_2}{P_1} d_1 \quad (21)$$

P_1 və P_2 – ni təcrübədən, d_1 –i isə uyğun temperaturda cədvəldən tapıb, ixtiyari mayenin xüsusi çəkisini (21) ifadəsi ilə hesablamaq olar. Burada mayələr C üzgəcinə kimyəvi təsir göstərməməlidir.

Reyterlərdən istifadə qaydası

Reyter şəkildə göstərilən formada çəki daşları olub, hər Vestfal tərəzisinin özünə məxsus hazırlanır.

Tərəzinin əsas 5 reyteri olur. *İkisi vahid reyter* adlanır. Qalan üçü isə vahid reyterdən 10, 100, 1000 dəfə yüngüldür. *Havada tarazlıqda olan C üzgəcini təmiz suya batırıqda pozulmuş tarazlığı yenidən bərpa etmək üçün F qarmağından asılmış yük miqdarına vahid reyter deyilir.* Vahid reyter onuncu bölgədə olduqda çəkisi vahid, doqquzuncu bölgədə olduqda 0,9, yeddinci bölgədə olduqda 0,7 reyter və s. olur. Bunun kimi də vahid reyterdən 10 dəfə kiçik olan üçüncü reyter onuncu, yeddinci, üçüncü və s. bölgələrdə olduqda çəkili uyğun olaraq 0,1, 0,07, 0,03 reyter olur. Vahid reyterdən 1000 dəfə kiçik olan beşinci reyter onuncu, dördüncü və ikinci bölgələrdə olarsa, çəkili uyğun olaraq 0,001, 0,0004, 0,0002 reyter olur. Beləliklə, reyterləri müxtəlif bölgələrdə yerləşdirməklə pozulmuş tarazlığı yenidən bərpa etmək olar.

İşin gedişi

1. C üzgəcini təmiz sildikdən sonra, tərəzini K vintinin köməyi ilə havada tarazlığa gətirməli. Bunu mütəhərrik ucluğun sabit ucluqla eyni səviyyədə durması ilə müəyyən etmək olur.
2. C üzgəcini stəkandakı təmiz suya salmalı. (Bu halda üzgəc stəkanın dibinə və divarına toxunmamalı və üzərində hava qabarcıqları qalmamalıdır.)
3. Pozulmuş tarazlıq bərpa olunana qədər sağ qoldakı bölgələrə reyterlər qoymalı. Bu halda reyterlərin P_1 çəkisini hesablamaq lazımdır.
4. Üzgəci təmiz sudan çıxarıb, sildikdən sonra tədqiq olunacaq mayeyə salmalı.

5. Yenə reyterlərin köməyi ilə tarazlığı bərpa edib, reytlərin P_2 çəkisini hesablamaq.
6. Təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun təmiz suyun xüsusi çəkisini cədvəldən tapmaq.
7. Əldə edilən bütün qiymətləri (21) ifadəsində yerinə yazmaqla tədqiq olunan mayenin d_2 xüsusi çəkisini hesablamaq.
8. Eyni maye üçün təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edib, orta qiyməti, mütləq və nisbi xətalı hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №5

BƏRK CİMLƏRİN XÜSUSİ ÇƏKİSİNİN TƏYİNİ

Çalışma 1. Düzgün həndəsi formalı bərk cisimlərin xüsusi çəkisinin təyini.

Ləvazimat: analitik tərəzi, çəki daşlar, müxtəlif düzgün həndəsi formaya malik bərk cisimlər (kub, silindr, kürə və s.) Ştangenpərgar, mikrometr.

Qısa nəzəri məlumat: Cismnin vahid həcminə düşən kütləsi ilə ölçülən kəmiyyətə onun sıxlığı deyilir. Cismnin sıxlığını ρ , kütləsini m , həcmi V ilə işarə etsək, tərifə əsasən sıxlıq

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1) \text{ olar.}$$

Deməli, cismnin kütlə və həcmi məlum olduqda onun sıxlığını (1) ifadəsi ilə hesablamaq olar. Cismnin kütləsini q – la, həcmi sm^3 –la ölçdükdə SQS sistemində sıxlığın ölçü vahidi $\frac{q}{sm^3}$ olar. Cismnin vahid həcminə düşən çəkisi ilə ölçülən kəmiyyətə onun xüsusi çəkisi deyilir. Xüsusi çəkini d , çəkini P və həcmi V ilə işarə etsək, xüsusi çəkiyə verdiyimiz tərifə əsasən

$$d = \frac{P}{V} \quad (2)$$

olar.

Deməli, cismnin çəkisini q -la, həcmi sm^3 – la ölçdükdə xüsusi çəkinin ölçü vahidi $\frac{q}{sm^3}$ olar. Cisimlərin çəkiləri ilə kütlələri arasındakı $p = mg$ asılılığından istifadə edərək (1) və (2) ifadələrinə əsasən xüsusi çəki ilə sıxlıq arasındakı asılılığı tapmaq olar.

$$d = \rho g$$

Deməli cismin $\frac{Q}{sm^3}$ –la ifadə edilmiş xüsusi çəkisi həmin cismin $\frac{q}{sm^3}$ –la ifadə olunmuş sıxlığı ilə sərbəst düşmə təcilinin hasilinə bərabərdir. Cisim düzgün həndəsi formaya malik olduqda cismin həcmi həndəsi üsulla, çəkisini isə tərəzi ilə təyin etsək, xüsusi çəkini hesablamaq olar. Aşağıdakı iki hala baxaq.

a) Cisim kürə formasında olarsa onun həcmi

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3 \quad (3)$$

düsturuna əsasən tapıb, çəkisini isə tərəzi ilə təyin etməklə xüsusi çəkini aşağıdakı kimi hesablamaq olar;

$$d = \frac{3}{4} \frac{P}{\pi R^3} \quad (4)$$

burada R kürənin radiusu olub, mikrometr vastəsi ilə 3–4 dəfə müxtəlif yerlərindən ölçülməklə onun orta qiymətinə əsasən tapılır.

b) Əgər cisim silindrik formada olarsa, onun çəkisini yenə tərəzi ilə, həcmi isə

$$V = \pi R^2 h \quad (5)$$

düsturu ilə hesablamaq olar. Onda silindirik cisim üçün xüsusi çəkinin ifadəsi aşağıdakı kimi olar.

$$d = \frac{P}{\pi R^2 h} \quad (6)$$

düsturu ilə hesablamaq olar. Silindrik cismin radiusu və hündürlüyünü mikrometrlə ən azı 3 – 4 dəfə ölçərək onların orta qiymətini tapmaq lazımdır. Başqa həndəsi formalı cisimlərin xüsusi çəkirlərini də eyni qayda ilə hesablamaq olar.

İşin gedişi:

1. Əvvəlcə mikrometr, ştankenpərgar və tərəzinin düzgünlüyünü yoxlamalı;
2. Kürəşəkilli bərk cismin radiusunu tapmalı;
3. Cismin çəkisini toplmalı;
4. Alınan qiymətləri (4) ifadəsində yazmalı və kürənin xüsusi çəkisini hesablamaq;
5. Təcrübəni eyni kürə üçün 3 - 4 dəfə təkrar etməli;
6. Kürənin xüsusi çəkisi üçün orta qiymət tapmalı, mütləq və nisbi xətalı hesablamaq;
7. Kürəşəkilli cisim üçün təcrübədən alınan qiymətlə cədvəldə verilmiş qiymətləri müqayisə etməli;
8. Təcrübəni eyni qayda ilə başqa düzgün həndəsi formalı cisimlər üçün də təkrar etmək lazımdır.

Çalışma 2. Bərk cisimlərin xüsusi çəkisinin piknometr vastəsi ilə təyini.

Ləvazimat: Texniki tərəzi, çəki daşları, piknometr, təqiq ediləcək bərk cisimlər, təmiz su, termometr, suçəkən kağız.

Qısa nəzəri məlumat

Piknometr vastəsi ilə bərk cisimlərin xüsusi çəkisini taparkən Arximed qanunundan istifadə olunur. Xüsusi çəkisi təyin ediləcək bərk cismi piknometrin içərisindəki mayeyə saldıqda o öz çəkisinə bərabər mayeni piknometirdən çıxaracaqdır. Bərk cismin çıxardığı mayenin çəkisini tapmaqla onun məlum xüsusi çəkisinə əsasən (cədvəldən götürmək lazımdır) həcmi və bu həcmə bərabər olan tədqiq olunan bərk cismin həcmi tapmaq olar. Cismin havadakı çəkisini tərəzidə çəkməklə tapmaq olar. Xüsusi çəkisi təyin edilmiş cismi piknometrin boğazından keçə biləcək qədər kiçik hissələrə bölmək lazımdır. Fərz edək ki, bərk cismin havadakı çəkisi P , təmiz piknometrin su ilə birlikdə çəkisi p , bərk cismi piknometrə saldıqda yerini tutduğu mayeni suçəkən kağızla götürdükdən sonra (piknometr bərk cisim və azalmış su) çəkisi Q olsun. Aydındır ki, bərk cismin həcminə bərabər mayenin (bərk cismi piknometrə doldurarkən çıxardığı suyun) çəkisi

$$\Delta p = (P + p) - Q \quad (7)$$

olar.

Piknometrdən çıxarılan suyun Δp çəkisini həmin temperaturda öz d xüsusi çəkisinə bölsək onun həcmi taparıq. Bu həcm eyni zamanda tədqiq olunan bərk cismin həcminə bərabərdir. Deyilənlərə əsasən

$$\frac{\Delta p}{d_1} = V \quad \text{və yaxud}$$

$$V = \frac{P + p - Q}{d_1} \quad (8)$$

olar.

V -nin qiymətini (2) də yerinə yazsaq bərk cismin xüsusi çəkisi üçün

$$d = \frac{P}{P + p - Q} d_1 \quad (9)$$

alırıq.

Xüsusi çəkini təyin edərkən çəki işlərinə havanın təsirini nəzərə almaq lazımdır. Bu halda 2 № - li işdə ətraflı izahat verilmişdir. Eyni yolla (9) ifadəsinə düzəliş verdikdən sonra bərk cismin xüsusi çəkisini dəqiq olaraq aşağıdakı düsturla hesablamaq olar.

$$d = \frac{P}{P + p - Q} (d_1 - \lambda) + \lambda \quad (10)$$

Burada λ təcrübənin aparıldığı temperaturda havanın xüsusi çəkisidir. (10) ifadəsi ilə ixtiyari bərk cismin xüsusi çəkisini hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Bərk cismi piknometrin boğazından keçə biləcək xırda hissələrə bölməli;
2. Tərəzi vastəsi ilə bərk cismin p çəkisini tapmalı;
3. Piknometri təmiz su ilə doldurub onun P çəkisini tapmalı;
4. Çəkisi P olan bərk cismi piknometrə salmalı və yerini tutduğu mayeni piknometirdən pipet və ya suçəkən kağızla kənar etməli;
5. Xarici səthi qurulanmış piknometrin (içərisində təmiz su və bərk cisim ilə birlikdə) Q çəkisini tapmalı;
6. Təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun təmiz suyun və havanın xüsusi çəkisini (d_1 və λ) cədvəldən tapmalı;
7. Əldə edilən qiymətləri (10) ifadəsində yerinə yazaraq bərk cismin xüsusi çəkisini hesablamalı;
8. Həmin cisim üçün təcrübəni 3 dəfə təkrar edərək orta qiymət tapmalı. Təcrübənin orta qiyməti ilə həmin bərk cisim üçün sədvəl qiymətni müqayisə etməli;
9. Təqribi qiymətlərə görə mütləq və nisbi xətalari hesablamalı;
10. Təcrübə bir neçə dəfə aparıldıqdan sonra nisbi xətanı (10) düsturuna əsasən hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 6

BƏRK CİSİMLƏRİN XÜSUSİ ÇƏKİSİNİN HİDROSTATİK

TƏRƏZİ VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Hidrostatik tərəzi, çəki daşları, stəkan, su, nazik tel, xüsusi çəkisi təyin ediləcək bərk cisim, mütəhərrik skamya.

Qısa nəzəri məlumat

Xüsusi çəkini təyin edərkən cisimlərin çəkilərini tərəzi vasitəsi ilə tapmaq olar. Cisimlərin həcmi isə həmişə bilavasitə tapmaq mümkün olmur. İxtiyari formaya malik cisimlərin həcmələrini Arximed qanununa əsasən hidrostatik tərəzi ilə tapmaq olur. Bunun üçün 3 № - li işdə olduğu kimi bərk cismi nazik tellə tərəzi gözünün altındakı qarmaqdan asıb, onun havadakı P çəkisini tapmaq, sonra onu stəkandakı təmiz suya salıb, P_1 çəkisini müəyyən etmək lazımdır.

Məlumdur ki, $P - P_1 = \Delta P$ tədqiq olunan cismin təmiz suda itirdiyi çəkisidir. Bu çəki eyni zamanda Arximed qanununa görə həcmi bərk cismin həcminə bərabər təmiz suyun çəkisi qədərdir. Bu çəkini təmiz suyun uyğun temperaturdakı xüsusi çəkisinə (d_1) böldükdə, təmiz suyun həcmi və ya ona bərabər olan bərk cismin həcmi alırıq. Deməli,

$$\frac{P-P_1}{d_1} = \frac{\Delta P}{d_1} = V$$

tədqiq olunan bərk cismin həcmi olar. Xüsusi çəki anlayışına əsasən:

$$d_2 = \frac{P}{V} = \frac{P}{P-P_1} d_1 \quad (32)$$

alırıq. Burada d_1 - etalon mayenin, d_2 - tədqiq olunan bərk cismin xüsusi çəkisidir.

Çəki əməliyyatı havada getdiyi üçün, Arximed qanununa əsasən havada baş verən itkiyə aşağıdakı düzəlişi vermək lazımdır. v - tədqiq olunan cismin həcmi, d_2 - onun xüsusi çəkisi olduqda, bu cismin həqiqi çəkisi vd_2 bərk cismin həcminə bərabər havanın çəkisi $v\lambda$ və cismin havadakı çəkisi $(vd_2 - v\lambda)$ olar. Cisim havada çəki daşları ilə tarazlaşdığı üçün çəki daşlarına havanın təsiri nəzərə alınmalıdır. Ona görə də, çəki daşlarının həcminə bərabər havanın çəkisini daşların çəkisindən çıxmaq lazımdır. Onda $\frac{P}{D}$ çəki daşlarının həcmi, $\frac{P}{D}\lambda$ həmin həcmdə havanın çəkisi olacaqdır. Deməli, çəki daşlarının çəkisi $P - \lambda \frac{P}{D}$ olar. Cisim ilə çəki daşlarının havada tarazlaşdığı nəzərə alınarsa:

$$vd_2 - v\lambda = P - \frac{P}{D}\lambda$$

buradan

$$v(d_2 - \lambda) = P(1 - \frac{\lambda}{D}) \quad (33)$$

Bərk cismin suda çəkildiyi hal üçün də eyni mühakiməni aparsaq:

$$v(d_2 - d_1) = P_1(1 - \frac{\lambda}{D}) \quad (34)$$

Son iki ifadəni tərəf - tərəfə çıxaraq:

$$v(d_1 - \lambda) = (P - P_1)(1 - \frac{\lambda}{D}) \quad (35)$$

(33) və (35)-i tərəf - tərəfə böldükdə

$$\frac{d_2 - \lambda}{d_1 - \lambda} = \frac{P}{P - P_1}$$

və yaxud

$$d_2 = (\frac{P}{P - P_1})(d_1 - \lambda) + \lambda \quad (36)$$

alırıq. Burada bərk cismə bağlanmış nazik telin çəkisi (çox kiçik olduğu üçün) nəzərə alınmamışdır. (36) ifadəsi ilə ixtiyari formaya malik olan bərk cismin xüsusi çəkisini hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Tərəzinin düzgünlüyünü yoxlandıqdan sonra, tədqiq olunan bərk cismi tərəzi gözünə qoyub, onun P çəkisini tapmalı.

2. Həmin cismə nazik tel bağlayıb, tərəzi gözünün altındakı qarmaqdan asmalı. Sonra cisim stəkandakı suya batana qədər mütəhərrik skamyanı yuxarı qaldırmalı. Bu zaman bərk cismin səthində hava qabarcıqları qalmamalıdır. Bu halda cismin sudakı P_1 çəkisini tapmalı.
3. Təmiz suyun və havanın təcrübə temperaturundakı xüsusi çəkilərini cədvəldən tapmalı.
4. Əldə edilmiş bütün qiymətləri (36) ifadəsində yerinə yazıb, bərk cismin d_2 xüsusi çəkisini hesablamalı.
5. Təcrübəni eyni cisim üçün ən azı üç dəfə təkrar edərək, xüsusi çəkiyə orta qiymət tapmalı.
6. Xüsusi çəkinin təyininə buraxılan mütləq və nisbi xətalara hesablamalı.

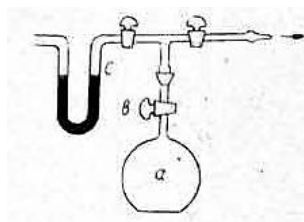
LABORATORİYA İŞİ № 7

HAVANIN XÜSUSİ ÇƏKİSİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: kip bağlana bilən və kranı olan müstəvi oturacaqlı şüşə kolba, hava quruluşçusu, termometr, barometr, civəli monometr, analitik tərəzi, çəki daşları, rezin borular.

Qısa nəzəri məlumat və tədqiqat üsulu

Havanın xüsusi çəkisini təyin etmək üçün həcmi təqribən 500sm^3 olan kranlı və qalın divarlı, müstəvi oturacağa malik şüşə kolbadan istifadə olunur (şəkil 14). Həcmi kolba həcminə bərabər olan quru hava və təmiz suyun çəkilərini tapmaqla havanın xüsusi çəkisini təyin etmək mümkündür. İş zamanı havanın, təmiz suyun temperaturu və eyni zamanda havanın təzyiqi ölçülməlidir.



Şəkil 14.

Kolbadakı havanın çəkisinin az olması, təcrübənin çox dəqiq aparılmasını və kolbadakı havanın yaxşı sorulmasını tələb edir.

Fərz edək ki, V həcmli a kolbasının hava ilə birlikdə çəkisi P ; havasız çəkisi P_1 -dir. Onda kolba həcmindəki havanın çəkisi $P - P_1$ olar. Havanın xüsusi çəkisi isə

$$d_1 = \frac{P - P_1}{V} \quad (37)$$

olacaqdır. Burada P və P_1 çəkiliəri tərəzi ilə tapılır. Havanın V həcmi tapmaq üçün əvvəlcə kolbanı təmiz su ilə doldurub, kolba ilə suyun birlikdə P_2 çəkisini tapmaq lazımdır. Bu halda kolbadakı təmiz suyun çəkisi $P_2 - P_1$ olar. Həmin çəkini təmiz suyun uyğun temperaturundakı d_2 xüsusi çəkisinə bölsək, təmiz suyun (kolbanın) həcmi tapmış olarıq:

$$V = \frac{P_2 - P_1}{d_2} \quad (38)$$

Bunu (37) ifadəsində yerinə yazsaq, havanın xüsusi çəkisi üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$d_1 = \frac{P - P_1}{P_2 - P_1} d_2 \quad (39)$$

Bu ifadə ilə havanın xüsusi çəkisini hesablayarkən: kolba içərisindəki havanın tamamilə sorula bilməməsi, çəki işlərinin havada aparılması və havası sorulmuş kolbadakı təzyiqin nəzərə alınmaması nəticəsində müəyyən xətalara yol verilir.

Yüksək dəqiqlik tələb olunduqda, bu xətlər nəzərə alınmalı və aşağıdakı düzəlişlər verilməlidir. Fərz edək ki, havanın temperaturu t və həmin temperaturda təzyiqi H - dir. Kolbadan hava sorulduqdan sonra qalan havanın təzyiqi h olsun. Həmin şərtlər nəzərə alındıqda havanın xüsusi çəkisi nisbətən dəqiq olan

$$d_1 = \frac{(P - P_1) T \cdot 760}{(P_2 - P_1) (H - h) 273} d_2 \quad (40)$$

düsturu ilə hesablana bilər. Burada H - barometr, h isə kolba ilə ardıcıl birləşdirilmiş cıvəli manometr vasitəsi ilə ölçülür. T - Kelvin şkalası ilə hesablanan mütləq temperaturdur.

İşin gedişi

1. İçərisi quru hava ilə dolu kolbanın P çəkisini tapmalı.
2. Kolbadan havanı nasos vasitəsi ilə sormalı, bu anda kolba ilə ardıcıl birləşdirilmiş cıvəli manometrdən (C təzyiqi) (h) qeyd etməli.
3. Havası sorulmuş kolbanın kranını (B) bağlayıb, qurğudan ayırmalı və çəkisini (P_1) tapmalı.
4. Sonra kolbanı təmiz su ilə doldurub, (çəkisini (P_2)) tapmalı.
5. Otaqda olan barometr və termometrdən H və t - ni təyin etməli.
6. t temperaturuna görə T - ni hesablamaq.
7. Təmiz suyun xüsusi çəkisini (d_2) cədvəldən götürməli.
8. Alınan bütün qiymətləri (40) ifadəsində yerinə yazaraq havanın xüsusi çəkisini (d_1) hesablamaq.
9. Təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar etməli.
10. Təcrübənin orta qiymətini, mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 8

LÖVHƏ QALINLIĞININ VƏ LİNZANIN ƏYRİLİK RADIUSUNUN SFEROMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

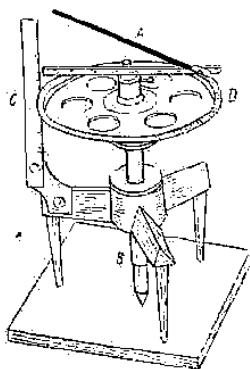
Ləvazimat: sferometr, müstəvi şüşə, qalınlığı ölçüləcək lövhə, müstəvi qabarıq linza, ştankenpərgar, mikrometr.

Cihazın təsviri

Sferometr lövhələrin qalınlıqlarını və sferik səthlərin əyrilik radiuslarını dəqiq ölçmək üçün işlədilən cihazdır. Bunun quruluşu mikrometri xatırladır (şəkil 15)

Şəkildən göründüyü kimi, sferometr, bir - biri ilə möhkəm rabitədə olan üç ayaqdan və bunların ortasından keçərək şaquli istiqamətdə hərəkət edə bilən polad vintdən (*B*) ibarətdir. Vintin aşağı ucu sivri olmaqla tədqiq olunan cismin səthinə toxundurulur. *D* diski üzərində 500 və bəzən 1000 bölgü olur. Sferometrin gövdəsinə *C* xətkəsi bərkidilmişdir. Hər bölgüsünün qiyməti 0,5 *mm* olan bu xətkəş, diske perpendikulyar vəziyyətdə yerləşmişdir. Vintin fırlanması ilə disk xətkəş üzrə hərəkət edir.

Disk üzərində 500 bölgü olsa, o iki tam dövr etdikdə 1000 bölgü keçər və diskin kənarı xətkəş üzrə bir millimetr yerini dəyişmiş olar. Deməli, bu halda diskin hər bir kiçik bölgüsü 0,001 *mm* uzunluğa uyğun gəlir və belə sferometrlə xətti ölçüləri 0,001 *mm* dəqiqliklə ölçmək olar. Çox



Şəkil 15.

vaxt sferometrin ayaqları arasındakı məsafələr bir - birinə bərabər olur. Cihaz, paralel üzlü şüşə lövhə üzərinə qoyulur və başlanğıc vəziyyəti qeyd edilir. Bunun üçün sferometrin vintinin (*B*) yuxarı ucuna söykənən xüsusi lingli qurğudan (*A*) istifadə olunur. Belə ki, vintin aşağı ucu altdakı lövhəyə toxunana kimi, yuxarı ucu lingi qaldırır və bunu gözlə müşahidə etmək olur. Lingin yuxarıya hərəkətini gördükdə, vinti dayandırmaq və xətkəş üzərində diskin kənarına uyğun gələn bölgünü qeyd etmək lazımdır.

Lövhə qalınlığının ölçülməsi

Parelel üzlü lövhənin qalınlığını ölçmək tələb olunarsa, ölçmə işini aşağıdakı ardıcılıqla aparmaq lazımdır:

- 1) sferometri paralel üzlü şüşə lövhə üzərinə qoyulmalı. Sonra vintin yuxarı ucu lingi azca yuxarı qaldırıana qədər onu burmalı. Bu halda vintin aşağı ucu müstəvi şüşəyə toxunur;
- 2) xətkəş üzərində həmin vəziyyətə uyğun diskin önündəki bölgünü və onların kəsişdiyi yerdə disk üzərindəki bölgünü qeyd etmək lazımdır. Bu göstərişlərin cəmi sferometrin başlanğıc vəziyyətini (h_0) müəyyən edir;
- 3) eyni əməliyyatı müstəvi şüşənin orta hissələrində müxtəlif nöqtələrdə 3 - 4 dəfə təkrar edib, başlanğıc vəziyyəti müəyyən edən h_0 üçün orta qiymət tapmalı;
- 4) sferometrin ayaqlarının dəyişmədən vinti yuxarıya hərəkət etdirərək sivri ucu lövhədən uzaqlaşdırmalı və tədqiq olunan lövhəni vintin altına yerləşdirməli;
- 5) sonra vint vasitəsi ilə sivri ucu yavaş - yavaş aşağı endirib, tədqiq olunan lövhəyə toxundurmalı və yuxarıdakı qayda ilə xətkəşdən millimetrin 0,5 hissələrini, diskdən isə 0,001 hissələrini tapıb toplamalı;
- 6) qalınlığını ölçdüyümüz lövhəni sağa - sola sürüşdürərək, ortasına yaxın bir neçə yerindən h_1 - i tapıb, sonra onun orta qiymətini götürməli;
- 7) h_1 - in orta qiymətindən h_0 -ın orta qiymətini çıxmaqla lövhənin qalınlığını tapmalı;
- 8) belə ölçməni müstəvi lövhənin ortasında və kənarlarında aparmaqla, həmin lövhənin paralel üzlü olub - olmadığını da müəyyən etmək olar.

Sferometrle linzanın əyrilik radiusunun təyini

Linzanın əyrilik radiusu onun qabarıq səthinin əyrilik radiusudur. Qabarıq səthin əyrilik radiusu, onu kürə səthinə tamamladıqda alınan kürənin radiusuna deyilir. Şüşə kürənin hər hansı kəsiyindən alınan seqment müstəvi qabarıq linsadır. Belə seqmentin qabarıq üzünün əyrilik radiusunu tapaq.

- 1) Sferometri müstəvi şüşə lövhə üzərinə qoyub, vinti (B) aşağıya tərəf hərəkət etdirməklə onun sivri ucunu şüşə lövhəyə toxundurmalı. Bu halda sferometrə xətkəşdən (C) və diskdən (D) müvafiq h_0 vəziyyətini qeyd etməli. Bu əməliyyatı şüşə lövhənin ortalarında 3 - 4 dəfə təkrar edərək, h_0 üçün orta qiymət tapmalı.
- 2) Vinti yuxarı qaldırıb, sferometri şüşə üzərindən götürməli. Tədqiq olunan linzanı qabarıq üzü üstə olmaqla müstəvi şüşə üzərinə qoyub, sferometri yenidən linza üzərinə qoyulmalı. Vinti aşağı hərəkət etdirməklə onun sivri ucunu linza səthinə toxundurmalı. Bu hal üçün xətkəş və diskdən h_1 hündürlüyünü qeyd etməli. Ölçməni linzanın bir - birinə yaxın 3 - 4 nöqtəsi üçün təkrar edərək, h_1 üçün orta qiymət tapmalı.

3) Beləliklə, oturacağı sferometrin ayaqları yerləşən nöqtələrdən keçən dairəvi səthdən ibarət olan seqmentin $H = h_1 - h_0$ hündürlüyü müəyyən edilir.

4) Sonra sferometri bir vərəq ağ kağız üzərinə qoyub, yavaşca basmalı. Ayaqlarının iti uclarının kağız üzərində buraxdığı izlərə görə ayaqlar arasındakı a, b, c məsafələrini ştangenperqar və ya xətkəşlə ölçməli.

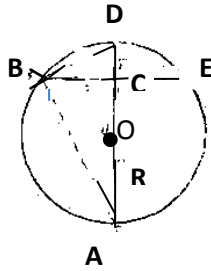
5) Sferometrin ayaqları arasındakı məsafəyə görə sferometr ayaqlarının linzadan ayırdığı seqmentin oturacaq radiusunu hesablamalı:

$$r = \frac{a \cdot b \cdot c}{4 \sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)}} \quad (41)$$

burada P - ayaqlar arasındakı a, b, c məsafələri cəminin (perimetrin) yarısıdır.

6) Linzanın əyrilik radiusunu hesablamaq üçün müvafiq düstur aşağıdakı kimi tapılır.

Şəkildən göründüyü kimi, (şəkil 16) ABD müstəvi qabarıq linzanın hündürlüyü $H = AC$, radiusu $r = BC$, əyrilik radiusu $R = AO$ –dur. $\triangle ABC$ və $\triangle BCE$ – dən yazırıq:



şəkil 16.

$$\frac{H}{r} = \frac{r}{2-RH}$$

buradan

$$R = \frac{r^2}{2H} + \frac{H}{2} \quad (42)$$

7) H və r - in qiymətlərini (42) ifadəsində yazmaqla, linzanın əyrilik radiusunu hesablamaq olar.

8) Əyrilik radiusunu ən azı üç dəfə tapıb, onun orta qiymətini, mütləq və nisbi xətasını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 9
BƏRK CİSMİN ƏTALƏT MOMENTİNİN BURULMA
RƏQQASI VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: nazik elastiki teldən asılmış bərk cisim – burulma rəqqası, iki eynikütləli və eynicinsli silindrik bərk cisim, xətkəş, saniyəölçən, ştangenpərgar və ya mikrometr.

Qısa nəzəri məlumat

Məlumdur ki, hər hansı m kütləli maddi nöqtə, ondan r məsafədə olan O mərkəzi ətrafında fırlanarsa, onun fırlanma mərkəzinə nəzərən ətalət momenti, kütləsi ilə fırlanma mərkəzindən olan r məsafəsinin kvadratı hasilinə bərabər olar:

$$J = m r^2,$$

burada J - ətalət momentidir. Göründüyü kimi, *CGS* sistemində ətalət momentinin ölçü vahidi $q \cdot sm^2$ olar. Beynəlxalq vahidlər sistemində ətalət momenti kqm^2 - la ölçülür. Əgər hər hansı bərk cismin ondan keçən oxla görə ətalət momenti axtarılsa, onda həmin cismi elementar hissələrə ayırıb, həmin hissələrin verilmiş oxla görə ətalət momentlərini toplamaq lazımdır. Eyni cismin müxtəlif oxlara görə ətalət momentləri müxtəlif olar. Düzgün həndəsi formalı bəzi cisimlərin məlum oxla görə ətalət momentləri aşağıdakı kimidir:

a) bütöv bircins silindrik cismi (diskin) öz həndəsi oxuna görə ətalət momenti:

$$J = \frac{1}{2} m R^2,$$

burada m - silindirin kütləsi, R isə radiusudur;

b) divarı qalın və içi boş bircinsli silindrin öz həndəsi oxuna görə ətalət momenti

$$J = \frac{1}{2} m (R_1^2 + R_2^2),$$

burada m - silindrin kütləsi, R_1 və R_2 isə daxili və xarici radiuslarıdır;

c) uzunluğu l olan bircinsli çubuğun, ortasından, ona perpendikulyar olaraq keçən oxla görə ətalət momenti

$$J = \frac{1}{12} m l^2,$$

burada m - çubuğun kütləsi, l isə uzunluğudur:

q) uzunluğu l olan bircinsli çubuğun bir ucundan ona perpendikulyar olaraq keçən oxla görə ətalət momenti

$$J = \frac{1}{3} m l^2,$$

ğ) bircins bütöv kürənin, mərkəzindən keçən oxla görə ətalət momenti

$$J = \frac{2}{5} m R^2,$$

burada m - kürənin kütləsi, R isə radiusudur.

Cisimlərin ətalət momentini təyin etmək üçün bir sıra üsullar vardır ki, bunlardan biri ətalət momentinin burulma rəqqası ilə təyindir.

Cihazın təsviri

Cihaz əsas üç hissədən ibarətdir: ştativ, diametri 0,5 - 2 mm tərtibdə olan bircinsli elastiki tel, ətalət momenti təyin ediləcək cisim.

Bircinsli elastiki tel şaquli istiqamətdə bir ucundan ştativə bərkidilir. Digər ucuna isə ətalət momenti təyin ediləcək cisim asılır.

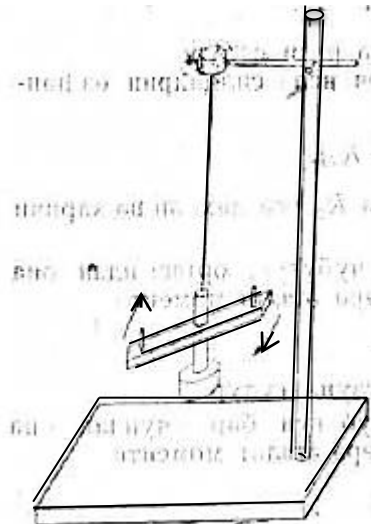
Belə cismi telin ətrafında döndərdikdə, o həmin tel (ox) ətrafında rəqs edəcəkdir. Cismin bir tam rəqsinə sərf olunan zaman (period) aşağıdakı kimi hesablanır:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{f}} \quad (43)$$

burada J - fırlanma oxuna görə cismin ətalət momenti, f isə burulma moduludur. T periodunu təcrübədən ölçməklə, burulma modulunu isə dolayı yolla taparaq, cismin J ətalət momentini hesablamaq olur. Lakin f - in təyini bir sıra çətinliklərlə əlaqədar olduğundan cismin ətalət momentini nisbi üsulla təyin etmək əlverişlidir. Bunun üçün teldən asılmış cismi tarazlıq vəziyyətindən çıxararaq (adətən, 30 - 40 dərəcəlik bucaq qədər) onu rəqsi hərəkətə gətirirlər. Bu halda onun rəqs periodu:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_1}{f}} \quad (44)$$

olar. Burada J_1 - telə bərkidilmiş cismin ətalət momentidir.



Şəkil 17 .



Şəkil 18

Sonra rəqqasa ətalət momenti məlum olan başqa cisim əlavə edilir. Daha doğrusu, fırlanma oxuna (telə) görə simmetrik və ondan eyni uzaqlıqda, bircinsli və bərabər kütləli iki silindrik (şəkil 18) bütöv cisim əlavə edilir. Bu zaman onu yenidən rəqsə gətirdikdə rəqs periodu aşağıdakı kimin olar

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0}{f}} \quad (45)$$

burada

$$J_2 = J_1 + J_0$$

J_0 isə əlavə etdiyimiz silindrin öz simmetriya oxuna görə ətalət momenti $\left| \frac{1}{2} mR^2 \right|$ ilə telə görə ətalət momentinin (ml^2) cəmindən ibarətdir. Yəni

$$J_0 = \frac{1}{2} mR^2 + ml^2, \quad (46)$$

burada l - silindrin oxundan telə qədər olan məsafədir. (44) və (45) ifadələrinin hər iki tərəfini kvadrata yüksəldilib, tərəf - tərəfə bölsək:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{J_1}{J_1 + J_0}$$

yaxud

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{J_1}{J_1 + J_0}$$

alırıq. Buradan J_1 - i tapaq:

$$J_1 = J_0 \frac{T_1^2}{T_2^2 - T_1^2} \quad (47)$$

T_1 və T_2 priodlarını təcrübədən, silindrik cismin ətalət momentini isə $J_0 = \frac{1}{2} mR^2 + ml^2$ ifadəsindən hesablamaqla J_1 ətalət momentini tapmaq olar.

İşin gedişi

1. Təldən asılmış cismi yük əlavə etmədən buraraq rəqsə gətirməli. 4 - 5 rəqs keçdikdən sonra saniyəölçəni işə salıb, 40 - 50 tam rəqsə (n_1) sərf olunan zamanı (t_1) ölçməli.
2. Təyin edilmiş kəmiyyətlərə görə yüksüz rəqqasın rəqs periodunu (T_1) aşağıdakı ifadədən tapmalı:

$$T_1 = \frac{t_1}{n_1}$$

3. Əlavə ediləcək silindrik cisimlərin kütləsini (m) və radiuslarını (R) dəqiq təyin etməli (hər iki silindr eyni ölçüdə olmalıdır).
4. Silindrlərin hər ikisini simmetrik olaraq rəqqasa əlavə etməklə yenidən rəqsə gətirməli və əvvəlki kimi bunun da 40 - 50 tam rəqsini (n_2) və buna sərf olunan zamanı (t_2) qeyd etməli.
5. n_2 və t_2 -yə görə yüklü rəqqasın T_2 periodunu aşağıdakı kimi tapmalı:

$$T_2 = \frac{t_2}{n_2}$$

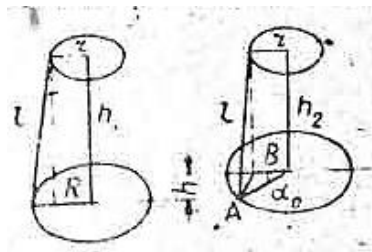
6. Burulma rəqqasına silindrik cismi əlavə etdikdə, onun oxundan, simmetriya mərkəzindən keçməyən kənar fırlanma oxuna (telə) qədər məsafəni (l) ölçməklə, (46) ifadəsinə görə J_0 –ı hesablamaq olar.
7. T_1, T_2 və J_0 - ın təcrübədən alınan qiymətlərini (47) - də yazmaqla cismin ətalət momentini hesablamaq olar.
8. Təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar edib, orta qiyməti və xətaləri hesablamaq olar.
- 9.

LABORATOİYA İŞİ № 10

ƏTALƏT MOMENTİNİN TRİFİLYAR ASQI ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Trifilyar asqı, saniyəölçən, ştangenpərqar, ətalət momenti təyin ediləcək cisimlər.

Qısa nəzəri məlumat: Trifilyar asqı (şəkil 19.) böyük radiuslu (R) disklə nisbətən kiçik radiuslu (r) diskin bərabər məsafədəki üç nöqtələrinin metal tellə



Şəkil 19.

birləşdirilməsindən alınan sistemdən ibarətdir. Aşağıdakı radiuslu disk öz müstəvisinə perpendikulyar olan və ağırlıq mərkəzindən keçən şaquli ox ətrafında burulma rəqsi edə bilər. Rəqs zamanı aşağıdakı disk dönmə bucağından asılı olaraq fırlanma oxu boyunca müəyyən qədər yuxarıya tərəf yerini dəyişir. Bu zaman diskin ağırlıq mərkəzi də fırlanma oxu boyunca öz yerini dəyişir. Rəqs edən diskin rəqs periodu onun ətalət momentindən aslıdır.

Disk üzərinə hər hansı başqa yük əlavə etdikdə onun rəqs periodu dəyişir. Bu haldan istifadə edərək bərk cismin ətalət momentini tapmaq olur. Yuxarıda deyildiyi kimi, kütləsi m olan diskə burulma rəqsi verdikdə onun ağırlıq mərkəzi hər hansı h hündürlüyə qalxırsa bu diskin potensial enerjisinin artımı

$$E_p = mgh \quad (1)$$

olar.

Disk rəqsi zamanı onun enerjisi bir növdən başqa növə keçir. Ağırlıq mərkəzi h hündürlüyə qalxdığı halda diskin potensial enerjisi maksimum, kinetik enerjisi minimum, ağırlıq mərkəzi ən aşağı vəziyyətdə olduqda isə kinetik enerjisi

maksimum olur. Diskin kinetik enerjisinin maksimum qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır.

$$E_k = \frac{1}{2} J \omega_{max}^2 \quad (2)$$

Tarazlıq vəziyyətindən keçəndə disk kinetik enerjisi maksimum olur. Onda (1) və (2) bərabərliyindən mexaniki enerjinin saxlanması qanununa əsasən yazırıq

$$mgh = \frac{1}{2} J \omega_{max}^2 \quad (3)$$

Disk rəqsi harmonik olduğundan onun ω_{max} fırlanma bucaq sürətini aşağıdakı kimi tapmaq olur. Harmonik rəqsi hərəkətdə bucaq yerdəyişməsinin zamandan asılılığını

$$\alpha = \alpha_0 \sin \omega t = \alpha_0 \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (4)$$

kimi yazı bilərik, burada α disk zamandan asılı olaraq bucaq yerdəyişməsidir. α_0 bucaq yerdəyişməsinin maksimum qiyməti və ya amplitududur, T rəqs periodu, t zamandır. (4)-dən zamana görə 1-ci tərtib törəmə almaqla ω – nı tapmaq olur.

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} = \frac{2\pi\alpha_0}{T} \cos \frac{2\pi}{T} t$$

Bu ifadədə ω – nın maksimum qiymət olması üçün

$$\cos \frac{2\pi}{T} t = 1$$

olmalıdır.

Bu halda $\frac{2\pi}{T} t = 0$ olur və

$$\omega = \omega_{max} = \frac{2\pi\alpha_0}{T}$$

alınar ω -nın bu qiymətini (3) ifadəsində yerinə yazsaq

$$mgh = \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi\alpha_0}{T} \right)^2 \quad (5)$$

olar. Bu ifadədə h disk rəqsi zamanı ağırlıq mərkəzinin şaquli istiqamətdə yuxarıya qalxdığı məsafədir.

Bu məsafəni dönmə bucağına görə tapıb (5) də yazmaqla J ətalət momentini hesablamaq bilərik. Diskin asıldığı telin uzunluğu l qəbul edilsə, şəkildən az xəta ilə

$h_1 + h_2 = 2l$, eyni zamanda $h = h_1 - h_2$ yazmaq olur. Son ifadəni $(h_1 + h_2)$ -yə vurub həm də bölsək, alırıq:

$$h = h_1 - h_2 = \frac{h_1^2 - h_2^2}{h_1 + h_2} = \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l} \quad (6)$$

şəkildən $h_1^2 = l^2 - (R - r)^2$ və

$$h_2^2 = l^2 - (AB)^2 = l^2 - (R^2 + r^2 - 2Rr \cos \alpha_0)$$

yazmaq olur. Burada r üst disk radiusudur h_1 və h_2 –nin qiymətlərini (6) da yerinə yazıb sadələşdirsəkdə

$$h = \frac{2Rr(1 - \cos \alpha_0)}{2l} \quad \text{yaxud} \quad h = \frac{4Rr \sin^2 \frac{\alpha_0}{2}}{2l}$$

alınar. α_0 bucağının kiçik olduğunu nəzərə alsaq, onun sinusunu bucağın radion qiyməti ilə əvəz etmək olur. Bu halda

$$h = \frac{4Rr(\frac{\alpha_0}{2})^2}{2l} \text{ yaxud}$$

$$h = \frac{Rr\alpha_0^2}{2l} \quad (7)$$

olaraq, h - in bu qiymətini (5) də yerinə yazdıqda diskin ətalət momenti üçün aşağıdakı ifadə alınır.

$$J = \frac{mgrR}{4\pi^2l} T^2 \quad (8)$$

Bu ifadəyə əsasən həm yüksüz diskin ayrıca, həm də onun üzərinə qoyulmuş tədqiq olunan cisimlə birlikdə ətalət momentini hesablamaq olur.

Diskin yüklə birlikdəki ətalət momentindən diskin ətalət momentini çıxmaqla tədqiq olunan cismin ətalət momentini tapmaq olur.

İşin gedişi.

1. Böyük diskin radiusunu (R), kiçik lövhənin radiusunu (r), böyük diskin kütləsini (m), metal telin uzunluğunu (l) və tədqiq ediləcək cismin kütləsini (m_1) - təyin etməli;

2. Yuxarıdakı lövhəni kiçik bucaq qədər döndərərək, böyük diskə burulma rəqsi verməli;

3. Bir neçə rəqs keçdikdən sonra saniyəölçəni işə salmaqla 20 – 30 tam rəqsə sərf olunan zamanı ölçüb, period üçün orta qiymət tapmalı. Onu (8) -də yazmaqla yüksüz diskin ətalət momentini (J_0) hesablamaq;

4. Metal tellərin bərabər gərilməsini təmin etmək üçün tədqiq olunacaq m_1 kütləli cismi diskin tən ortasına qoymalı;

5. Sonra yüklü diskə burulma rəqsi verib onun ətalət momentini (J_1) tapmalı (bu halda sistemin kütləsi, cisimlə diskin kütlələri cəmi kimi götürülür);

6. Additivlik qanunu ətalət momenti üçün də doğru olduğundan J_1 və J_0 ətalət momentlərinin fərqi disk üzərinə qoyulmuş tədqiq olunan cismin ətalət momenti olar;

$$J = (J_1 - J_0)$$

7. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edərək, ətalət momentinin orta qiymətini tapmalı;

8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ №11

SƏSİN HAVADA YAYILMA SÜRƏTİNİN TƏYİNİ

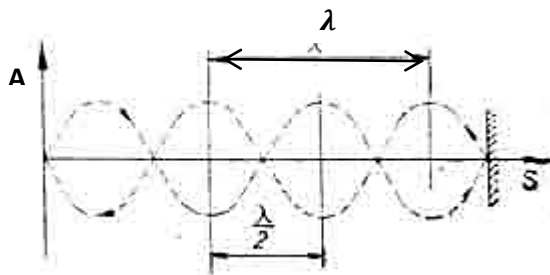
Çalışma1. Rezonans üsulu ilə səs sürətinin təyini

Ləvazimat: səsin sürətini təyin etmək üçün cihaz, rəqs tezliyi məlum olan kamerton, rezin çəkic (quru ağacdən hazırlanmış çəkic də olar), millimetr bölgülü xətkəş, tabaşır.

Qısa nəzəri məlumat

Mexanika kursundan məlumdur ki, rəqs edə bilən cismi tarazlıq vəziyyətindən çıxardıqda o, müəyyən müddət rəqs edir. Bu rəqsə *məxsusi rəqs*, onun period və tezliyinə isə *məxsusi rəqsin periodu* və *tezliyi* deyilir. Belə rəqslər müqavimət qüvvələrinin təsiri nəticəsində tədricən sönür.

Səs rəqsləri havada uzununa dalğa şəklində yayılır, yəni hava hissəcikləri səs dalğalarının yayıldığı istiqamətdə sıxlaşıb seyrəkləşir. Bir istiqamətdə yayılan səs dalğası maneəyə rast gələrək geri qayıdarkən, mənbədən gələn səs dalğası ilə görüşərək interferensiya verir və nəticədə durğun dalğa alınır. Durğun dalğanın qarın nöqtələrində (güclənmə yerlərində) amplitud maksimum, düyün nöqtələrində (zəifləmə yerlərində) isə minimum olur. Məlumdur ki, durğun dalğalarda iki ardıcıl güclənmə və ya iki ardıcıl zəifləmə arasındakı məsafə dalğa uzunluğunun yarısına bərabərdir (şəkil 20).



Şəkil 20.

Təcrübə zamanı iki ardıcıl güclənmə nöqtələrini taparaq dalğa uzunluğunun yarısını bilavasitə ölçmək olur. Bir period müddətində səs rəqslərinin yayıldığı məsafəyə dalğa uzunluğu deyilir və λ ilə işarə olunur. Səsin havada yayılma sürətini məlum

$$v = \frac{s}{t} \quad (56)$$

düsturuna əsasən təyin etmək olar.

T müddətində səs dalğasının yayıldığı məsafə λ olduğundan, (56) ifadəsinə əsasən səs dalğasının havada yayılma sürətini

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (57)$$

yaxud

$$v = v\lambda \quad (58)$$

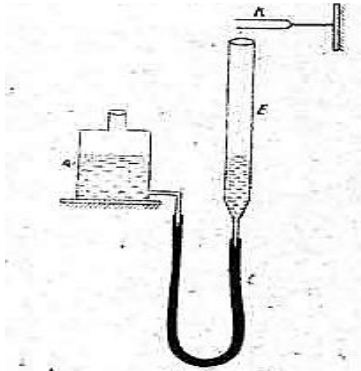
düsturu ilə hesablamaq olar; burada v mənbəyin (kamertonun) rəqs tezliyidir. λ üçün təcrübədən tapılan qiyməti və kamertonun məlum v rəqs tezliyini (58) ifadəsində

yerinə yazaraq, səsin havada yayılma sürətini hesablamaq olar. Deməli, səsin havada yayılma sürətinin təyini, onun dalğa uzunluğunun tapılmasına gətirilir.

λ - nı tapmaq üçün durğun dalğa əmələ gətirən aşağıdakı qurğudan istifadə olunur.

Qurğunun təsviri

21 - ci şəkildən göründüyü kimi, cihaz bir tərəfi rezin boru (C) ilə şüşə balona (A) birləşdirilmiş silindrik şüşə borudan (E) ibarətdir. Bu borunun uzunluğu 100 - 120 sm, diametri isə 3 - 4 sm olub, üzərində millimetr bölgülərə malik şkalası olan şaquli vəziyyətdə üçayaqlı taxtaya bərkidilmişdir (şəkildə şkala verilməmişdir).



Şəkil 21.

Şüşə borunun yuxarıdakı açıq ucu qarşısında rəqs tezliyi məlum olan kamerton (K) yerləşdirilmişdir. Kamertona rezin çəkilə elastik zərbə vurduqda silindrik borunun oxu istiqamətdə havada yayılan səs dalğaları alınacaqdır. Boru boyunca aşağıya tərəf yayılan səs dalğalarının qarşısında maneə yaratsaq (balona su töksək), bu dalğaları səthdən əks etdirmək olar. Bu halda boru içərisində gedən və qayıdan səs dalğaları görüşərək onun daxilindəki hava sütununda durğun dalğa əmələ gətirir. Durğun dalğanın qarın nöqtəsi boruda hərəkət edən maye səthinə düşdükdə səslənmə maksimum olur. Balonu şaquli istiqamətdə yuxarı və aşağı hərəkət etdirərək, iki ardıcıl, qarın nöqtələrini səsin güclənməsinə görə xətkəş üzərində qeyd etməklə $\frac{\lambda}{2}$ -ni ölçmək olur.

λ - nın təcrübədən tapılan qiymətini və kamerton üçün məlum olan tezliyini (58) ifadəsində yazaraq, səsin sürətini hesablamaq olar .

Təcrübədən tapılan səs sürəti havanın müvafiq temperaturdakı sürətidir. Bunu v_t ilə işarə edərək bu sürətə görə səsin $0^\circ C$ - dəki v_0 sürətini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$v_0 = \frac{v_1}{\sqrt{1+\alpha t}}, \quad (59)$$

burada α - qazın istidən genişlənmə əmsalı olub, $\alpha = 0,00366 \frac{1}{\partial p}$ - dir.

İşin gedişi

1. Maye səviyyəsi borunun (E) təqribən dördüdə bir hissəsinə gələnə qədər, içərisində su olan balonu (A) aşağı endirməli.
2. Kamertonu rəqsə gətirməli.
3. Balonu tədricən yuxarı qaldırmaqla iki ardıcıl güclənmə nöqtəsini xətkəş üzərində qeyd etməli.
4. Xətkəş vasitəsi ilə iki ardıcıl güclənmə nöqtələri arasındakı məsafəni dəqiq ölçməli və alınan ədədi ikiyə vurmaqla λ - nı tapmalı.
5. λ - nın təcrübədən tapılan qiymətini və kamertonun tezliyini (58) ifadəsində yerinə yazaraq səsin, otaq temperaturundakı v sürətini hesablamalı.
6. Eyni təcrübəni 3 - 4 təkrar edərək v_0 üçün orta qiymət tapmalı.
7. v_t - nin uyğun qiymətlərini (59) ifadəsində yazmaqla, səsin $0^\circ C$ - dəki sürətini (v_0) hesablamalı.
8. v_t və v_0 - in qiymətlərinə görə təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

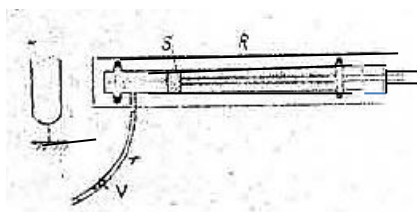
Çalışma 2. Kvinke cihazı ilə səs sürətinin təyini.

Ləvazimat: Kvinke cihazı, telefon və ya peroduktor, nazik rezin boru, tezliyi məlum olan kamerton, rezin çəkcik, xətkəş.

Cihazın təsviri

Səsin sürətini təyin etməyin nəzəri əsaları qısa şəkildə 1 - ci çalışmada verilmişdir. İndi biz Kvinke cihazı ilə tanış olaraq, ondan istifadə qaydasını öyrənəcəyik.

22 - ci şəkildən göründüyü kimi, cihaz içərisində səs dalğalarını yaxşı əks etdirən porşen (S) olan, üfüqi vəziyyətdə qoyulmuş qalın divarlı şüşə silindrdən (R) ibarətdir. Porşen silindrin daxili divarına kip toxunmaqla sağa və sola hərəkət edə bilər.



Şəkil 22.

Kamertondan gələn və S porşenindən qayıdan səs dalğalarının görüşməsi nəticəsində (baş verən interferensiya hadisəsindən) alınan güclənməni eşitmək üçün silindrik borunun kamertonu yaxın kənarına nazik T borusu birləşdirilmişdir. Bu borunun sonuna isə telefon və ya reproduktor birləşdirilir. Kamerton silindrik

borunun sol tərəfində dayağa bərkidilmişdir. Rezin çəkiclə kamerton rəqsə gətirilir. Bu rəqslər boru (R) boyunca yayılaraq havada səs dalğaları əmələ gətirir. Gedən və S porşenindən qayıdan səs dalğalarının görüşməsi nəticəsində silindr içərisində durğun dalğa alınır. Hərəkət edə bilən porşeni boru boyunca sağa və ya sola sürüşdürməklə iki ardıcıl güclənmə nöqtələrini tapıb, onlar arasındakı məsafəni qeyd edirlər. Məlum olduğu kimi bu iki nöqtə arasındakı məsafə dalğa uzunluğunun yarısına bərabərdir.

λ - nın qiymətini (58) ifadəsində yazmaqla səsin havada yayılma sürətini (v_t) hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Qurğunun düzgün yayıldığını yoxladıqdan sonra porşeni sağ kənara çəkməli və rezin çəkiclə kamertona elastik zərbə vuraraq rəqsə gətirməli.
2. Porşeni sola tərəf hərəkət etdirərək, şüşə boru içərisindəki hava sütununun uzunluğunu tədricən azaltmalı. Bu zaman T borusuna birləşdirilmiş telefon vasitəsi ilə səsin güclənməsi anını almalı. Səs aydın və güclü eşidildiyi anda porşenin borudakı vəziyyətini qeyd etməli.
3. Porşenin sola hərəkətini davam etdirdikcə səsin tədricən zəifləyib, sonra yenidən güclənməsi müşahidə olunur. Bu anda da porşenin buradakı vəziyyətini qeyd etməli.
4. Birinci və ikinci güclənmə nöqtələri arasındakı məsafəni ($\frac{\lambda}{2}$) xətkəşlə ölçərək dalğa uzunluğunu tapmalı.
5. λ üçün təcrübədən tapılan qiyməti və kamertonun məlum tezliyini (58) düsturunda yazıb, səs dalğasının v_t yayılma sürətini hesablamalı.
6. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək, v_t üçün orta qiymət tapmalı.
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını hesablamalı.
8. Kvinke cihazı və rezonans üsulu ilə səs sürəti üçün təcrübədən tapılan qiymətləri müqayisə etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 12

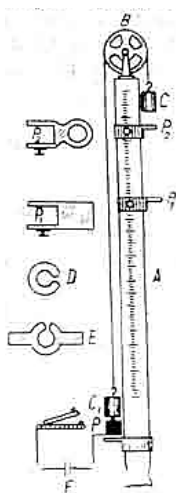
SƏRBƏSTDÜŞMƏ QANUNLARININ ATBUD MAŞINI İLƏ YOXLANMASI

Ləvazimat: Atbud maşını, halqəşəkilli dayaq, bütöv dayaq, elektromaqnit, əsas və əlavə yüklər, saniyəölçən, elektrik açarı, sabit elektrik mənbəyi, birləşdirici naqillər.

Cihazın quruluşu

Atvud maşını üç ayaq üzərində şaquli vəziyyətdə duran, üzərində santimetr və millimetrlük bölgüləri olan A xətkeşindən ibarətdir (şəkil 23) Cihazı şaquli vəziyyətə gətirmək üçün ayaqlardan ikisi vintlə təchiz edilmişdir. Xətkeşin uzunluğu 2 m - ə qədər olur.

Xətkeşin yuxarı ucunda alüminiumdan hazırlanmış, yüngül və sürtünməsi çox az olan blok (B) vardır. Həmin blokdan nazik sap keçirilmiş və onun uclalarına kütlələri bərabər olan yüklər (C və C_1) bağlanmışdır. Bu yüklər aşağıda yerləşən elektromaqnitlə tutulub buraxıla bilər. Yüklərin kütlələri bərabər olduğundan, bunlar dayanıqlı tarazlıqda olur. C yükünün üzərinə hər hansı m_1 yükü əlavə edilərsə, sistem tarazlıqdan çıxar və yuxarıdakı yük aşağıya tərəf bərabəryeyinləşən hərəkət edir.



Şəkil 23

Atvud maşınında həm bərabəryeyinləşən hərəkətin qanunlarını, həm də Nyutonun ikinci qanununu yoxlamaq olur.

Əvvəlcə Atvud maşını ilə bərabər yeyinləşən hərəkət qanunlarının yoxlanılmasını nəzərdən keçirək.

Yollar qanunuun yoxlanılması

Məlumdur ki, başlanğıc sürəti sıfır olan ($v_0 = 0$) bərabəryeyinləşən hərəkətdə gedilən yol

$$S = \frac{at^2}{2} \quad (60)$$

düsturu ilə hesablanır; burada t - zaman, a - hərəkətin təcilidir.

C yükünün üzərinə m_1 yükü əlavə etdikdə, onun A xətkeşi üzrə müxtəlif zaman fasilələrində müxtəlif yollar getdiyini görmək olar. Bu məsafələr aşağıdakı kimi hesablanır:

$$S_1 = \frac{at_1^2}{2}; S_2 = \frac{at_2^2}{2}; \dots; S_n = \frac{at_n^2}{2} \quad (61)$$

Məlumdur ki, eyni qüvvə təsiri altında cismin hərəkəti bərabəryeyinləşən olduğundan təcili sabit qalar:

$$a = \frac{2S_1}{t_1^2} = \frac{2S_2}{t_2^2} = \dots = \frac{2S_n}{t_n^2} \quad (62)$$

(61) ifadələrini tərəf - tərəfə bölsək alarıq;

$$S_1 : S_2 : \dots : S_n = t_1^2 : t_2^2 : \dots : t_n^2 \quad (63)$$

Sonuncu ifadədən görünür ki, bərabəryeyinləşən hərəkətdə gedilən yolların nisbətləri, bu yolları getmək üçün sərf edilən zamanların kvadratları nisbəti kimidir. *Buna yollar qanunu deyilir.* C yükü üzərinə növbə ilə kütlələri müxtəlif olan $m_2, m_3, m_4, \dots$ yüklərini əlavə etməklə, hər bir yük üçün (63) ifadəsinin ödənildiyini yoxlamaq olar.

İşin gedişi.

1. Atvud maşınını ayaqlarındakı vintlər vasitəsilə şaquli vəziyyətə gətirməli.
2. C və C_1 yüklərinin bir - birini tarazlaşdırdığını müəyyən etdikdən sonra C_1 yükünü, A xətkəşinin aşağısında elektromaqnitlə tutulub buraxıla bilən P dayağı üzərinə qoymalı.
3. Sonra C yükünün üzərinə kiçik m_1 yükünü (bu yüklər $1\Gamma, 2\Gamma, 3\Gamma$ və s. ola bilər) əlavə etməli.
4. Xətkəş üzərində S_1 məsafəsini müəyyən etməli. Bunun üçün bütöv P_1 dayağını S_1 məsafəsinin sonunda xətkəşə bərkitmək lazımdır ki, $C+m_1$ yükü düşərkən P_1 dayağı ilə saxlansın.
5. Elektromaqnitin açarını açarkən $C + m_1$ yükü düşməyə başlayır. Bu anda saniyə ölçəni işə salıb, S_1 yolunu getmək üçün sərf olunan zamanı tapmalı.
6. S_1 məsafəsini getmək üçün sərf olunan zamanı 3 - 4 dəfə ölçüb, orta qiymət tapmalı.
7. m_1 yükünü sabit saxlamaqla $S_2, S_3, S_4 \dots$ məsafələrinə sərf olunan zamanları $t_2, t_3, t_4 \dots$ ölçməli. Sonra S və t - lər üçün alınan qiymətləri (63) ifadəsində yazıb, yollar qanunun ödənildiyini yoxlamalı.
8. m_1 yükünü, m_2, m_3, m_4 və i. a. yüklərə əvəz edib, hər yük üçün yolun müxtəlif qiymətlərinə uyğun zamanları ölçməklə yollar qanununun ödənildiyini yoxlamalı.

Sürətlər qanununun yoxlanılması

Məlumdur ki, başlanğıc sürəti sıfırı olan bərabəryeyinləşən hərəkətin son sürəti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$v = a t, \quad (64)$$

burada a - hərəkətin təcili, t isə zamandır.

Belə hərəkətdə təcil sabit olduğundan $a = \frac{v}{t}$ nisbəti sabit qalmalıdır. Bu təcilin sabitliyini yoxlamaq üçün Atvud maşınında C yükünün üzərinə m_1 yükünü əlavə edib, C_1 yükünü elektromaqnitlə saxlamalı $C + m_1$ yükündən bir qədər aşağıda A xətkəşinə dairəvi deşiyi olan P_2 dayağı (C yükü P_2 dayağından sərbəst keçdiyi halda, m_1 yükü P_2 dayağı tərəfindən saxlanılır) və bundan bir qədər aşağıda isə bütöv P_1 dayağı bərkidilir. Elektromaqnit dövrəsi açılan kimi $c + m_1$ yükü düşərək P_2 dayağına qədər bərabəryeyinləşən sürətlə P_2 -dən keçdikdən sonra isə P_1 dayağına kimi sabit sürətlə hərəkət edir. Bu bərabər sürətli hərəkətin v_1 sürəti yükün P_2 dayağından keçdiyi anda malik olduğu sürət olar. Bu sürəti tapmaq üçün C yükünün P_2 dayağından P_1 dayağına qədər getdiyi S_1 yolunu və bu yola sərf olunan t_1 zamanını bir neçə dəfə ölçərək $v_1 = \frac{S_1}{t_1}$ ifadəsindən istifadə etmək lazımdır. Tapılan v_1 sürəti eyni zamanda $c + m_1$ yükünün bərabər yeyinləşən hərəkətinin P_2 dayağına çatdığındakı son sürətidir. (Başlanğıc sürəti isə sıfırdır). Hərəkətin başlanğıcından P_2 dayağına çatana qədər keçən t_1 - zamanını ölçməklə bərabər yeyinləşən hərəkətin təcilini $a = \frac{v_1}{t_1}$ ifadəsindən tapmaq olar.

C yükü üzərinə əlavə olunan m_1 yükünü sabit saxlayaraq, bu yüklə P_2 dayağı arasındakı məsafəni (P_2 -ni A xətkəşi üzrə aşağı çəkməklə), tədricən artırısaq, bərabər yeyinləşən hərəkətin uyğun son sürətləri də artar.

Beləliklə, P_2 dayağını hər dəfə xətkəş üzrə aşağıya doğru çəkərək $c + m_1$ yükündən uzaqlaşdıqca, C yükünün P_2 dayağından P_1 dayağına qədər hərəkət edərkən getdiyi yolları $S_1, S_2, \dots, S_n$ və bu yolları getmək üçün sərf olunan zamanları uyğun olaraq $t_1, t_2, \dots, t_n$ ilə işarə etsək, uyğun sürətlər $v_1, v_2, \dots, v_n$ olar.

Sabit qüvvənin təsiri altında cismin hərəkəti sabit təcilli olduğundan:

$$a = \frac{v_1}{t_1^1} = \frac{v_2}{t_2^1} = \dots = \frac{v_n}{t_n^1}$$

burada $t_1, t_2, \dots, t_n$ başlanğıc anadan P_2 dayağına qədər yükün hərəkətinə sərf olunan zamanlardır. Son ifadəni aşağıdakı kimi də yazmaq olar:

$$v_1 : v_2 : \dots : v_n = t_1^1 : t_2^1 : \dots : t_n^1 \quad (65)$$

Göründüyü kimi, sürətlərin nisbəti uyğun zamanların nisbəti kimidir. *Buna sürətlər qanunu deyilir.*

İşin gedişi

1. C_1 yükünü elektromaqnitlə P dayağı üzərində saxlayıb, C yükünün üzərinə m_1 yükünü əlavə etməli.
2. A xətkəşi üzərində $c + m_1$ yükündən bir az aşağıda həlqəvi P_2 dayağını, ondan bir qədər aşağıda isə P_1 dayağını bərkitməli.
3. Elektromaqnit dövrəsini açaraq yükü ($c + m_1$) hərəkətə gətirməli. Sonra C yükünün (m_1 kütləsi ayrıldıqdan sonra P_2 -dən P_1 -ə çatana qədər getdiyi S_1

- yolunu və bu yola sərf olunan t_1 zamanını ölçməklə bərabər sürətli hərəkətin v_1 sürətini tapmalı.
4. P_2 dayağının vəziyyətini dəyişməz saxlayaraq dayaqlar arasındakı S məsafəsini və bu yola sərf olunan t zamanını bir neçə dəfə təkrar ölçərək v_1 sürəti üçün orta qiymət tapmalı.
 5. P_2 dayağını növbə ilə aşağı çəkərək P_2 -dən P_1 -ə qədər olan $S_2, S_3, \dots, S_n$ yollarını və bu yollara sərf olunan $t_2, t_3, \dots, t_n$ zamanlarını bir neçə dəfə təkrar ölçərək $v_1: v_2: \dots: v_n$ sürətlərinin hər biri üçün orta qiymətlər tapmalı.
 6. P_2 dayağının müxtəlif vəziyyətlərində $c + m_1$ yükünün hərəkətə başladığı andan P_2 dayağına çatdığı ana qədər keçən $t_1, t_2, \dots, t_n$ zamanlarını ölçməli.
 7. Alınmış qiymətləri (65) - də yazaraq nisbətlərin bərabərliyini yoxlamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 13

NYUTONUN İKİNCİ QANUNUNUN ATVUD MAŞINI İLƏ YOXLANILMASI

Ləvazimat: Atvud maşını, bütöv dayaq, saniyəölçən, çəkirləri məlum olan əlavə yüklər.

Qısa nəzəri məlumat

Nyutonun ikinci qanununa görə cismi hərəkətə gətirən qüvvə

$$F = m a$$

kimi ifadə olunur; burada m - cismin kütləsi, a - hərəkətin təcilidir.

Hərəkət edən cismin v sürəti işıq sürətindən (C) çox kiçik ($v \ll C$) olan hallarda $\frac{F}{a}$ nisbəti sabit qalmalıdır.

Atvud maşınında bunu yoxlamaq olar. Bunun üçün sistemin kütləsini (M) sabit saxlamaqla, ona təcil verən xarici əvəzləyici qüvvəni dəyişdirmək lazımdır. Bu məqsədlə Atvud maşınında qollara əlavə olunan yüklərdən bir qoldan digərinə qoymaq lazımdır. Bu halda əvəzləyici qüvvənin hər qiymətinə uyğun təcillər alınır. Əvəzləyici qüvvənin iki F_1, F_2 qiymətləri üçün Nyutonun ikinci qanunu yazsaq:

$$F_1 = M a_1; F_2 = M a_2,$$

burada M - sistemin ümumi kütləsidir.

Hər iki ifadəni tərəf - tərəfə bölsək:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_1}{a_2}, \quad (66)$$

Hər iki halda C yükləri üzərində qoyulmuş əlavə yüklərin dəyişməsi hesabına əmələ gələn hərəkətlərdə başlanğıc sürət sıfır olduğundan S_1 və S_2 yolları aşağıdakı kimi hesablanır (bunun üçün P_1 dayağını C yükündən müxtəlif məsafələrdə qoymaq lazımdır):

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{a_1 t_1^2}{2}, \\ S_2 &= \frac{a_2 t_2^2}{2} \end{aligned} \quad (67)$$

Son ifadədən təcillərin qiymətlərini (66) ifadəsində yazıb sadələşdirsək alırıq:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{S_1 t_2^2}{S_2 t_1^2} \quad (68)$$

Bu bərabərliyin ödənildiyini yoxlamaq. Nyutonun ikinci qanununun doğruluğunu yoxlamaq deməkdir.

İşin gedişi

1. Atvud maşınının (şəkil 23) C yükləri üzərinə müxtəlif əlavə yüklər qoymalı (məsələn, birinə $1Q$, digərinə $3Q$ əlavə etməli). Bu halda sistemə təcil (a_1) verən xarici qüvvələrin əvəzləyicisi $F_1 = 2Q$ olar.
2. F_1 qüvvəsinin təsiri altında hərəkət edən yükün P_1 bütöv dayağına qədər getdiyi S_1 yolunu və bu yola sərf etdiyi t_1 zamanını ölçməli.
3. Sonra hər iki qola qoyulmuş əlavə yükləri qollardan birinin üzərinə qoymalı. Bu halda sistemə a_2 təcili verən qüvvələrin əvəzləyicisi $F_2 = 4Q$ olar. Aydındır ki, sistemin ümumi kütləsi dəyişməz qalar.
4. F_2 qüvvəsinin təsiri altında hərəkət edən yükün getdiyi S_2 yolunu və bu yola sərf olunan t_2 zamanını ölçməli.
5. Təcrübədən əldə edilən F_1 və F_2 ; S_1 və S_2 ; t_1 və t_2 qiymətlərini (68) ifadəsində yerinə yazaraq, Nyutonun ikinci qanununun ödənildiyini yoxlamalı.
6. Təcrübəni müxtəlif yüklər və yollar üçün təkrar etmək lazımdır.

LABORATORİYA İŞİ № 14

AĞIRLIQ QÜVVƏSİ TƏCİLİNİN RİYAZİ RƏQQAS VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

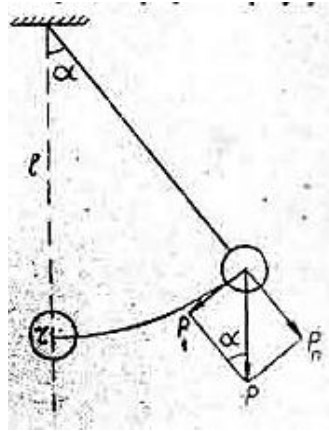
Ləvazimat: riyazi rəqqas, saniyəölçən, katetometr və ya millimetr bölgülü xətkəş, mikrometr.

Qısa nəzəri məlumat: Havasız mühitdə öz ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında düşən cisim yerin mərkəzinə doğru sabit təsilə hərəkət edir. Bu təcillə *ağırlıq qüvvəsi təcili*, yaxud *sərbəstdüşmə təcili* deyilir və g – ilə işarə olunur. Ağırlıq qüvvəsi təcili

yer kürəsinin müxtəlif yerlərində müxtəlif qiymətlərə malikdir. Cazibə təcilinin dəyişməsinə təsir edən amillər, düşən cismin yerdən olan məsafəsi və yerin öz oxu ətrafında fırlanması zamanı meydana çıxan mərkəzdən qaçma ətalət qüvəsidir.

Bundan başqa yerin sıxlığının müxtəlif yerlərdə fərqli olması da g – nin qiymətinə təsir göstərir. Bu səbəblərə görə bir coğrafi en dairəsindən digərinə keçdikcə g –nin qiyməti dəyişmiş olur. Eyni bir coğrafi en dairələrində g – nin qiymətinin fərqlənməsi, yerin quruluşunu öyrənməyə, faydalı yeraltı sərvətlərin müəyyən edilməsinə imkan yaradır. 45° –lik en dairəsində bu təcilin qiyməti orta hesabla $g_0 = 980,665 \text{ sm/san}^2$ – dır. Yer qütblərinə tərəf getdikcə g - nin qiyməti artır və qütblərində ən böyük qiymətə çatır. Ekvatora yaxınlaşdıqca onun qiyməti azalır və ekvatorada ən kiçik qiymət alır. Müəyyən yerdə təcrübi olaraq g -nin qiymətini tapmaq üçün dinamik və statik üsullardan istifadə olunur. Dinamik üsullardan ən çox tətbiq olunan rəqqas üsuludur. Bu üsulu rəqqas periodunun ağırlıq qüvvəsi təcildən asılı olmasına əsaslanır. Bu asılılıqlardan istifadə edərək (xüsusi halda riyazi rəqqas vasitəsi ilə) ağırlıq qüvvəsi təcilini tapmaq olar.

Uzanmayan və kütləsi çox kiçik olan nazik sapdan asılmış, ölçüsü sapın uzunluğuna nisbətən çox kiçik olan kürədən ibarət rəqs sisteminə riyazi rəqqas deyilir.



Şəkil 24.

Şəkildən göründüyü kimi, tarazlıq vəziyyətindən çıxarılmış rəqqasa təsir edən P ağırlıq qüvvəsinin iki toplananından yalnız P_t sapa perpendikulyar olub, trayektoriyaya toxunan istiqamətdə yönəlməklə onu tarazlıq vəziyyətinə qaytarmağa çalışır. *Bu qüvvəyə kvazielastik qüvvə deyilir.* Bu qüvvə rəqqasın tarazlıq vəziyyətindən uzaqlaşma məsafəsi ilə mütənasib olaraq artır. P_n – toplananı isə hərəkət trayektoriyasına çəkilən toxunana perpendikulyar olub, sapın reaksiya (görilmə) qüvvəsi ilə tarazlaşır. Riyazi rəqqəsi kiçik bucağı qədər ($\alpha < 6^\circ$) tarazlıq

vəziyyətindən çıxardıqda P_t qüvvəsinin təsiri altında rəqs etməyə başlayır. Bu rəqsin periodu aşağıdakı düsturla hesablanır:

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

Burada g ağırlıq qüvvəsi təcili, l - rəqqasın uzunluğu, yəni rəqqasın asıldığı nöqtədən kürənin mərkəzinə qədər olan məsafə, T perioddur. (bir tam rəqsə sərf edilən zaman)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{ifadəsindən } g \text{ -ni tapaq}$$

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot l$$

Burada T və l - i bilavasitə ölçməklə g - ni hesablamaq olar. Rəqqasın uzunluğunu tapmaq üçün kürəciyin asıldığını sapın uzunluğuna (l_1), kürənin radiusunu (r) əlavə etmək lazımdır. Bu halda

$$l = l_1 + r \quad \text{olar.}$$

İşin gedişi

1. Riyazi rəqqasın uzunluğunu xətkəş, yaxud katetometrlə ölçməli, bunun üçün sapın uzunluğuna kürəciyin radiusunu da əlavə etmək lazımdır;
2. Rəqqası rəqsə gətirməli, 3- 4, rəqsdən sonra saniyəölçəni işə salaraq 40- 50 rəqs üçün sərf olunan zamanı ölçməli. Zamanı rəqslər sayına bölərək rəqs periodunu tapmalı;
3. T və l üçün tapılan qiymətləri $g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot l$ ifadəsində yazıb g - ni hesablamaq;
4. Rəqqasın uzunluğunu dəyişdirməklə təcrübəni 3 – 4 dəfə təkrar etməli, sərbəstdüşmə təcili üçün qiymətləri cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli;
5. g üçün orta qiymət tapmalı, mütləq və nisbi xətanı hesablamaq .

LABORATORİYA İŞİ № 15

SƏRBƏSTDÜŞMƏ TƏCİLİNİN ÇEVİRMƏ RƏQQASI

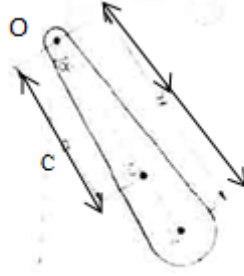
VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: çevirmə rəqqası, millimetr bölgülü xətkəş, saniyəölçən

Qısa nəzəri məlumat

Çevirmə rəqqası fiziki rəqqasın xüsusi növüdür. *Ağırlıq mərkəzindən keçməyən, hərəkətsiz üfqi oxa bərkidilmiş və bu oxa nəzərən tarazlıq vəziyyəti ətrafında rəqs edə bilən bərk cismə fiziki rəqqas deyilir (şəkil 25) Şəkildə O - rəqqasın asılma nöqtəsi, C - ağırlıq mərkəzidir.*

Fiziki rəqqası tarazlıq vəziyyətindən çıxardıqda, ağırlıq qüvvəsinin P_t toplananının təsiri altında rəqs edir. Belə rəqqas kiçik amplitudla rəqs edərsə (bunun üçün rəqqası $\alpha < 6^\circ$ bucaq altında meyl etdirmək lazımdır). onun rəqs periodu aşağıdakı düsturla hesablanır:



Şəkil 25

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{Pa}} \quad (71)$$

burada P - fiziki rəqqasın çəkisi, a - ağırlıq mərkəzi (C) ilə asılma nöqtəsi (O) arasındakı məsafə, J - rəqqasın asılma nöqtəsindən keçən oxla görə ətalət momentidir.

$P = mg$ yazsaq, fiziki rəqqasın periodu:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mga}} \quad (72)$$

burada m - rəqqasın kütləsi, g - ağırlıq qüvvəsi təcildir. (72) ifadəsində $\frac{J}{ma} = L$ kəmiyyətinə fiziki rəqqasın gətirilmiş uzunluğu deyilir, yəni rəqs periodu verilən fiziki rəqqasın perioduna bərabər olan riyazi rəqqasın uzunluğudur. Bu qiymət nəzərə alınsa, fiziki rəqqasın period düsturu

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (73)$$

kimi riyazi rəqqas düsturuna oxşar şəkil alar. Fiziki rəqqasdan istifadə edərək (73) ifadəsinə görə g - ni tapmaq çox çətinlik törədir. Belə ki, burada gətirilmiş uzunluğun hesablanması asan deyildir. Buna görə fiziki rəqqası çevirmə ilə əvəz edirlər. Onda gətirilmiş uzunluğu (L) hesablamağa ehtiyac qalmır. *Çevirmə rəqqası elə fiziki rəqqasdır ki, onu ağırlıq mərkəzinin müxtəlif tərəflərində yerləşən iki nöqtəsindən növbə ilə asdıqda rəqs periodları bir - birinə bərabər olsun*, yəni fiziki rəqqası onun üzərində tapılmış iki nöqtəsinin hər hansı birindən asdıqda digəri onun rəqs mərkəzi olmalıdır. Bu qayda ilə tapılan iki nöqtə arasındakı məsafəyə rəqqasın

gətirilmiş uzunluğu deyilir. Fiziki rəqqasın asılma nöqtəsindən keçən ox (25 - ci şəkildə bu ox O nöqtəsindən keçərək şəkil müstəvisinə perpendikulyardır) görə ətalət momenti (J) Hüykens- Şteyner teoreminə əsasən aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$J = J_0 + ma^2, \quad (74)$$

burada J_0 - cismin ağırlıq mərkəzindən keçən ox görə ətalət momenti a - ağırlıq mərkəzindən cismin asılma nöqtəsinə qədər olan məsafədir. Onda fiziki rəqqasın (72) ifadəsi ilə verilmiş period düsturu aşağıdakı kimi olar:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma^2}{mg a}} \quad (75)$$

Çevirmə rəqqasını hər iki nöqtədən asaraq (75) ifadəsinə əsasən rəqs periodunu tapaq:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma_1^2}{mg a_1}}, \quad (76)$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + ma_2^2}{mg a_2}},$$

burada a_1 və a_2 - tapılan hər iki nöqtənin ağırlıq mərkəzindən olan məsafələrdir. Nöqtələr elə seçilir ki, $T_1 = \dots T_2 = \dots T_n$ olsun. Bu halda (76) ifadələrini

$$T^2 mg a_1 = 4\pi^2 (J_0 + ma_1^2)$$

$$T^2 mg a_2 = 4\pi^2 (J_0 + ma_2^2)$$

kimi yazmaq olar. Bunları tərəf - tərəfə çıxıb T - ni tapaq:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} (a_1 + a_2) \quad (77)$$

alarıq. Bu çevirmə rəqqasın period düsturudur. Burada $a_1 + a_2 = L$ - dir.

Beləliklə, çevirmə rəqqasın hər iki asılma nöqtələrinə görə periodlarının orta qiymətini və asılma nöqtələri arasındakı məsafəni ölçməklə aşağıdakı düsturla g - ni hesablamaq olar:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} (a_1 + a_2) \quad (78)$$

İşin gedişi

1. Çevirmə rəqqasını prizmalarının birindən asmaqla rəqsə gətirməli və 50 - 100 tam rəqsinə görə periodunu (T_1) tapmalı.

2. Rəqqası çevirərək ikinci prizmadan asmalı və rəqs periodunu (T_2) eyni qayda ilə tapmalı. Rəqqas üzəri ilə sürüşə bilən kütlələrin (mərcimək) yerini dəyişməklə (bu halda rəqqasın ağırlıq mərkəzi yerini dəyişər və periodu da ona uyğun olaraq dəyişər) T_2 periodunu T_1 perioduna mümkün qədər yaxınlaşdırmalı.
3. Hər iki nöqtəyə görə tapılan T_1 və T_2 periodlarından $T = \frac{T_1 + T_2}{2}$ ifadəsi ilə təyin olunan periodun orta qiymətini tapmalı.
4. Prizmalar arasındakı məsafəni ($(a_1 + a_2)$) ölçməli.
5. Alınan qiymətləri (78) ifadəsində yazıb, g - ni hesablamalı.
6. Rəqslər sayının başqa qiymətlərində tapılan T_1 və T_2 qiymətlərinə görə hesablanan periodun orta qiymətinə əsasən g - ni (78) ifadəsindən hesablamalı.
7. Aparılan ölçmələrə əsasən təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamalı.
8. g - nin bu qiyməti ilə cədvəl qiymətini müqayisə etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 16

SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ TRIBOMETRLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: tribometr, tərəzi gözü, çəki daşları, sürtünmə əmsalı təyin ediləcək müxtəlif (paralelepiped şəkilli) cisimlər.

Qısa nəzəri məlumat

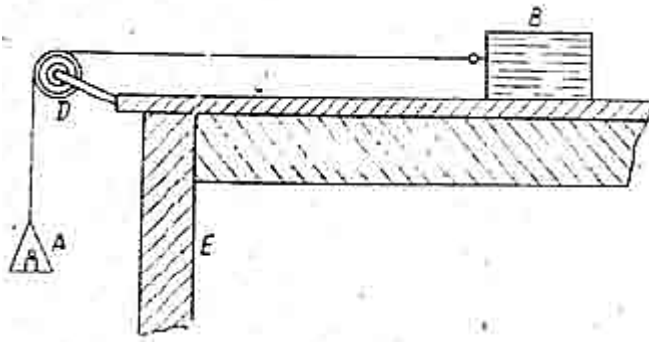
Həyatda müxtəlif qüvvələrlə yanaşı cisimlərə təsir edən sürtünmə qüvvəsinə də rast gəlirik. Məsələn, döşəmə üzərində diyirlənən kürənin tədricən sürətini azaldaraq, nəhayət dayanmasına, eyni ilə də buz üzərində sürüşən uşağın, buz nə qədər hamar olsa da tədricən dayanmasına səbəb sürtünmə qüvvələridir.

Sürtünmə qüvvələri həmişə nisbi hərəkət istiqamətinin əksinə yönəlir. *Bir cisim digər cismin üzərində hərəkət edərkən, yaxud sükunətdə olarkən onların arasında əmələ gələn qüvvəyə sürtünmə qüvvəsi deyilir.* Sürtünmənin başlıca olaraq üç növü vardır.

Sürüşmə sürtünməsi. Bir cisim digər cismin səthi üzərində sürüşərsə, belə sürtünməyə *sürüşmə sürtünməsi* deyilir. Məsələn, üfüqi vəziyyətdə qoyulmuş taxta üzərində başqa taxta, dəmir, mis, bürünc və s parçalarının sürüşməsi zamanı meydana çıxan sürtünmələr sürüşmə sürtünməsidir.

Sükunət sürtünməsi. Səth üzərində cisim sükunətdə isə buna səbəb olan sürtünməyə *sükunət sürtünməsi* deyilir. Məsələn, taxtanın mailliyini elə seçmək olar ki, onun üzərinə başqa bir taxta və yaxud dəmir, bürünc parçası qoysaq, bunlar hərəkət etməz.

Lakin sürtünmə olmasa idi cisim hərəkət etməli idi.



Şəkil 26

Diyirlənmə sürtünməsi. Bir cisim digər cisim üzərində sürüşməyərək diyirlənirsə, belə hərəkətdə meydana çıxan sürtünməyə *diyirlənmə sürtünməsi* deyilir. Məsələn, maşın və ya araba təkərlərinin, topun yer üzərində hərəkəti zamanı diyirlənmə sürtünməsi baş verir.

Sürüşmə sürtünməsini təyin etmək üçün 26 - cı şəkildə verilmiş qurğudan istifadə olunur.

Şəkildən göründüyü kimi, B cismini C -nin müstəvi səthi üzərində hərəkət etdirdikdə B ilə C -nin toxunan səthləri arasında sürtünmə qüvvəsi əmələ gəlir. B -nin C üzərində bərabərsürətli hərəkətini əldə etmək üçün tərəzi gözüne (A) tədricən çəki daşları qoymaq lazımdır. Belə hərəkət alındıqda tərəzi gözü ilə ona qoyulmuş çəki daşlarının birlikdə çəkisi qiymətcə bu səthlər arasında meydana çıxan sürtünmə qüvvəsinə bərabər olar. Təcrübələr göstərir ki, B cisminin çəkisi (P) çox olduqca sürtünmə qüvvəsi (F) də artır. Deməli, sürüşən cismin çəkisi və ya təzyiq qüvvəsi artdıqca onunla mütənasib olaraq, sürtünmə qüvvəsi də artır. Digər tərəfdən təcrübələr göstərir ki, sürüşmə sürtünməsi cisimlərin növündən və səthin hamarlıq dərəcəsiindən də asılıdır.

Sürtünmə qüvvəsinin təzyiq qüvvəsinə olan nisbəti ilə xarakterizə edilən kəmiyyətə sürtünmə əmsalı deyilir və k hərfi ilə işarə olunur:

$$k = \frac{F}{P} \quad (79)$$

burada F - sürtünmə qüvvəsi (verilmiş halda F - tərəzi gözü ilə ona qoyulmuş çəki daşlarının birlikdə çəkisidir). P - sürüşdürülən BC isminin çəkisidir.

Cihazın təsviri

26 - cı şəkildə verilmiş qurğu tribometr adlanır. Bununla müxtəlif cisimlər arasında sürtünmə əmsalını tapmaq olur. Cihaz E skamyasından, onun üzərinə bərkidilmiş C müstəvi lövhədən və tərpənməz D blokundan ibarətdir. Sürüşdürüləcək

B cisminin qarmağına bağlanmış ip (qaytan) D blokundan keçirilərək tərəzi gözüne (A) bağlanır.

İşin gedişi

1. Sürtünmə əmsalı təyin ediləcək cisimləri müəyyən etdikdən sonra əvvəlcə C cismini skamya üzərinə qoymalı.
2. Sonra onun üzərində sürüşdürüləcək B cisminin çəkisi təyin etməli və şəkildəki kimi C cisminin üzərinə qoymalı.
3. Tərəzi gözünün yüksüz çəkisini təyin etməli.
4. Sonra tərəzi gözüne çəki daşlarından o qədər qoymaq lazımdır ki, B cisminə kiçik təkan verdikdə o, C cismi üzərində bərabər sürətlə hərəkət edə bilsin. Bu halda tərəzi gözüne qoyulmuş çəki daşlarının çəkisini qeyd etməli.
5. Sürtünmə qüvvəsini tapmaq üçün tərəzi gözünün çəkisi (f_1) ilə, tərəzi gözüne qoyulmuş çəki daşlarının çəkisini (f_2) toplamalı. ($F = f_1 + f_2$)
6. Alınmış qiymətləri (79) ifadəsində yerinə yazaraq verilmiş iki cisim arasındakı sürtünmə əmsalını (K) hesablamalı.
7. Həmin təcrübəni eyni cisimlər üçün 3 - 4 dəfə təkrar edib, orta qiyməti, mütləq və nisbi xətalari hesablamalı.
8. B və C cisimlərini dəyişdirməklə, müxtəlif cisimlər arasında sürtünmə əmsalını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 17

ELASTİK YAYIN UZANMASI ZAMANI GÖRÜLƏN İŞİN HESABLANMASI.

Ləvazimat: Yuxarı ucu ştativə bərkidilmiş, aşağı ucunda isə yük asmaq üçün qarmağı və ya yük qoymaq üçün təzəzi gözü olan elastik yay paralel olaraq şaquli vəziyyətdə dayağa bərkidilmiş millimetr bölgülü xətkəş, lupa, çəki daşları.

Qısa nəzəri məlumat: Məlumdur ki, cisim hərəkət istiqamətində yönəldilmiş hər hansı sabit F qüvvəsinin təsiri altında hərəkətə gəlsə görülən iş

$$A = F \cdot s$$

ifadəsi ilə hesablanır. İş vahidi olaraq SQS vahidlər sistemində erq , BS sistemində isə $coul$ götürülür. İş qrafik olaraq 1-ci şəkildəki kimi ifadə olunur. Yəni iş ədədi qiymətcə şəkildə ştrixlənmiş düzbucaqlının sahəsinə bərabərdir. Əgər cismi hərəkətə gətirən qüvvə ilə hərəkət istiqaməti arasında müəyyən α bucağı əmələ gəlsə bu halda qüvvənin yalnız f_s toplananı iş görür (şəkil 27)

$$\text{deməli } A = \frac{F_2 l}{2} \quad (80)$$

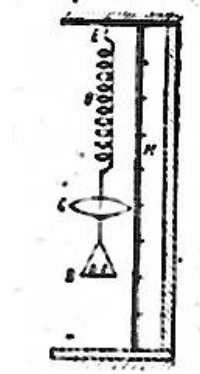
olar.

Burada F_2 cismə təsir edən qüvvənin son qiyməti, l isə cismin getdiyi yoldur.

Elastik yaya tədricən artan qüvvə təsir etdikdə (80) ifadəsinə əsasən yayın uzanmasında görülən işi hesablamaq olar.

Qurğunun təsviri: Cihaz E ştativindən asılmış B elastiki yayından ibarətdir. Yayın aşağı ucu C diskindən keçərək D tərəzi gözüne bərkidilmişdir. Yay uzanıb qısaldıqca C diski onunla birlikdə hərəkət edərək M şkalasında bölgüləri göstərir. C diskinin qarşısındakı M şkalasının sm və mm -lik bölgüləri vardır. Yay uzadan yükün onun uzanmasına olan nisbətində yayın möhkəmlik və ya elastiklik əmsalı deyilir və k hərfi ilə işarə olunur.

$$k = \frac{P}{l} \quad (81)$$



şəkil 31.

Burada P tərəzi gözüne qoyulmuş çəki daşlarının çəkisi, l isə yayın mütləq uzanmasıdır. Möhkəmlik əmsalının ölçüsü Q/sm – dir.

$$P = mg$$

olduğunun nəzərə alaraq (2) ifadəsinin

$$k = \frac{mg}{l} \quad (82)$$

şəklində də yazmaq olar. Möhkəmlik əmsalının SGS sistemindəki ölçüsü $\frac{dn}{sm}$ olar.

(81) ifadəsinindən P -ni tapıb (80) də F –in yerinə yazsaq yayın uzanmasında görülən işi onun möhkəmlik əmsalı ilə əlaqələndirmiş olarıq.

$$A = \frac{Fl}{2} = \frac{kll}{2} = \frac{kl^2}{2} \quad (83)$$

k -nın (82) düsturu ilə təyin olunan qiymətini (83) -də yerinə yazsaq iş üçün aşağıdakı ifadəni olaraq.

$$A = \frac{kl^2}{2} = \frac{mgl}{2} \quad (84)$$

İşin gedişi.

1. Tərəzi gözüne yük qoyulmazdan əvvəl C diskinin M şkalasının göstərişini lupa vastəsi ilə müəyyən etməli.
2. Tərəzi gözüne 100 qr çəki daşı qoyub diskin buna uyğun göstərişini müəyyən etməli.
3. 100 qr yükü uyğun uzanmaya bölərək yayın möhkəmlik əmsalını tapmalı.
4. Yayın möhkəmlik əmsalını müxtəlif yüklərə görə 3 – 4 dəfə tapıb, onun orta qiymətini müəyyən etməli.
5. Yüku əvvəlcə 100 qramdan 1000 qrama qədər tədricən artırıb, sonra azaldarkən yüklərlə uyğun uzanmalar arasındakı asılılığı qrafik olaraq göstərməli;
- 6.(84) ifadəsinə uyğun olaraq görülmə işi qrafikdən hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 18

UZUNUNA DEFORMASIYAYA GÖRƏ YUNQ MODULUNUN TƏYİNİ

Ləvazimat: Lermantov cihazı, baxış borusu, işıq mənbəyi, mikrometr, müxtəlif çəkiyə malik yüklər, millimetr bölgülü xətkəş.

Qısa nəzəri məlumat

Xarici qüvvələrin təsiri ilə cisimlərin öz həcm və formasını dəyişdirməsinə deformasiya deyilir. Deformasiya elastiki və plastiki olmaqla iki növdür. Xarici qüvvələrin təsiri ilə deformasiya olunmuş cisim, bu qüvvələr aradan qaldırıldıqda öz əvvəlki vəziyyətinə qayıdarsa buna elastiki, qayıtmazsa plastiki deformasiya deyilir.

Cismə təsir edən xarici qüvvənin qiyməti, həmin cisimdə qalıq deformasiya alınacağı andakı maksimum qiymətə çatdıqda, bu qüvvənin onun təsir etdiyi cismin səthinin sahəsinə olan nisbəti ilə (vahid səthə düşən qüvvə ilə) karakterizə edilən kəmiyyət, qüvvə gərginliyi adlanır və buna elastiklik hədudu deyilir. Bu kəmiyyətin ölçüsü CGS vahidlər sistemində dm/sm^2 , praktik sistemdə isə kq/mm^2 olar. Elastiklik hədudunda baş verən deformasiyalar, elastiki deformasiyalar adlanır.

Plastiki deformasiya zamanı xarici qüvvə götürüldükdən sonra cismin formasında və həcmində dəyişiklik müşahidə olunur. Bu hadisəyə qalıq **deformasiya deyilir**. Cisimdə qalıq deformasiya nişanələri müşahidə olunduğu anda, o elastiklik həduduna çatmış olur, yəni həmin anda xarici qüvvələri aradan qaldırıqda qalıq deformasiya alınmır. Həmin andan sonra cismə xarici qüvvələr az da olsa təsir edərsə, qalıq deformasiya alınır. Bu mülahizəyə əsasən elastiki və plastiki cisimlərə aşağıdakı kimi tərif vermək olar. Cismə təsir edən xarici qüvvələrin çox böyük qiymətlərində elastiklik həduduna çatmaq mümkün olursa, belə cisimlərə elastiki, bu

qüvvələrin çox kiçik qiymətlərində elastiklik hüdudu əldə edilirsə, belə cisimlərə plastiki cisimlər deyilir.

Xarici qüvvələrin təsiri ilə cisimlər müxtəlif növ deformasiyalara uğraya bilər. Məsələn, uzanma (sıxılma) əyilmə, sürüşmə, burulma və i. a.

Nəzəri və təcrübi tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, elastiklik hüdudlarında bütün deformasiyalar aşağıdakı qanunlara tabe olur:

1. Elastiklik hüdudu daxilində deformasiyanın qiyməti onu yaradan xarici qüvvələrin qiyməti ilə mütənasibdir.

2. Cismi deformasiyaya uğradan xarici qüvvələri istiqamətcə dəyişdirdikdə deformasiyanın mütləq qiyməti dəyişmir (məsələn, dartı qüvvəsinin təsiri ilə cisim uzanırsa, sıxıcı qüvvənin təsiri ilə qısılır)

3. Bir neçə xarici qüvvənin təsiri ilə yaranan deformasiya, ayrı - ayrı qüvvələrin yaratdığı deformasiyaların cəbri cəminə bərabər olur.

Uzanma deformasiyanı nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, uzunluğu l , en kəsik sahəsi S olan metal çubuğa f qüvvəsi təsir edir və o, Δl qədər uzanır. Həq qanunundan məlumdur ki, nisbi deformasiya onu yaradan gərginliklə mütənasibdir:

$$\frac{\Delta l}{l} = \alpha \frac{f_n}{S}, \quad (85)$$

burada $\frac{\Delta l}{l}$ - nisbi deformasiya, $\frac{f_n}{S}$ isə vahid en kəsik sahəsinə perpendikulyar istiqamətdə təsir edən qüvvə (gərginlik), α - elastiklik əmsalıdır. α - nın tərs qiyməti yunq modulu (elastiklik modulu) adlanır və E ilə işarə olunur. Onda (85) ifadəsini aşağıdakı kimi də yazmaq olar:

$$E = \frac{1}{\alpha} = \frac{f_n l}{S \Delta l} \quad (86)$$

(86) ifadəsindən Yunq modulunun fiziki mənasını izah etmək olar. Burada $\Delta l = l$ olarsa, $E = \frac{f_n}{S}$ alınar. Deməli, Yunq modulu ədədi qiymətcə teli (çubuğu) ilk uzunluğu qədər uzada bilən gərginliyə bərabərdir. Həqiqətdə isə materialların çoxu Yunq modulundan çox kiçik gərginliklərdə qırılır. (86) ifadəsində f_n, S və l bilavasitə təcrübədə ölçülə bilən kəmiyyətlərdir. Təcrübə yolu ilə Δl - i tapıb (86) ifadəsində yazmaqla Yunq modulunu hesablamaq olar. Δl - i dəqiq ölçmək üçün Lermantov cihazından istifadə edilir.

Cihazın təsviri

Lermantov cihazının sxemi 32 - ci şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, tədqiq olunan tel (uzunluğu 1,5 - 2m) yuxarıdan K kronşteyninə bərkidilmişdir.

Onun aşağı ucunda isə B silindri vardır. Silindrin altındakı qarmaqdan C asqısı asılır. Bu asqısının üzərinə yüklər qoyulur. Silindrə, üzərində şaquli M güzgüsü olan r lingi söykənir. Ling güzgü ilə birlikdə üfüqi ox ətrafında döənə bilir və A kronşteyni ilə saxlanır. Asqıya yüklər qoyulduqda tel uzanır və silindr aşağı enir. Buna uyğun olaraq həm link, həm də güzgü φ bucağı qədər dönür. Bu halda işıq mənbəyindən (S) güzgüyə düşərək qayıdan şüa 2φ bucağı qədər yerini dəyişir. Şüanın xətkəşdə yerdəyişmə məsafəsinə görə telin uzanmasını tapmaq olar. Bunun üçün fərz edək ki, P yükünün təsiri ilə l uzunluqlu tel Δl qədər uzanmışdır. Bu halda link AB vəziyyətindən AB' vəziyyətinə gəlir (şəkil 33). Şəkildən göründüyü kimi, lingin silindrə söykənən ucu BB' troektoriyası cızır və $B'D$ qədər aşağı enir. Onda məftilin uzanması

$$B'D = \Delta l$$

olacaqdır. ABB' üçbucağından yamaq olar:

$$B'D = AB' \sin \varphi$$

$$AB' = AB = r$$

olduğundan alarıq:

$$\Delta l = r \sin \varphi \quad (87)$$

$\sin \varphi$ -ni dolayı yolla tapıb, Δl -in qiymətini (86) - da yazmaqla Yunq modulunu hesablamaq olar. Bunun üçün şüanın xətkəş boyunca əvvəlcə məftilin yüksüz (n_0), sonra isə yüklü (n_1) hallarına uyğun yerdəyişmə məsafəsini (şəkildə HF parçasını) ölçmək lazımdır.

$$HF = n_1 - n_0$$

$C'FH$ üçbucağından yazaraq:

$$\frac{HF}{C'H} = \operatorname{tg} 2\varphi \quad (88)$$

$C'H$ güzgüdən xətkəşə qədər olan məsafədir. Onu R ilə işarə etsək:

$$\frac{n_1 - n_0}{R} = \operatorname{tg} 2\varphi$$

2φ bucağı kiçik olduğundan

$$\operatorname{tg} 2\varphi = 2 \operatorname{tg} \varphi \approx 2 \sin \varphi$$

kimi götürmək olar. Onda

$$\frac{n_1 - n_0}{R} = 2 \sin \varphi$$

yaxud

$$\sin \varphi = \frac{n_1 - n_0}{2R} \quad (89)$$

alınar.

$\sin \varphi$ -nin qiymətini (87) - də yerinə yazaq:

$$\Delta l = r \frac{n_1 - n_0}{2R} \quad (90)$$

Δl -ni bu qiymətini (86) - da yerinə yazaraq Yunq modulu üçün

$$E = \frac{f_n l R}{r(n_1 - n_0)S} \quad (91)$$

ifadəsini alırıq; burada f_n - teli gərən qüvvə, l - telin ilk uzunluğu, S - onun en kəsik sahəsi, r - lingin uzunluğu, R - güzgüdən xətkəşə qədər olan məsafə, n_0 və n_1 isə tel yüksüz və yüklü olan halda güzgüdən qayıdan şüanın xətkəşdəki vəziyyətləri olub, hamısı təcrübi olaraq ölçülə bilən kəmiyyətlərdir. Yükləri C asqısı üzərinə qoyarkən və ya götürərkən telin rəqsə gəlməməsi üçün vinti ilə açılıb bağlanan arretirdən istifadə olunur.

İşin gedişi

1. Teli arretirdən azad edərək onun uzunluğunu ölçməli.
2. Mikrometrlə telin diametrini bir neçə yerindən ölçərək ən kəsik sahəsini hesablamalı.
3. Lingin uzunluğu və güzgüdən şkalaya qədər olan məsafəni (R) ölçməli.
4. Güzgüdən qayıdan şüanın şkalda ilk vəziyyətini n_0 qeyd etməli.
5. Sistem arretirlənmiş halda C asqısı üzərinə P yükünü qoymalı, sonra arretirdən azad edib, buna uyğun şüanın şkaladakı vəziyyətini n_1 qeyd etməli.
6. Bu qayda ilə tədricən yükü artırmaqla, uyğun vəziyyətləri qeyd etməli.
7. Asqıya qoyulmuş yükləri tədricən azaltmaqla təcrübəni əksinə aparmalı. Sonuncu yük asqıdan götürüldükdə başlanğıc qiymət alınmadıqda, n_0 üçün bu iki qiymətə görə orta qiymət tapmaq lazımdır.
8. Yüğü tədricən artırarkən və sonra azaldarkən uyğun yüklərə görə şkaladakı meyllərdən də orta qiymət götürməli.
9. Alınan qiymətləri (91) ifadəsində yazaraq, tel maddəsi üçün Yunq modulunu hesablamalı. E üçün təcrübədən tapılan qiymət $\frac{kq}{mm^2}$ -la ifadə edilir.
10. Yunq modulunun təcrübi qiyməti ilə cədvəl qiymətini müqayisə etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 19

KAMERTONUN RƏQS TEZLİYİNİN

TƏYİNİ

Ləvazimat: ştativə bərkidilmiş kamerton, möhkəm qaytan (ip), tərəzi və çəki daşları, dayağa bərkidilmiş blok, santimetr və millimetr bölgülü xətkəş, yük qoymaq üçün tərəzi gözü.

Qısa nəzəri məlumat

Təcrübələr göstərir ki, kərilmiş qaytana perpendikulyar istiqamətdə ani zərbə endirdikdə, qaytan boyunca eninə dalğalar əmələ gəlir. Həmin dalğaların yayılma sürəti qaytanın gərilməsindən və sıxlığından asılıdır. Həmin asılılıq aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$v = \sqrt{\frac{Tl}{m}}, \quad (92)$$

burada v - qaytanda eninə dalğaların yayılma sürəti, T - qaytanın gərilmə qüvvəsi, m - qaytanın kütləsi, l - qaytanın uzunluğudur.

Əgər qaytanın ucu kamertonun qoluna bağlanarsa, kamerton rəqsə gətirildikdə, qaytanda tezliyi kamertonun tezliyinə bərabər olan eninə dalğalar yayılır. Onda (92) ifadəsini belə qaytanda yayılan dalğalara tətbiq etmək olar. Digər tərəfdən kamertonun bir saniyədəki rəqslər sayını (tezliyini) n , qaytanda yayılan dalğaların uzunluğunu λ ilə işarə etsək, dalğanın yayılma sürəti:

$$v = n \lambda \quad (93)$$

(92) və (93) bərabərliyindən alırıq:

$$n \lambda = \sqrt{\frac{Tl}{m}}$$

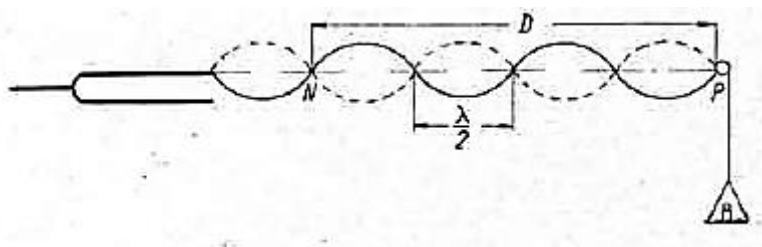
yaxud

$$n = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{Tl}{m}} \quad (94)$$

Bu ifadəyə daxil olan parametrləri təcrübə vasitəsi ilə tapıb, kamertonun n tezliyini hesablamaq mümkündür.

Qurğunun təsviri

Qurğu, 34 - cü şəkildə verildiyi kimi ştativə bərkidilmiş kametondan, onun bir qolundakı kiçik qarmağa bağlanmış qaytandan və bu qaytanın digər ucuna bağlanmış tərəzi gözünün asıldığı blokdan (P) ibarətdir. Həmin qurğuda kamertonu rəqsə gətirib, tərəzi gözünə tədricən çəki daşları qoymaqla yükün müəyyən qiymətində gedən və qayıdan dalğaların interferensiyası nəticəsində



qaytanda yaxşı müşahidə olunan durğun dalğa almaq olur. Durğun dalğanın uzunluğunu (λ), gərilmə qüvvəsini (T), qaytanın uzunluğu (l) və kütləsini (m) taparaq (94) ifadəsində yazıb, kamertonun tezliyini (n) hesablamaq olur.

İşin gedişi

1. Qaytanın kamertona bağlandığı yerdən bloka qədər olan uzunluğunu ölçməli.
2. Qaytanın kütləsini tapmalı.
3. Tərəzi gözünün çəkisini ayrılıqda müəyyən etməli.
4. Kamertonu rəqsə gətirməli.
5. Tərəzi gözünə çəki daşları qoymaqla qaytanda durğun dalğalar almalı.

6. Çəki daşlarının və tərəzi gözüünün çəkirlərinə görə T - ni hesablamalı.
7. Qaytada durğun dalğa alındıqda, onun düyün və qarın nöqtələrini müşahidə edərək, kamertondan sonra onun ucları önündə əmələ gələn birinci düyün nöqtəsindən başlayaraq (N - nöqtəsindən) bloka qədər müşahidə olunan bütün düyün nöqtələrini (N ilə P arasındakı düyünləri) saymalı.
8. Düyünlər sayılan uzunluğu (NP məsafəsini) ölçməli.
9. İki qonşu düyün və ya iki qonşu qarın arasındakı məsafə dalğa uzunluğunun yarısına bərabərdir. NP məsafəsini onda yerləşən düyünlər arasındakı məsafələr sayına (düyünlər sayından bir vahid az ədədə) böldükdə iki qonşu düyün arasındakı məsafəni ($\lambda/2$ -ni) alırıq. Buradan dalğa uzunluğunu hesablamalı.
10. T, m, l və λ -nın qiymətlərini (94)-də yerinə yazaraq kamertonun n tezliyini hesablamalı.
11. Təcrübəni ən azı üç dəfə təkrar edərək, n üçün orta qiymət tapmalı, mütləq və nisbi xətalrı hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 20

EN KƏSİK SAHƏSİ DƏYİŞƏN BORUDA MAYENİN AXMA SÜRƏTİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: en kəsik sahəsi dəyişən boru, civəli manometr, saniyəölçən, su doldurmaq üçün qab, texniki tərəzi, menzurka, millimetr bölgülü xətkəş.

Qısa nəzəri məlumat

Məlumdur ki, mayelərin hərəkətini öyrənərkən, əvvəlcə ideal maye anlayışından istifadə olunur.

İdeal maye dedikdə, mütləq sıxılmayan və ayrı - ayrı təbəqələri bir birinə nisbətən hərəkət edərkən təbəqələr arasında sürtünmə qüvvələri meydana çıxmayan maye təsəvvür olunur. İdeal mayelərin hərəkətini öyrənməklə, müəyyən düzəlişlər nəticəsində ona çox yaxın olan real mayelərin də hərəkətini tədqiq etmək mümkündür.

Axının kəsilməzliyi teoreminə əsasən sıxılmayan və daxili sürtünməsi olmayan mayenin axma sürəti ilə cərəyan borusunun ən kəsik sahəsinin hasili verilmiş cərəyan borusu üçün sabit kəmiyyətdir:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{const} \quad (95)$$

burada S_1 və S_2 - borunun iki ixtiyarı yerində en kəsik sahələri v_1 və v_2 isə uyğun kəsiklərdə mayenin axma sürətləridir. Göründüyü kimi borunun en kəsik sahəsi böyük olan yerlərində mayenin axma sürəti kiçik, en kəsik sahəsi kiçik olan

yerlərdə axma sürəti böyük olur. İdeal mayenin hərəkəti Bernulli tənliyi ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\frac{\rho v_0^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2 \quad (96)$$

burada P_1 və P_2 - borunun ixtiyari iki kəsiyində mayenin statik təzyiqləridir. v_1 , v_2 və h_1 , h_2 - uyğun olaraq, borunun iki S_1 və S_2 en kəsiklərində mayenin axma sürətləri və maye səviyyələrinin üfüqi səthdən olan hündürlükləri, ρ isə mayenin sıxlığıdır.

Bernulli tənliyini aşağıdakı kimi ifadə etmək olur: İxtiyari boruda ideal mayenin qərarlaşmış axımında dinamik $\frac{\rho v^2}{2}$, statik (P) və üfüqi hesablama səthinə nisbətən müəyyən hündürlükdəki maye kütləsinin yaratdığı təzyiqlərin ($\rho g h$) cəmi sabit kəmiyyətdir.

(95) və (96) ifadələrindən mayenin boruda axma sürətini tapaq:

$$v_2 = \sqrt{2 \frac{(P_1 - P_2) + \rho g (h_1 - h_2)}{\rho \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right)}} \quad (97)$$

Borunun en kəsiyindən vahid zamanda keçən mayenin miqdarı (bu sel adlanır) aşağıdakı kimi hesablanır:

$$N = S_2 v_2 \rho = \rho S_2 \sqrt{2 \frac{(P_1 - P_2) + \rho g (h_1 - h_2)}{\rho \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right)}} \quad (98)$$

Selin ölçüsü q/san və kq/san olar.

Son ifadədən görünür ki, otaq temperaturunda su üçün $p = 1 \frac{q}{sm}$ qəbul edilərsə sel, ədədi qiymətcə borunun en kəsiyindən vahid zamanda keçən mayenin həcminə bərabər olar. Mayenin axdığı boru üfüqi vəziyyətdə olarsa $h_1 = h_2$ olar. Bu halda mayenin axma sürəti və selin qiyməti aşağıdakı ifadələrlə hesablanır:

$$v_2 = \sqrt{2 \frac{(P_1 - P_2)}{p \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right)}}, \quad (99)$$

$$N = \rho S_2 \sqrt{2 \frac{(P_1 - P_2)}{p \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2}\right)}} \quad (100)$$

Borunun iki ixtiyari yerində en kəsik sahələrini ölçərək, (S_1 və S_2) təcrübə zamanı bu kəsiklərdəki təzyiqlər fərqi ($\Delta P = P_1 - P_2$) manometrlə təyin etməklə uyğun temperaturda mayenin sıxlığını (p) cədvəldən götürməklə (99) və (100) ifadələrinə görə mayenin uyğun kəsiyində axma sürətini və selin qiymətini hesablamaq olar. Digər tərəfdən seli təcrübə olaraq aşağıdakı qayda ilə də tapmaq mümkündür. Sel vahid zamanda borunun en kəsiyindən keçən maye miqdarı ilə ölçülən kəmiyyət olduğundan :

$$N = \frac{m}{t}$$

yaxud

$$N = \frac{v}{t} \cdot S \quad (101)$$

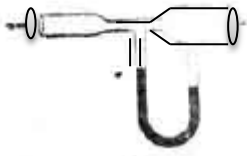
yazmaq olar.

Burada m - mayenin kütləsi, v - həcmi, t - isə m kütləli mayenin borunun ön kəsiyindən keçməsi üçün sərf olunan zamandır. (100) və (101) ifadələrinə əsasən hesablanmış qiymətləri müqayisə etmək lazımdır.

Qurğunun təsviri

En kəsik sahəsi müxtəlif olan borunun bir ucu rezin boru ilə su kəmərinə birləşdirilir (şəkil 35)

Şəkildən göründüyü kimi, üfüqi qoyulmuş həmin borunun dar və gen yerlərinə U şəkilli civəli manometr birləşdirilmişdir. Bununla borunun dar və gen yerində axan mayenin təzyiqlər fərqi ölçmək mümkündür. Bu təzyiqlər fərqinə və (S_1 , S_2) ən kəsik sahələrinə əsasən (99) və (100) ifadələrindən mayenin axma sürətini (v) və selin qiymətini (N) hesablamaq olar.



Digər tərəfdən selin qiymətini, təcrübədən bilavasitə tapmaq üçün t zamanda borudan çıxan mayeni xüsusi qaba yığaraq tərəzidə çəkməklə və ya menzurka ilə həcmi tapmaqla (101) ifadəsinə əsasən hesablamaq olar. Təcrübə zamanı borudan çıxan mayenin sürəti sabit olmalıdır. Bunu isə manometrdeki civə səviyyələri fərqi sabit qalması ilə müəyyən etmək olur. Sonra boruda maye axınının başqa sabit sürətini əldə edərək, buna uyğun təzyiqlər fərqi (ΔP) tapmaqla təcrübəni təkrar etmək lazımdır.

Təkrar təcrübələr zamanı müəyyən ən kəsik üçün tapılan sürətin (v) qiymətləri ilə, uyğun təzyiqlər fərinin (ΔP)

II hissə

MOLEKULYAR FİZİKA VƏ İSTİLİK

LABORATORIYA İŞİ № 1

SUYUN XÜSUSİ BUXARLANMA İSTİLİYİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: kalorimetr, qarışdırıcı, termometr, kondensator, buxar hasilədicisi qab, elektrik peçi, texniki tərəzi və çəki daşları, tətqiq olunan maye, suçəkən kağız, birləşdirici rezin boru, ştativ, buxar quruducusu.

Qısa nəzəri məlumat:

Maye molekullarının onun səthini tərk etməsinə **buxarlanma** deyilir, mayelərin buxarlanması bütün temperaturalarda gedir. Təcrübələr göstərir ki, temperatur artdıqda mayenin buxarlanması sürətlənir. Maye molekullarının kinetik enerjiləri müxtəlif olur.

Onların bir qismi orta kinetik enerjiyə malik molekullara nisbətən böyük enerjiyə və bir qismi isə kiçik enerjiyə malik olur. Buxarlanma zamanı maye molekulları arasında *ilişmə* (cazibə) qüvvələrinə üstün gəlmək üçün müəyyən iş görmək lazımdır. Bu iş isə səthdən qoparaq buxarlanan molekulların kinetik enerjisi hesabına görülür. Deməli, kinetik enerjiləri *ilişmə* qüvvələrinə qarşı görülən işdən böyük olan molekullar maye səthini tərk edərək buxarlanır. Bu səbəbdən maye daxilində kinetik enerjisi nisbətən kiçik olan molekullar qaldığından molekulların orta kinetik enerjisi azalır və maye soyuyur. Buxarlanmanın sabit temperaturda getməsi üçün onu soyumağa qoymamaq, xaricdən əlavə istilik vermək lazımdır. Bu istilik mayenin həmin temperaturda buxarlanması zamanı *ilişmə* qüvvələrinə qarşı görülən işə ekvivalent olar. Qaynama temperaturunda bir qram mayeni buxara çevirmək üçün lazım olan istilik miqdarına həmin temperaturda mayenin **xüsusi buxarlanma istiliyi** deyilir və L ilə işarə olunur. Qaynama temperaturunda buxarlanan mayenin temperaturu sabit qalır, ona görə xüsusi buxarlanma istiliyini laboratoriyada qaynama temperaturunda təyin edirlər. Təcrübələr və nəzəri mülahizələr göstərir ki, bir qram mayeni sabit temperaturda buxara çevirmək üçün ona verilən istilik miqdarı həmin buxarı maye halına qaytararkən oradan alınan istilik miqdarına bərabər olur. Ona görə müəyyən miqdarda buxarın mayeləşməsi zamanı verdiyi istilik miqdarına əsasən xüsusi buxarlanma istiliyini hesablamaq mümkündür.

Fərz edək ki, m qram buxar t_2 (su buxarı üçün $t_2 = 100^\circ \text{C}$ götürülür) temperaturundan soyudularaq t temperaturu maye halına gətirilmişdir. Bu halda həmin

buxarın mayeləşməsi zamanı kalorimetr sisteminə verdiyi ümumi istilik miqdarı

$$Q = mL + mc_1(t_2 - t) \quad (1)$$

Burada t kalorimetr sistemin son temperaturu, c_1 suyun həmin temperaturda xüsusi istilik tutumudur. (1) ifadəsində sağ tərəfdəki birinci hədd m kütləli buxarın t_2 temperaturu mayeyə çevrilməsi zamanı, ikinci hədd isə həmin mayenin t_2 temperaturundan soyuyaraq t temperaturuna gəlməsi zamanı verdiyi istilik miqdarıdır. Kalorimetr sisteminin aldığı istilik miqdarı

$$Q_2 = (m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 + 0,46v)(t - t_1) \quad (2)$$

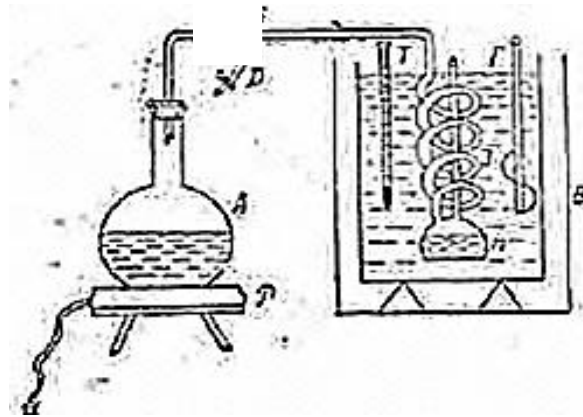
burada m_1, m_2, m_3 uyğun olaraq kalorimetrdəki suyun, kalorimetrin daxili qabının qarışdırıcı ilə birlikdə (adətən, hər ikisi eyni maldan hazırlanır) və kondensatorun kütlələri c_1, c_2, c_3 , isə onların həmin temperaturda xüsusi istilik tutumlarıdır. v civəli termometrın kalorimetrdəki mayeyə batan hissəsinin həcmi, 0, 46 isə civəli termometrın bir kub santimetrinin orta su ekvivalentidir, t_1 – kalorimetr sisteminin ilk, t – isə son temperaturudur. Şüalanma yolu ilə itən az miqdarda istilik miqdarını nəzərə almasaq enerjinin saxlanması qanununa əsasən (1) ifadəsi (2) yə bərabər olmalıdır.

$$mL + mc_1(t_2 - t) = (m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 + 0,46v)(t - t_1)$$

$$\text{Buradan} \quad L = \frac{(m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3 + 0,46v)(t - t_1) - mc_1(t_2 - t)}{m} \quad (3)$$

alırıq, (3) ifadəsinə əsasən mayelərin xüsusi buxarlanma istiliyini hesablamaq olar.

Cihazın təsviri və istifadə qaydası



Şəkil 36.

Şəkildən göründüyü kimi (şəkil 36) qurğu, içərisində tədqiq ediləcək maye olan qab (A), kalorimetr (B), termometr (T), qarışdırıcı (Q), kondensator (Z), birləşdirici rezin boru (V), quruducudan (D) ibarətdir. A qabını qızdırdıqda maye buxarlanır. Bu buxar kondensatordan keçərkən soyuyaraq istiliyi kalorimetr sisteminə verir və maye halına keçərək A qabına toplanır. Nəticədə sistem qızır. Kondensatora toplanan maye onu doldurmamış buxarı kəsmək lazımdır. Buxar kəsildikdən sonra kalorimetr sisteminin son temperaturunu qeyd edirlər. Nəhayət,

kondensatoru kalorimetrdən çıxarıb onun xəzinəsinə toplanmış maye haldakı buxar kütləsini tapırlar. Buxarın kütləsini və digər kəmiyyətləri (3) ifadəsində yazraq L –i hesablamaq mümkündür.

İşin gedişi:

1. Xüsusi buxarlanma istiliyi təyin ediləcək mayeni A qabına töküüb ağzını bağlamalı (məsələn suyu);
2. Kalorimetrin daxili qabını qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsini (m_2) tapmalı;
3. Kalorimetrə kondensatoru örtə biləcək qədər su töküüb birlikdə kütləsini tapdıqdan sonra suyun kütləsini (m_1) hesablamaq;
4. Qurudulmuş kondensatorun kütləsini (m_3) tapıb kalorimetrdəki suyun içərisinə salmalı;
5. Kondensatoru quruducu (D) və birləşdirici (b) vasitəsi ilə şəkildəki kimi qaba (A) birləşdirməli;
6. Kalorimetrdəki suyun içərisinə termometr salıb sistemin ilk temperaturunu (t_1) ölçməli;
7. Qızdırıcı (P) ilə qabdakı (A) suyu qızdırmalı və müəyyən qədər buxar maye hala keçdikdən sonra buxarın verilməsini dayandırmaq;
8. Qarışdırma prosesində termometrin göstərişini izləmək lazımdır. Termometrdə civə səviyyəsi dayanan kimi sistemin son temperaturunu (t) qeyd etməli;
9. Kondensatoru kalorimetrdən çıxarıb xarici səthini quruladıqdan sonra içərisindəki maye ilə birlikdə çəkərək, buxardan alınan mayenin kütləsini (m) hesablamaq;
10. Kalorimetrin daxili qabığının və kondensatorun xüsusi istilik tutumlarını cədvəldən tapmalı (c_2 və c_3);
11. Menzurka ilə termometrin kalorimetrdəki mayeyə batan hissəsinin həcmi (v) tapmalı;
12. Buxarın temperaturu qaynamaqda olan suyun temperaturuna bərabər olduğundan $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$ qəbul etməli;
13. Tapılan bütün qiymətləri (3) ifadəsinə yazıb, L -i hesablamaq;
14. Suyun xüsusi buxarlanma istiliyi üçün təcrübədən alınan qiymətini cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli, təcrübənin mütləq və nisbi xətasını hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 2.

BUZUN XÜSUSİ ƏRİMƏ İSTİLİYİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: kalorimetr, tərəzi və çəki daşları, termometr, su, buz, suçəkən kağız.

Bərk cismləri qızdırdıqda molekullarının rəqsi hərəkətləri artır. Təcrübələr göstərir ki, qızdırılan kristal bərk cismin temperaturu müəyyən qiymətdən sonra artmır. Temperaturun sabit qaldığı bu müddətdə kristal bərk cismə verilən istilik enerjisi molekullar arasındakı rabitə qüvvələrinə qarşı görülməli işə, cismin tədricən bərk haldan maye hala keçməsinə sərf olunur. Kristal bərk cismlərin normal, təzyiqdə əriməyə başladığı temperatura bu cismin *ərimə nöqtəsi* deyilir. Ərimə temperaturunda verilmiş kristal bərk cismi tamamilə maye hala gətirmək üçün ona verilən istilik miqdarına cismin *ərimə istiliyi* deyilir. Eyni şəraitdə müxtəlif cisimlərin bərabər kütlələrinin əriməsi üçün müxtəlif istilik miqdarı vermək lazım gəlir. Bərk cisimləri bu xassələrinə görə xarakterizə etmək üçün xüsusi ərimə istiliyi deyilən fiziki kəmiyyətdən istifadə olunur.

Ərimə temperaturunda olan bərk cismin vahid kütləsini həmin temperaturda tamamilə maye hala gətirmək üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə xüsusi ərimə istiliyi deyilir və λ ilə işarə olunur.

Ərimə temperaturunda olan bərk cismin kütləsi m – qram olmasa onun əriməsi üçün sərf olunan istilik miqdarı

$$Q = m \lambda \quad (4)$$

olar.

Buradan
$$\lambda = \frac{Q}{m}$$

λ -nin ölçüsü kal/q və ya kkal/kq – dır. Deməli bərk cismin xüsusi ərimə istiliyini təcrübi yolla tapmaq üçün həmin cismin kütləsini və ərimə temperaturunda onu tamamilə maye hala gətirmək üçün verilən istilik miqdarını bilmək lazımdır. Volfram, tantal, dəmir, mis, platin, və s. kimi bərk cisimləri əritmək üçün yüksək temperatur tələb olunduğundan xüsusi peçlərdən istifadə olunur. Lakin buz, natrium və s. kimi cisimlərin əriməsi üçün $0^0 - 100^0 \text{ C}$ temperatur kifayət edir. Odur ki, laboratoriya şəraitində məhz belə cisimlərin xüsusi ərimə istiliyini təyin edirlər. Buzun xüsusi ərimə istiliyini təyin etmək üçün kalorimetrdən istifadə olunur (şəkil 39). Buz kalorimetr içərisindəki suda əridilir. Bu halda buzun əridilməsinə lazım olan istilik kalorimetr sistemindən alınır. Nəticədə sistem soyuyur, buz isə əriyərək maye hala keçir və tədricən qızır, ümumi sistem orta bir temperatura malik olur. Enerjinin saxlanması qanunundan və istilik balansı düsturundan istifadə edərək bərk cismin xüsusi ərimə istiliyini tapmaq olar. Fərz edək ki, xüsusi ərimə istiliyi təyin ediləcək buzun kütləsi m , temperaturu $t_0 = 0^0 \text{ C}$ - dir. Kalorimetrin daxili qabının qarışdırıcı

ilə birlikdə kütləsi m_1 , xüsusi istilik tutumu C_1 , kalorimetrdəki suyun kütləsi m_2 , xüsusi istilik tutumu C – dir. Kalorimetmə daxil edilmiş termometrin mayeyə batan hissəsinin həcmi v , kalorimetr sisteminin ilk temperaturu t_1 olsun. Buzu kalorimetmə salaq, o əriyib qutarana kimi qarışdırısaq sistem soyuyar. Buz əriyib qutardıqdan sonra sistemin son temperaturu t_2 olsun.

a) Ərimə temperaturunda olan m qram buzun tamamilə əriməsi üçün sərf olunan istilik miqdarı

$$Q_1 = m \lambda$$

b) Buzdan alınan suyun $0^\circ C$ – dən $t_2^0 C$ -yə qədər qızması zamanı aldığı istilik miqdarı

$$Q_2 = mc (t_2 - t_0)$$

olsa buzun və ondan alınan suyun aldığı ümumi istilik miqdarı

$$Q_1 + Q_2 = m \lambda + mc (t_2 - t_0) \quad (5)$$

olar. Kalorimetr sisteminin verdiyi istilik miqdarı, kalorimetrin daxili qabının qarışdırıcı ilə birlikdə verdiyi

$$Q_3 = m_1 c_1 (t_1 - t_2),$$

kalorimetrdəki suyun verdiyi

$$Q_4 = m_2 c (t_1 - t_2) \quad \text{və}$$

termometrin kalorimetmə batan hissəsinin verdiyi

$$Q_5 = 0,46v (t_1 - t_2)$$

Istilik miqdarının cəminə bərabər olur.

$$Q_3 + Q_4 + Q_5 = (m_1 c_1 + m_2 c + 0,46v) (t_1 - t_2) \quad (6)$$

Enerjinin saxlanması qanununa görə (1) və (2) ifadələri ilə təyin olunan istilik miqdarı bərabərdir. Bu bərabərlikdən buzun xüsusi ərimə istiliyi üçün aşağıdakı ifadə alınar.

$$\lambda = \frac{(m_1 C + m_2 C + 0,46v) (t_1 - t_2) - m C (t_2 - t_0)}{m} \quad (7)$$

İşin gedişi:

1. Kalorimetrin daxili qabını qarışdırıcı ilə birlikdə tərəzidə çəkməli;
2. Kalorimetrin daxili qabına bir qədər su töküb qarışdırıcı ilə birlikdə çəkdikdən sonra suyun kütləsini tapmalı;
3. İçərisində qarışdırıcı və su olan kalorimetmə termometr salıb sistemin ilk temperaturunu (t_1) qeyd etməli;
4. Bir parça buz (təxminən 50-60q) suçəkən kağızla təmiz qurulayıb, tərəzidə çəkmədən kalorimetrdəki suya salmalı;
5. Buz əridikdən sonra sistemin son temperaturunu qeyd etməli;

6. Kalorimetr sisteminə daxil olan maddələrin xüsusi istilik tutumlarını cədvəldən götürməli;
7. Termometrin suya batan hissəsinin həcmi (V) menzurka ilə təyin etməli;
8. Kalorimetri içərisində buz ərimiş su və qarışdırıcı ilə birlikdə tərəzidə çəkməklə ərimiş buzun kütləsini hesablamalı;
9. Əldə edilən qiymətləri (7) ifadəsində yazmaqla buzun xüsusi ərimə istiliyini hesablamalı;
10. Təcrübədən tapılan qiyməti cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli. Mütləq və nisbi xətalari hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 3

BƏRK CİSİMLƏRİN UZUNUNA GENİŞLƏNMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

Ləvazimat: Lermantov cihazı, millimetr bölgülü 1,5-2 metirlik xətkəş, şkalalı ekran, termometr, buxar hasiledici, rezin borular, işıq mənbəyi, elektirik peçi, kondensasiya olunmuş buxar suyunu yığmaq üçün qab.

Qisa nəzəri məlumat:

Təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, eyni şəraitdə, eyni xətti ölçülərə malik müxtəlif bərk cisimləri eyni temperaturda qızdırdıqda (və ya soyutduqda) onların xətti ölçüləri müxtəlif dəyişir.

Müxtəlif cisimlərin istidən genişlənməsini xarakterizə etmək üçün *uzununa genişlənmə əmsalı* adlanan fiziki kəmiyyətdən istifadə olunur.

Fərz edək ki, verilmiş bərk cismin 0°C -dəki uzunluğu l_0 , t dərəcəyə qədər qızdırıldıqdan sonrakı uzunluğu isə l_1 –dir. Onda cismin t dərəcəyə uyğun mütləq uzanması $l_1 - l_0$ olar. Bu halda 1°C –yə uyğun mütləq uzanma $\frac{l_1 - l_0}{t}$ olacaqdır. Bərk cismin ilk uzunluğunun (l_0) hər vahidinə düşən uzunluga genişlənmə isə

$$\alpha = \frac{l_1 - l_0}{l_0 t} \quad (8)$$

olar. Burada α - bərk cismin uzununa genişlənmə əmsalı adlanır və aşağıdakı kimi ifadə olunur.

0°C temperaturda vahid uzunluqda verilmiş bərk cismi 1°C qızdırdıqda, onun uzunluq artımı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə, həmin cismin uzununa genişlənmə əmsalı deyilir.

t temperaturuna uyğun bərk cismin l_1 son uzunluğu

$$l_1 = l_0(1 + \alpha t) \quad (9)$$

olar.

Verilmiş bərk cismi 0°C -dən t_1 və t_2 temperaturlara qədər qızdırdıqda cismin son uzunluqları aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$\begin{aligned} l_1 &= l_0(1 + \alpha t_1) \\ l_2 &= l_0(1 + \alpha t_2) \end{aligned} \quad (10)$$

bunları tərəf- tərəfə çıxsaq

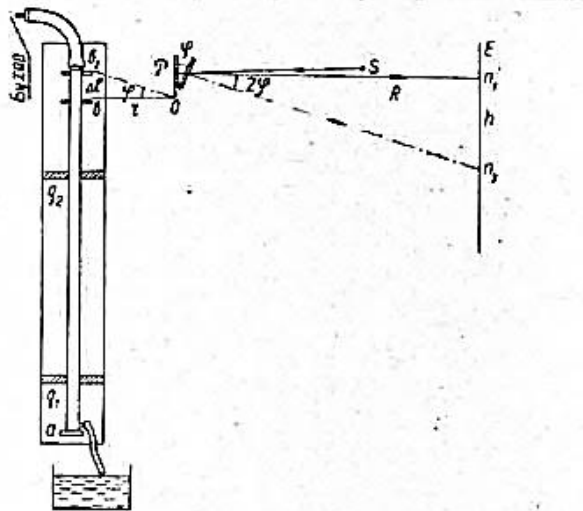
$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_0 t_2 - l_0 t_1} = \frac{\Delta l}{l_0(t_2 - t_1)} \quad (11)$$

alınar. Son ifadəyə əsasən, bərk cismin ixtiyari temperatur intervalında uzununa genişlənmə əmsalını hesablamaq olar. Təcrübələr göstərir ki, eyni bərk cisim üçün uzununa genişlənmə əmsalı (α) temperaturun çox geniş oblastında sabit kəmiyyət olmayıb temperaturdan asılı olaraq az da olsa dəyişə bilər. Ona görə də, belə hallarda müəyyən temperatur intervalları üçün α -nın orta qiymətindən istifadə olunur. (11) ifadəsində Δl -in bilavasitə ölçülməsi nisbətən çətin olduğundan onu tapmaq üçün 37-ci şəkildə verilmiş Lermantov cihazından istifadə olunur.

Cihazın təsviri və istifadə qaydası

Şəkildən göründüyü kimi 1 – 1,2 m uzunluqda olan tədqiq olunan metal borunun (bürünc, mis, dəmir və s. ola bilər) aşağı ucu taxtaya bərkidilmiş dayağa (a) söykənir. Buna görə boru, qızdırılarkən aşağıya tərəf yerdəyişə bilmir.

Metal boru, taxtaya bərkidilmiş və istiliyi çox pis keçirən (taxta və ya ebonit) keçidlərdən (q_1 və q_2) keçirilir. Metal borunun yuxarı ucuna çox yaxın yerində lövhəcik (b) bərkidilmişdir. Bu lövhəyə isə üfüqi istiqamətdə olan və O oxu ətrafında dönə bilən r radiuslu ling söykənir. Boru qızdırılarkən yuxarıya tərəf uzanır və lövhə yerini dəyişir. Bu zaman ling (r) ox ətrafında dönür. Şəkildən göründüyü kimi, ling dönərkən onunla birlikdə lingə perpendikulyar birləşən P güzgüsü də dönür. Metal



Şəkil 37.

boruda temperaturun dəyişməsindən asılı olaraq ilk uzunluğa nisbətən Δl uzunluğ artımı

qiymətcə lövhəciyin yerdəyişmə məsafəsinə və yaxud lingin b -yə söykənən ucunun yerdəyişmə məsafəsinə bərabər olar.

Başlanğıc vəziyyətdə (S) işıq mənbəyindən güzgüyə (P) düşən şüa güzgüdən qayıdarkən dərəcələnməmiş ekran xətkəşində (E) n_1 bölgüsünə düşürsə, metal boru qızandan sonra güzgünün ona uyğun φ bucağı qədər dönməsi ilə güzgüdən qayıdan şüa 2φ bucağı qədər meyl edərək, xətkəşdə n_2 bölgüsünə düşər. $\Delta t o b_1$ -dən uzunluq artımını tapmaq olar:

$$\Delta l = r t g \varphi \quad (12)$$

P güzgüsündən ekrana (E) qədər olan məsafəni R ilə işarə etsək, $\Delta n_1 P n_2$ –dən yazarıq:

$$\frac{n_1 n_2}{R} = t g 2\varphi \quad (13)$$

φ bucağı çox kiçik olduğu üçün təqribən $t g \varphi = \varphi$ və $t g 2\varphi = 2\varphi$ kimi götürmək olar. Onda (12) və (13) ifadələrini

$$\Delta l = r \varphi$$

$$n_1 n_2 = R 2\varphi$$

kimi yazmaq olar. Xətkəşdəki $n_1 n_2$ məsafəsinə h –la işarə etsək Δl üçün

$$\Delta l = r \frac{h}{2R} \quad (14)$$

alınar. Δl -in bu qiymətini (11) ifadəsində yazaraq, aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\alpha = \frac{r h}{2 R l_0 (t_2 - t_1)} \quad (15)$$

Burada R –ekranla güzgü arasındakı məsafə, r – güzgünü O oxu ətrafında döndərən lingin uzunluğu, h isə işığın ekranda yerdəyişmə məsafəsidir. Bu, kəmiyyətlərin hər birini təcrübə zamanı ölçmək mümkün olduğundan (15) ifadəsinə əsasən bərk cismin uzununa genişlənmə əmsalını hesablamaq olar. Metal borudan qaynamaqda olan suyun buxara keçdiyindən onun son temperaturu $t_2 = 100^\circ C$ götürülür. Borunun buxar temperaturuna qədər qızdığını, işıq şüasının ekranda yerdəyişməsinin dayanması ilə müəyyən etmək olur.

Bərk cisimlərin uzununa genişlənmə əmsalını xüsusi cihaz (indikator) vasitəsilə də təyin etmək mümkündür. Indikator saniyəölçəni xatırladan və dairəvi şkala üzrə hərəkət edə bilən göstəriciyə malik cihazdır. Şkalada hər bir bölgünün qiyməti $0,01 \text{ mm}$ -ə bərabərdir.

İndikator, metal borunun sərbəst ucuna birləşdirilir və başlanğıc vəziyyətə gətirilir. Bunun üçün indikatorun üst qapağını saat əqrəbi hərəkəti istiqamətində tədricən o qədər fırlatmaq lazımdır ki, şkaladakı sıfır bölgüsü cihazın əqrəbi ilə üst-üstə düşsün. Boru buxarla tədricən qızdırıldıqda indikatorun əqrəbi dairəvi şkala üzrə

hərəkət edir. Metal boru buxar temperaturuna qədər qızdıqda onun uzanması və indikator əqrəbinin şkala üzrə hərəkəti dayanır. İndikatorun göstərişini 0,01 -ə vurmaqla, metal borunun millimetrlərlə mütləq uzanmasını (Δl) tapmaq olur. Alınan qiymətləri (11) ifadəsində yazmaqla cismin uzununa genişlənmə əmsalını hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Qurğunu yoxladıqdan sonra borunun ilk uzunluğunu (l_0) ölçməli.
2. Mikrometr və ya ştangenpərkarla lingin qolunun uzunluğunu (r) dəqiq ölçməli.
3. İşıq mənbəyindən güzgü üzərinə şüa salaraq əks olunan şüanın ekrandakı vəziyyətini (n_1) qeyd etməli. Bu halda güzgüdən qayıdan şüanın normala yaxın olmasına çalışmaq lazımdır.
4. Güzgüdən ekrana qədər olan məsafəni (R) ölçməli.
5. Borunun ilk temperaturunu (t_1) otaq temperaturuna bərabər götürmək olar.
6. İçərisində adi su olan qabı elektrik peçində qızdırmaqla buxarı rezin boru vasitəsi ilə metal borunun yuxarı ucuna verməli.
7. Kondensasiya nəticəsində boruda alınan mayenin toplanması üçün metal borunun aşağı ucundakı çıxış yoluna müvafiq qab qoymalı.
8. Borudan buxar keçdikcə o uzanır və buna uyğun olaraq ekranda şüa yerini dəyişir. Şüanın yer dəyişməsi dayanana qədər qızdırmanı davam etdirmək lazımdır.
9. Ekranda şüanın yer dəyişməsi dayanandan 5 – 6 dəqiqə sonra onun ekrandakı son vəziyyətini (n_2) qeyd etməli və $h = n_1 n_2$ məsafəsini ölçməli.
10. Təcrübədən tapılan qiymətləri (15) düsturunda yazmaqla metal borunun uzununa genişlənmə əmsalını hesablamalı.
11. Təcrübəni metal borunun soyumasına görə də təkrar etmək olar.
12. Təcrübədən alınan qiymətləri cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 4

MAYELƏRİN HƏCMİ GENİŞLƏNMƏ ƏMSALININ DÜLONQ-PTİ ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: şaquli istiqamətdə millimetrlik bölgüləri olan ştativ, böyük diametrli iki silindirik şüşə boru, U şəkilli kiçik diametrli şüşə boru, buxar almaq üçün qab, qızdırıcı peç, termometr, xətkəş.

Qisa nəzəri məlumat

Tempuraturdan asılı olaraq müxtəlif mayelər öz həcmələrini müxtəlif dərəcədə genişləndirir. Bərabər həcmə malik iki müxtəlif mayeni eyni şəraitdə qızdırdıqda həcmi genişlənmələri müxtəlif olur. Mayelərin genişlənməsini xarakterizə etmək üçün *həcmi genişlənmə* və ya *termik genişlənmə əmsalı* deyilən fiziki kəmiyyətdən istifadə olunur. Fərz edək ki, mayenin 0°C -dəki həcmi V_0 , $t_1^{\circ}\text{C}$ -yə qədər qızdırdıqda malik olduğu həcm V -dir. Bu halda $t_1^{\circ}\text{C}$ -yə uyğun mayenin həcm artımı $V_1 - V_0$ olar. 1°C -yə uyğun həcm artımı isə $\frac{V_1 - V_0}{t_1}$ olar. Onda mayenin ilk həcmnin (V_0) hər vahidinə düşən həcm artımını aşağıdakı kimi hesabalamq olar.

$$\beta = \frac{V_1 - V_0}{V_0 t_1} \quad (16)$$

Burada β -mayenin həcmi genişlənmə əmsalı olub, ölçü vahidi $\frac{1}{\text{dər}}$ -dir. Həcmi genişlənmə əmsalına aşağıdakı tərfi vermək olar:

Vahid həcmə malik mayenin 0°C -dən 1°C -yə qədər qızdırdıqda həcm artımı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə mayenin həcmi genişlənmə əmsalı deyilir.

(16) ifadəsindən mayenin t_1 temperaturuna uyğun həcmi aşağıdakı kimi hesablanır.

$$V_1 = V_0(1 + \beta t_1) \quad (17)$$

Mayelərin həcmi genişlənmə əmsalını bilavasitə təcrübü yolla tapmaq üçün müvafiq düstur çıxaraq: fərz edək ki, maye 0°C -dən əvvəlcə t_1 , sonra isə t_2 dərəcəyə qədər qızdırılmışdır. Bu hallara uyğun mayenin son həcmələri aşağıdakı kimi hesablanır.

$$V_1 = V_0(1 + \beta t_1) \quad (18)$$

$$V_2 = V_0(1 + \beta t_2)$$

Bu asılılıqlardan
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{(1 + \beta t_2)}{(1 + \beta t_1)} \quad (19)$$

Birləşmiş qablar qanunundan məlumdur ki, bir-biri ilə qarışmayan iki müxtəlif növ maye sütununun hündürlükləri nisbəti onların sıxlıqları nisbəti ilə tərs münasib olur:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (20)$$

Burada h_1 və h_2 maye səviyyələrinin hündürlüyü, ρ_1 və ρ_2 isə onların sıxlığıdır.

Birləşmiş qabın qollarına temperaturları müxtəlif olan eyni maye tökdükdə də bu hal özünü doğruldur. Belə ki, temperaturu yüksək olan qolda maye həcmi böyük, sıxlıq az, digər qolda isə maye həcmi kiçik, sıxlığı isə çox olur. Bu hal üçün yazmaq olar:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{P_2}{P_1}, \quad (21)$$

yəni birləşmiş qabda iki müxtəlif temperaturda olan eyni mayenin qollardakı həcmələri nisbəti, onların sıxlıqları nisbəti ilə tərs mütənasibdir. (20) və (21) ifadələrindən alırıq:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{h_2}{h_1} \quad (22)$$

(22) ifadəsini (19) ilə müqayisə etsək, aşağıdakı bərabərliyi yazmaq olar.

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{(1+\beta t_2)}{(1+\beta t_1)}$$

Bu ifadədən β - nı təyin etsək alırıq:

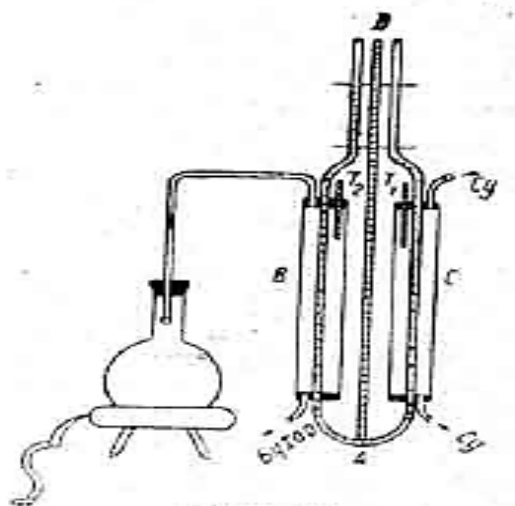
$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t_2 - h_2 t_1} \quad (23)$$

Bu ifadədən göründüyü kimi, birləşmiş qabın qollarındakı maye hündürlüklərini və temperaturlarını ölçməklə mayələrin həcmi genişlənmə əmsallarını hesablamaq olar.

Cihazın təsviri və istifadə qaydası

38-ci şəkildən görüldüyü kimi, cihaz, birləşmiş qabdan (A), onun hər qoluna geydirilmiş iki böyük diametirli izoləedici silindirik şüşə köynəklərdən (B və C) ibarətdir.

Silindirik köynəklərin yuxarı və aşağı ucları rezin tıxaclarla bağlanmışdır. Bu tıxaclarda termometr və eyni zamanda buxar və suyun hərəkəti üçün xüsusi dəşiklər qoyulmuşdur. Silindirik köynəklərin birində sabit temperaturda malik su, digərində isə temperaturu 100°C olan buxar dövr edir. Birləşmiş qabın qolları arasında ştativə şaquli vəziyyətdə bərkidilmiş şkala (D) vardır.



Şəkil 38.

Bununla qollardakı maye səviyyələri (h hündürlükləri) ölçülür. Kənardakı qabda alınan buxar rezin boru ilə köynəklərdən birinə (B –yə) verilir və mayeni 100°C -yə kimi qızdırır. Soyuq və isti qoldakı maye səviyyələrindəki fərq sabitləşdikdə, hündürlükləri və hər iki qoldakı temperaturları (T_1, T_2 termometrlərinin göstərislərini) qeyd edərək (23) düsturuna əsasən tədqiq olunan mayenin həcmi genişlənmə əmsalını hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Tədqiqat olunacaq mayeni birləşmiş qaba tökərək, qollardakı səviyyələri müəyyən etməli.
2. Soyuq qoldan sabit temperaturlu suyu dövr etdirməklə həmin qolun temperaturu t_1 ölçməli.
3. Qızdırılacaq qola rezin boru ilə buxar buraxmalı. Bu buxarın çıxacağı yerə kondensasiya etmiş mayenin yığılması üçün qab qoymalı.
4. Buxar keçdikcə həmin qolda maye səviyyəsi yüksələcəkdir. Maye səviyyəsinin qalxması dayandıqda qollardakı maye səviyyələri fərqlərini qeyd etməli.
5. Qollardakı mayenin temperaturlarını qeyd etməli.
6. Təcrübədən tapılan qiymətləri (23) ifadəsinə yazmaqla, mayenin həcmi genişlənmə əmsalını hesablamaq.
7. Təcrübi qiymətlə cədvəl qiymətini müqayisə etməli.
8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 5.

MAYELƏRİN VƏ BƏRK CİSİMLƏRİN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMLARININ KALORİMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Qısa nəzəri məlumat:

Kütlələri eyni olan müxtəlif cisimləri, eyni şəraitdə bir dərəcə qızdırmaq üçün onlara müxtəlif istilik miqdarı vermək lazım gəlir. Cisimlərin belə xassələrini xarakterizə etmək üçün istilik tutumu anlayışından istifadə olunur.

Verilmiş cismin temperaturunu bir dərəcə artırmaq üçün verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə həmin cismin istilik tutumu deyilir.

İki cür istilik tutumundan istifadə olunur.

1. **Xüsusi istilik tutumu** – hər hansı maddənin vahid kütləsini bir dərəcə qızdırmaq üçün verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir. Xüsusi istilik tutumunun ölçü vahidi $kal/q \cdot dər$ və ya $kcal/kq \cdot dər$ olar.

2. **Molyar istilik tutumu** - hər hansı maddənin bir qram molekulunu bir dərəcə qızdırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir. Molyar istilik tutumunun ölçü vahidi $kal/mol \cdot dər$ və ya $kcal/kmol \cdot dər$ olar.

Göründüyü kimi eyni cismin molyar istilik tutumu onun xüsusi istilik tutumundan molekul çəkisini göstərən ədəd dəfə böyükdür. Cisimləri sabit həcmdə və sabit təzyiqdə qızdırmaq olar. Bu halda onların istilik tutumları müxtəlif olur. Bunlara *sabit həcmdəki və sabit təzyiqdəki istilik tutumu deyilir*. İstər xüsusi və istərsə də molyar istilik tutumunu həm sabit həcmdə, həm də sabit təzyiqdə hesablamaq mümkündür.

Maddənin bir qramını, həcmi sabit qalmaq şərti ilə bir dərəcə qızdırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə həmin maddənin **sabit həcmdə xüsusi istilik tutumu** deyilir və C_v ilə işarə olunur.

Eyni proses sabit təzyiqdə aparıldıqda isə verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə həmin maddənin **sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu** deyilir və C_p ilə işarə olunur. Bu tərifləri analogi olaraq molyar istilik tutumları üçün də vermək olar. Təcrübələr və nəzəri hesablamalar göstərir ki, eyni maddənin sabit təzyiqdəki xüsusi istilik tutumu həmin maddənin sabit həcmdəki xüsusi istilik tutumundan qiymətcə böyük olur; çünki cisim sabit həcmdə bir dərəcə qızdırıldıqda ona verilən istilik miqdarı yalnız onun daxili enerjisinin artmasına, sabit təzyiqdə bir dərəcə qızdırıldıqda isə həm daxili enerjisinin eyni qədər artmasına, həm də genişlənməsi üçün xarici qüvvələrə qarşı görülən işə sərf olunur. Xüsusi istilik tutumlarını təyin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. İndi biz mayelərin və bərk cisimlərin xüsusi istilik tutumlarını kalorimetr vasitəsi ilə təyin etməyi öyrənək.

Çalışma 1. Mayelərin xüsusi istilik tutumunun təyini:

Ləvazimat: Xüsusi istilik tutumu təyin ediləcək maye, kalorimetr, qarışdırıcı, qızdırıcı, su hamamı, xüsusi istilik tutumu məlum olan bərk cisim, cıvəli termometr, tərəzi və çəki daşları, qızmış bərk cismi tutmaq üçün maşa, muzurka.

Üsulun təsviri: Eyni metaldan hazırlanmış, kalorimetrin daxili qabı ilə qarışdırıcının kütləsi m_1 , xüsusi istilik tutumu C_1 olsun. Xüsusi istilik tutumu C_x olan mayedən m qram çəkib kalorimetmə töksək, bir neçə dəqiqədən sonra onların temperaturları bərabərləşəcəkdir. Bu temperaturu t_1 ilə işarə edək (temperaturu ölçərkən termometr təcrübə qurtarana kimi kalorimetrdən çıxarılmamalıdır). Sonra xüsusi istilik tutumu (C_2) məlum olan m_2 kütləli bərk cismi buxar hamamında t_2

temperaturuna qədər qızdıraraq, gecikdirmədən maşa ilə kalorimetrdəki maye içərisinə salmalı. Bu halda qızdırılmış cisim kalorimetr sisteminə müəyyən qədər istilik miqdarı verərək soyuyur. Kalorimetr sistemi isə həmin istilik miqdarını alaraq qızır. Bu proses temperaturlar bərabərləşənə qədər davam edir. Kalorimetr sisteminin son temperaturunu θ ilə işarə edək. Şualanma və başqa yol ilə verilən az miqdarda istilik itgisini nəzərə almasaq, enerjinin saxlanması qanununa görə soyuyan bərk cismin verdiyi istilik miqdarı

$$Q_1 = m_2 c_2 (t_2 - \theta)$$

Kalorimet sisteminin (qab, maye, və termometr) aldığı istilik miqdarına

$$Q_2 = (m_1 c_1 + m c_x + \omega) (\theta - t_1)$$

bərabər olmalıdır

$$m_2 c_2 (t_2 - \theta) = (m_1 c_1 + m c_x + \omega) (\theta - t_1) \quad (24)$$

Burada ω - termometrin su ekvivalentidir. *Cismi $1^\circ C$ qızdırmaq üçün ona verilən istilik miqdarına həmin cismin su ekvivalenti deyilir.*

Deməli, cismin kütləsinin onun xüsusi istilik tutumuna vurma hasili, həmin cismin su ekvivalentini verir. Cıvəli termometrin su ekvivalentini hesablayaq.

Təcrübələr göstərir ki, 1 sm^3 şüşə ilə 1 sm^3 cıvənin su ekvivalentləri bir – birinə çox yaxındır. Belə ki, şüşənin xüsusi istilik tutumunun $C_s = 0,19 \text{ kal/q} \cdot \text{dər}$, cıvənin isə $C_c = 0,033 \text{ kal/q} \cdot \text{dər}$ olduğunu nəzərə alaraq, hər birinin 1 sm^3 üçün su ekvivalentini hesablasaq.

$0,19 \cdot 2,5 = 0,47 \text{ kal/dər} \cdot \text{sm}^3$ və $0,033 \cdot 13,6 = 0,46 \text{ kal/dər} \cdot \text{sm}^3$ alırıq.

Buradan göründüyü kimi şüşə və cıvənin vahid həcmnin su ekvivalenti bir – birinə çox yaxındır. Su ekvivalentinin orta qiyməti olaraq $0,46 \text{ kal/dər} \cdot \text{sm}^3$ qəbul olunur. Beləliklə, termometrin mayeyə batan hissəsinin həcmi (v) menzurka ilə təyin edərək $0,46 \text{ kal/dər} \cdot \text{sm}^3$ –a vurmaqla termometrin su ekvivalentini (ω) tapmaq olar.

$$\omega = 0,46 v \text{ kal/dər} \quad (25)$$

Beləliklə, xüsusi istilik tutumunu aşağıdakı düsturla hesablaya bilərik:

$$C_x = \frac{m_2 c_2 (t_2 - \theta) - (m_1 c_1 + 0,46 v)(\theta - t_1)}{m(\theta - t_1)} \quad (26)$$

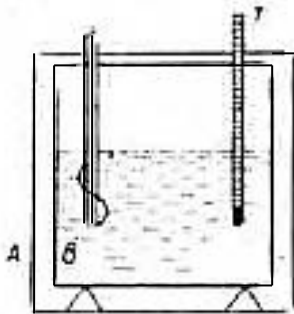
Kalorimetrik üsulla İxtiyarı mayenin xüsusi istilik tutumunu təyin etmək olar.

Cihazdan istifadə qaydası

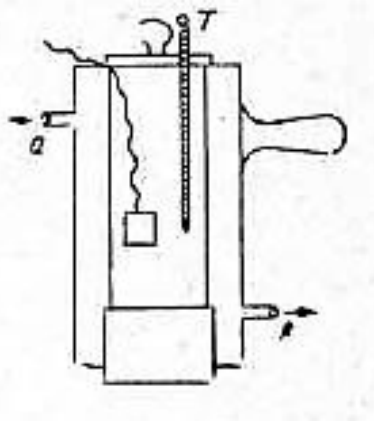
Cihaz (şəkil 39) biri digərinin içərisində yerləşdirilmiş iki silindrik qabdan (A və B) ibarətdir. Bu qabların divarları arasında hava, oturacaqları arasında isə istiliyi

pis keçirən maddədən hazırlanmış dayaq olur. (T - kalorimetrə salınmış termometr, Q - isə qarışdırıcıdır). Daha dəqiq nəticələr almaq üçün kalorimetr əvəzinə divarları arasındakı havası sorulmuş Dühr qablarından da istifadə olunur.

40 – cı şəkildə isə buxar hamamı təsvir edilmişdir. Buxar hamamı bir – birinin içərisində yerləşdirilmiş iki silindrik qabdan ibarət olub, divarları arasında su və ya su buxarı dövr edir. Buxar a yolundan daxil olub, b yolundan çıxır. Daxili qabın içərisindəki hava su buxarının temperaturunda (100°C də) olduğundan oraya salınmış bərk cisim də həmin temperatura kimi qızır.



Şəkil 39.



Şəkil 40.

Xarici mühütlə kalorimetr sistemi arasında baş verən istilik mübadiləsini azaltmaq üçün temperatur şəraitini elə seçmək lazımdır ki, kalorimetr sistemi ilə onu əhatə edən mühitin temperaturları fərqi $2 - 4^{\circ}\text{C}$ -dən çox olmasın.

Nəticələrin dəqiq olması üçün kalorimetr sisteminin ilk temperaturu xarici mühitə nisbətən $2 - 4^{\circ}\text{C}$ -dən aşağı olmalıdır. Təcrübə zamanı bərk cismin verdiyi istilik hesabına kalorimetr sisteminin temperaturu xarici mühitin temperaturundan təqribən $2 - 4^{\circ}\text{C}$ -dən artıq olar. Beləliklə, kalorimetr sistemi təcrübə aparıldığı müddətin birinci yarısında $2 - 4^{\circ}\text{C}$ temperatur fərqiə uyğun xarici mühitdən istilik alarsa təcrübənin ikinci yarısında $2 - 4^{\circ}\text{C}$ temperatur fərqiə uyğun xarici mühitə istilik miqdarı verəcəkdir. Beləliklə, təcrübə müddətində xarici mühitdən alınan istilik miqdarı, xarici mühitə verilən istilik miqdarına bərabər olar. Belə şəraitdə gedən proses adiabatik prosesə yaxın olduğundan enerjinin saxlanması qanununa əsasən yazılmış (24) ifadəsi daha qəqiq ödənilir.

İşin dedisi:

1. Kalorimetrin daxili qabını qarışdırıcı ilə birlikdə tərəzidə çəkərək onun kütləsini (m_1) tapmalı.
2. Tədqiq olunan mayedən kalorimetrin daxili qabına töküb, tərəzidə çəkməklə mayenin kütləsini (m) təyin etməli.
3. Kalorimetrdəki mayeyə termometr daxil edib, lik temperaturunu (t_1) qeyd etməli.

4. Xüsusi istilik tutumu məlum (c_2) olan bərk cismin kütləsini (m_2) təyin etməli;
5. Bərk cismi buxar hamamında (t_2) temperaturuna qədər qızdırıb, kalorimetra salmalı.
6. Temperaturlar bərabərləşənə qədər qarışdıraraq, sistemin son temperaturunu(θ) qeyd etməli;
7. Kalorimetr və qarışdırıcının xüsusi istilik tutumunu (c_1) cədvəldən qeyd etməli.
8. Termometrin mayeyə batan hissəsinin həcmi (v) menzurka ilə təyin etməli;
9. Təcrübədən alınan qiymətləri (26) ifadəsində yerinə qazaraq mayenin xüsusi istilik tutumunu hesablamalı.
10. C üçün tapılan qiyməti cədvəl qiyməti ilə miqayisə etməli.
11. Təcrübənin mütləq və nisbi xətasını hesablamalı.

Çalışma 2.

Bərk cisimlərin xüsusi istilik tutumunun təyini.

Ləvazimat: Kalorimetr və qarışdırıcı, qızdırıcı peç, buxar hamamı, xüsusi istilik tutumu məlum olan maye (su), xüsusi istilik tutumu təyin ediləcək bərk cisim, cıvəli termometr, maşa, tərəzi, çəki daşları və menzurka.

İstilik tutumu və onun fiziki mənası haqqında məlumat 1-ci çalışmada verilmişdir. İndi isə bərk cismin xüsusi istilik tutumunu kalorimetr vasitəsi ilə təyin etmək üsulunu nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, kalorimetrin qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsi m_1 , xüsusi istilik tutumu C_1 –dir. Bu kalorimetra kütləsi m_2 və xüsusi istilik tutumu C_2 olan maye töküb işərisinə termometr daxil edək. 5 -10 dəqiqədən sonra kalorimetr sisteminin ilk temperaturu t –ni təyin etmək olar. Xüsusi istilik tutumu (C_x) təyin ediləcək bərk cismin kütləsini (m) tərəzidə dəqiq tapıb, buxar hamamına salaraq, t_2 temperaturuna qədər qızdırdıqdan sonra maşa ilə kalorimetrdəki mayenin içərisinə salıb qarışdırmalı. Bu zaman qızmış bərk cisim kalorimetr sisteminə müəyyən qədər istilik miqdarı verərək soyuyacaq, kalorimetr sistemi isə həmin istiliyi alaraq qızacaqdır. Sistemin son temperaturu θ olsun. Şüalanma yolu ilə verilən az miqdarda istilik itgisi nəzərə alınmazsa, enerjinin saxlanması qanununa əsasən, soyuyan bərk cisimin verdiyi istilik miqdarı

$$Q_1 = m C_x(t_2 - \theta)$$

qızan kalorimetr sisteminin aldığı istilik miqdarı

$$Q_2 = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + \omega) (\theta - t_1)$$

bərabər olmalıdır:

$$m C_x(t_2 - \theta) = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + \omega) (\theta - t_1) \quad (27)$$

Burada ω termometrin su ekvivalentidir; $\omega = 0,46 v$ - dir. v termometrin kalorimetrdəki mayeyə batan hissəsinin həcmi olub menzurka ilə təyin edilir. ω - nın qiymətini (27) ifadəsində yazaraq C_x -i tapaq.

$$C_x = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2 + 0,46v) (\theta - t_1)}{m (t_2 - \theta)} \quad (28)$$

Bu ifadə ilə ixtiyari bərk cismin xüsusi istilik tutumunu hesablamaq olar. Bu işdə lazım olan qurğu 39- və 40- cı şəkildəki kimidir.

İşin gedişi:

1. Kalorimetrin daxili qabının (qarışdırıcı ilə birlikdə) kütləsini (m_1) təyin etməli;
2. Kalorimetrə həcmnin dördüdə üç hissəsinə qədər su töküüb, onun kütləsini (m_2) təyin etməli;
3. Kalorimetr sisteminin ilk temperaturunu (t_1) təyin etməli (termometri təcrübə qurtarana kimi kalorimetrdən çıxarmamalı);
4. Xüsusi istilik tutumu təyin ediləcək bərk cismi tərəzidə çəkməklə onun kütləsini (m) tapmalı;
5. Bərk cismi buxar hamamında t_2 temperaturuna qədər (t_2 qaynamaqda olan su buxarının temperaturu olub 100^0 C qəbul olunur) qızdırdıqdan sonra maşa ilə götürüb kalorimetrdəki suya salmalı;
6. Qarışdırıcı ilə qarışdırılıb, kalorimetr sisteminin son temperaturunu θ qeyd etməli;
7. Kalorimetr və qarışdırıcının xüsusi istilik tutumunu (C_1) və mayenin xüsusi istilik tutumunu (C) cədvəldən götürməli;
8. Termometrın mayeyə batan hissəsinin həsmini (v) menzurka ilə təyin etməli;
9. Təcrübədən əldə edilən qiymətləri (28) ifadəsində yazaraq bərk cismin xüsusi istilik tutumunu hesablamaq;
10. Təcrübədən C üçün alınan qiyməti cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli;
11. Mütləq və nisbi xətalara faizlə hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 6

MAYELƏRİN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMUNUN ELEKTİRİK KALORİMETRİ VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: içərisində qızdırıcı spiralı olan kalorimetr, termometr, ampermetr, voltmetr, saniyəölçən, tədqiq olunan maye, birləşdirici naqillər, açar, qarışdırıcı.

Qısa nəzəri məlumat:

İstilik tutumu haqqında nəzəri məlumat 5 № -li işdə verilmişdir. Məlumdur ki, hər hansı cisim qızarkən onun aldığı (və yaxud soyuyarkən verdiyi) istilik miqdarı (Q) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Q = mc(t_2 - t_1) \quad (29)$$

Burada m – cismin kütləsi, t_1 – ilk temperaturu, t_2 – son temperaturu, C – xüsusi istilik tutumudur. (29) ifadəsindən C -ni tapaq:

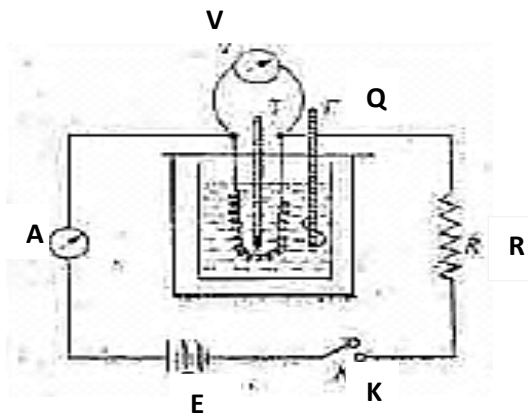
$$C = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad (30)$$

Kütləsi bir qram olan saf suyu $19,5^\circ \text{C}$ -dən $20,5^\circ \text{C}$ -yə qədər qızdırmaq üçün, ona verilən istilik miqdarı vahid qəbul olunur və buna kalori deyilir.

Bu kaloriyə bəzən kiçik kalori və yaxud qramkalori də deyirlər. İstilik miqdarı kalori, kütlə qram, temperatur isə Selsi dərəcələri ilə ölçülərsə, xüsusi istilik tutumunun ölçü vahidi *kal/q·dər* olar. *Kütləsi 1 kq olan təmiz suyu $19,5^\circ \text{C}$ -dən $20,5^\circ \text{C}$ -yə qədər qızdırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı böyük kalori və ya kilokalori deyilir.* Bu vahidlərlə xüsusi istilik tutumunun ölçüsü *kcal/kq·dər* olar.

Cihazın təsviri və istifadə qaydası

Qurğu, qızdırıcı spiralı olan kalorimetrdən və onun elektrik dövrəsindən ibarətdir. (şəkil 41). Kalorimetrin daxili qabına onun $\frac{3}{4}$ hissəsi qədər tədqiq olunan maye töküb, içərisinə termometr və qarışdırıcı daxil edirlər. Elektrik dövrəsində cərəyan şiddətini tənzim etmək üçün reostat (R), cərəyan şiddətini ölçmək üçün ampermetr (A), spiralın uclarındakı potensiallar fərqi ölçmək üçün voltmetr (V) və açar (K) vardır. 41-ci şəkildə olduğu kimi dövrə təşkil edərək açarı qapadıqda spiraldan Coyl-Lens qanununa görə hesablanan Q_1 istiliyi ayrılır. Bu istilik kalorimetr sisteminə verilir. Enerjinin saxlanması qanunundan istifadə edərək, kalorimetrdəki mayenin xüsusi istilik tutumunu hesablamaq olar.



Şəkil 41.

Fərz edək ki, kalorimetrin daxili qabının qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsi m_1 , xüsusi istilik tutumu C_1 , kalorimetrdəki tədqiq olunan mayenin kütləsi m_2 , xüsusi istilik tutumu isə C_x , termometr su ekvivalenti ω və sistemin ilk temperaturu t_1 –dir.

Dövrədən cərəyanın keçmə müddətini τ ilə işarə edək. Təcrübə müddətində cərəyan şiddətinin sabit qalmasına fikir vermək lazımdır. Ampermetr və voltmetrin

göstərişlərini qeyd etməklə τ – müddətində spiraldan ayrılan istilik miqdarını Coyl–Lens qanuna görə aşağıdakı düsturla hesblamaq olar:

$$Q_1 = 0,24IV\tau \quad (31)$$

Dövrədə cərəyanı kəsdikdən sonra sistemin son temperaturunu (t_2) ölçməli. Kalorimetr sisteminin (kalorimetrin daxili qabı qarışdırıcı ilə birlikdə, tədqiq olunan maye və termometrin mayeyə batan hissəsinin) aldığı istilik ayrı-ayrı hesablanarsa:

$$\begin{aligned} Q_2 &= m_1 c_1 (t_2 - t_1) \\ Q_3 &= m_2 c_x (t_2 - t_1) \\ Q_4 &= \omega (t_2 - t_1) \end{aligned} \quad (32)$$

Enerjinin saxlanması qanuna görə

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4$$

yaxud

$$0,24IV\tau = (m_1 c_1 + m_2 c_x + \omega)(t_2 - t_1) \quad (33)$$

(33) ifadəsindən alırıq:

$$C_x = \frac{0,24IV\tau - (m_1 c_1 + 0,46v)(t_2 - t_1)}{m_2 (t_2 - t_1)} \quad (34)$$

İşin gedişi

1. Kalorimetrin daxili qabını qarışdırıcı ilə birlikdə çəkərək, kütləsinin (m_1) tapmalı.
2. Həmin qaba onun $\frac{3}{4}$ hissəsinə qədər maye töküb, kütləsinin (m_2) tapmalı.
3. Daxili qabı köynəyinə qoyduqdan sonra spiralı və termometri mayeyə daxil etməli.
4. Spiralı sxemdəki kimi elektrik dövrəsinə daxil etməli.
5. Kalorimetr sisteminin ilk temperaturunu (t_1) qeyd etməli.
6. Elektrik dövrəsinin qapayaraq saniyə ölçəni işə salmaqla cərəyanın keçmə müddətini təyin etməli.
7. Mayeni tez – tez qarışdırmalı. Temperatur 2- 4⁰ C artıqda cərəyanı kəsib saniyə ölçəni dayandırılmalı və sistemin son temperaturunun (t_2) qeyd etməli.
8. Ampermetr və voltmetrin göstərişlərini uyğun olaraq amper və voltlarla ifadə etməli.
9. Cərəyanın keçmə müddətini (τ) saniyələrlə ifadə etməli. Kalorimetrin xüsusi istilik tutumunu (c_1) cədvəldən qeyd etməli.
10. Təcrübədə alınan bütün qiymətləri (34) ifadəsində yerinə yazmaqla mayenin xüsusi istilik tutumunu hesablamaq.
11. Təcrübi qiymətlə cədvəl qiymətini müqayisə etməli. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalalarını faizlə hesablamaq.

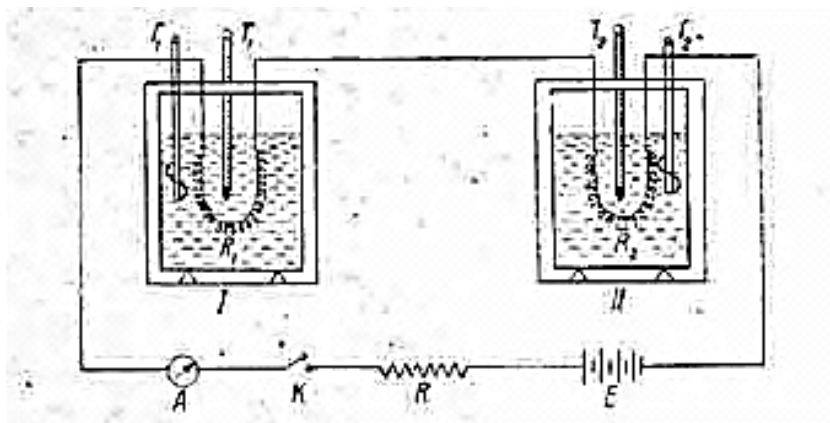
LABORATORIYA İŞİ №7

MAYELƏRİN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMUNUN PFAUNDLER ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: içərisində eyni qızdırıcı spiralı olan iki eyni kalorimetr, dəqiqliyi $0,01^{\circ}\text{C}$ və ya $0,1^{\circ}\text{C}$ olan iki termometr, şüşədən hazırlanmış iki eyni qarışdırıcı, reostat, ampermetr, açar, cərəyan mənbəyi, etalon və istilik tutumu təyin ediləcək mayelər.

Qurğunun təsviri və qısa nəzəri məlumat

İstilik tutumu haqqında əvvəlki işlərdə ətraflı məlumat vermişdir. Burada isə xüsusi istilik tutumunu təyin etmək üçün istifadə olunan üsullardan biri ilə tanış olacağıq. Nisbi üsulla mayelərin xüsusi istilik tutumunun təyini Pfaundler tərəfindən irəli sürülmüşdür. Pfaundler qurğusunun ümumi görünüşü 42-ci şəkildə verilmişdir. Qurğuda T_1 və T_2 dəqiq termometr (və ya dərəcələnməmiş termocüt) Q_1 və Q_2 şüşə qarışdırıcı, böyük R_1 və R_2 eyni müqavimətli qızdırıcı spiral, C_1 – etalon, C_x isə tədqiq olunan mayenin xüsusi istilik, tutumları, A – ampermetr, R – cərəyanı tənzim edən reostat



Şəkil 42.

E -sabit cərəyan mənbəyi, K -açar. Hər iki kalorimetrdə daxili qablar, qarışdırıcı və qızdırıcı naqillər bir-birinin eynidir. Hər iki kalorimetrdə temperaturu dəqiq ölçmək üçün $10^{-9} \frac{\text{a}}{\text{bölgü}}$ olan güzgülü qalvanometrə ardıcıl birləşdirilmiş mis-konstantan termocütündən istifadə edilir.

Həmin termocüt həssas qalvanometrə görə əvvəlcədən dərəcələnməmişdir və temperatur fərqi 1°C olduqda qalvanometrin işıq ləkəsi xətkəş üzrə 160 mm hərəkət edir. Müşahidə lupa ilə aparıldıqda millimetrlik bölgülərin yarısı çox aydın göründüyü üçün temperaturu $0,003^{\circ}\text{C}$ dəqiqliklə ölçmək mümkün olur.

Termocütdən istifadə etmək mümkün olmadıqda, dəqiqliyi $0,01^{\circ}\text{C}$ olan Bekman və yaxud $0,1^{\circ}\text{C}$ bölgülü civəli termometrdən istifadə etmək olar. Cərəyan keçən naqillərdən (R_1 və R_2) ayrılan istilik miqdarı, hər iki kalorimetr sistemində maye, daxili qab, qarışdırıcı və termometrlərin batan hissələri tərəfindən alınır. Az miqdarda istilik itkisi nəzərə alınmazsa, enerjinin saxlanması qanununa görə yazırıq:

$$\begin{aligned} Q_1 &= kI^2 R \tau = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \omega_1) \Delta t_1 \\ Q_2 &= kI^2 R \tau = (m_1 c_2 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \omega_2) \Delta t_2 \\ Q_1 &= Q_2 \text{ olduğundan} \\ C_x &= \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2 + 0,46 v_1) \Delta t_1 - (m_2 c_2 + m_2 c_2 + 0,46 v_2) \Delta t_2}{m_1 \Delta t_2} \quad (35) \end{aligned}$$

alırıq. Burada m_1 -kalorimetrlərdəki etalon və tədqiq olunan mayələrin ayrılıqda hər birinin kütləsi, m_2 - kalorimetrlərin daxili qablarının kütləsi, m_3 -şüşə qarışdırıcılarının kütləsidir. C_1 , C_2 , C_3 - uyğun olaraq etalon mayenin, daxili qabın və qarışdırıcının xüsusi istilik tutumlarıdır. $\omega_1 = 0,46 v_1$ və $\omega_2 = 0,46 v_2$ hər iki termometrin su ekvivalenti olub, termometrlərin mayeyə batan v_1 və v_2 həcmələrinə görə hesablanır. Δt_1 və Δt_2 – uyğun olaraq etalon və tədqiq olunan mayələrdə temperatur artımları, C_x isə tədqiq olunan mayenin xüsusi istilik tutumudur.

Mötərizə içərisindəki kəmiyyətlər qabaqcadan müəyyən edilən sabitlər olduğundan onları uyğun olaraq M_1 və M_2 ilə işarə edək:

$$C_x = \frac{M_1 \Delta t_1 - M_2 \Delta t_2}{m_1 \Delta t_2}$$

Təcrübə zamanı hər iki kalorimetrdəki spirallardan cərəyan keçərkən temperatur artımları Δt_1 və Δt_2 –ni dəqiq ölçməklə C_x –i hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. 42-ci şəkildəki kimi kalorimetrlərin qızdırıcılarını dövrəyə ardıcıl birləşdirməli.
2. Kalorimetrlərin daxili qablarını dəqiq çəkib, kütlələrinin m_2 bərabərliyini yoxlamalı.
3. Qablara eyni kütləli m_1 etalon maye və tədqiq olunan maye tökməli.
4. Şüşə qarışdırıcıların kütləsini (m_3) təyin edib, onların bərabərliyini yoxlamalı.
5. Sonra hər iki qabı köynəklərinə qoyub, ilk temperaturları qeyd etməli. Yadda saxlamaq lazımdır ki, təcrübə qurtarana qədər termometr kalorimetrdən çıxarılmamalıdır.
6. Dövrəni qapayaraq cərəyan şiddətini təcrübə müddətində sabit saxlamalı.
7. Kalorimetrlərdə temperatur ilk vəziyyətə nisbətən $1-2^{\circ}\text{C}$ artdıqda dövrəni açmalı və hər iki kalorimetrdə son temperaturları qeyd etməli.

8. İlk və son temperaturlara görə temperatur artımlarını (Δt_1 və Δt_2) tapmalı.
9. Termometrlərin mayelərə batan hissələrinin həcmələrini v_1 və v_2 menzurka ilə ölçməli.
10. C_1, C_2, C_3 - xüsusi istilik tutumlarını cədvəldən qeyd etməli.
11. Əldə edilən bütün qiymətləri (35) və ya (36) ifadəsində yazmaqla, tədqiq olunan mayenin xüsusi istilik tutumunu hesablamaq.
12. Kalorimetrlərin daxili qablarının və qarışdırıcılarının kütlələri eyni olmadıqda da (35) ifadəsindən istifadə etməklə C_x -i hesablamaq olar.
13. Təcrübədən tapılan qiymətlə cədvəl qiymətini müqayisə etməli. Təcrübənin mütləq və nisbi xəталərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 8

QAZLARIN İSTİLİK TUTUMLARI NİSBƏTİNİN KLEMAN-DEZORM ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Kleman-Dezorm cihazı, mayeli manometr, barometr, həssas termometr.

Qəsa nəzəri məlumat:

Məlumdur ki, ideal qazın halını xarakterizə edən 3 əsas parametr aşağıdakı asılılıq, Mendeleyev-Klapeyron tənliyi ilə verilir.

$$PV_0 = RT \quad (37)$$

Burada P – verilmiş qazın təziqi, V_0 – onun 1 qr molekulunun həcmi, T – Kelvin şkalası ilə ölçülən temperaturu, R - isə universal qaz sabitidir.

Molekulyar fizika kursundan məlum olduğu kimi termodinamikanın I prinsipinin riyazi ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$dQ = dU + dA \quad (38)$$

yəni, xaricdən sistemə verilən istilik miqdarı, onun daxili enerjisinin artmasına və bu sistemin xarici qüvvələrə qarşı gördüyü işə sərf olunur. İstilik tutumu isə sistemin temperaturunu 1 dərəcə artırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyət olduğundan yazmaq olar.

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad (39)$$

İstilik tutumunun qiyməti sistemin hansı şəraitdə qızdırılmasından asılıdır.

Məlum olan dörd əsas termodinamik prosesdə istilik tutumunun necə dəyişdiyini nəzərdən keçirək:

1. **İzoxorik proses.** Qazın bir haldan başqa hala keçməsi sabit həcimdə gedərsə belə prosesə izoxorik proses deyilir. Bu halda $dV = 0$ olur. İstilik tutumu təyin ediləcək cismin həcmi dəyişmədikdə sistem xarici qüvvələrə qarşı iş görməz və belə proses üçün termodinamikanın I prinsipiə əsasən C_V – üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$C_V = \frac{dU}{dT} \quad (40)$$

2. **İzobarik proses.** Qazın bir haldan başqa hala keçməsi sabit təzyiqdə gedərsə belə prosesə izobarik proses deyilir. Bu halda $P = \text{const}$ olur və termodinamikanın I prinsipi aşağıdakı kimi yazılar.

$$C_P = \frac{dU}{dT} + \frac{dA}{dT}$$

və yaxud

$$C_P = \frac{dU}{dT} + P \frac{dV_0}{dT} \quad (41)$$

olar. C_P ilə C_V arasındakı asılılığı tapaq. Bunun üçün (37) ifadəsini differensiallayaq:

$$PdV_0 + V_0 dP = R dT \quad (42)$$

Proses izobarik olduğundan $P = \text{const}$, $dP = 0$ olar və yaxud

$$PdV_0 = R dT$$

yaxud

$$P \frac{dV_0}{dT} = R \quad (43)$$

alırıq. (40), (41) və (43) ifadələrindən alırıq.

$$C_P = C_V + R. \quad (44)$$

Yəni bir mol ideal qaz üçün sabit təzyiqdəki istilik tutumu, sabit həcimdəki istilik tutumundan böyük olub, bunların fərqi unuversal qaz sabitinə bərabərdir.

3. **İzotermik proses.** Sabit temperaturda qaz bir haldan başqa hala keçərsə, belə prosesə izotermik proses deyilir. Bu halda $T = \text{const}$ və $dT = 0$ olduğundan termodinamikanın I prinsipi $dU = 0$ və yaxud $dQ = dA$ şəklində yazılır. Burada istilik tutumundan danışmaq olmaz.

4. **Adiabatik proses.** Sistemdə proses gedərkən, bu sistemlə xarici mühit arasında heç bir istilik mübadiləsi olmazsa, belə prosesə adiabatik proses deyilir. Bu hal üçün $Q = \text{const}$, $dQ = 0$ və $dU + dA = 0$ olar. $dA = PdV_0$ və $dU = C_V dT$ olduğunu nəzərə alsaq yazırıq:

$$PdV_0 = -C_V dT \quad (45)$$

(42) və (45) ifadələrini tərəf-tərəfə bölək:

$$1 + \frac{V_0}{P} \frac{dP}{dV_0} = - \frac{R}{C_V}$$

Burada (44)-dən R -in qiymətini yazsaq:

$$1 + \frac{V_0}{P} \frac{dP}{dV_0} = - \frac{C_P - C_V}{C_V}$$

və yaxud

$$1 + \frac{V_0}{P} \frac{dP}{dV_0} = - \frac{C_P}{C_V} + 1$$

olar. $\frac{C_P}{C_V} = \gamma$ ilə işarə edək:

$$\frac{V_0}{P} \frac{dP}{dV_0} = - \gamma$$

yaxud

$$\frac{dP}{P} = - \gamma \frac{dV_0}{V_0}$$

γ –Puasson əmsalı adlanır. Sonuncu ifadəni integrallasaq alarıq:

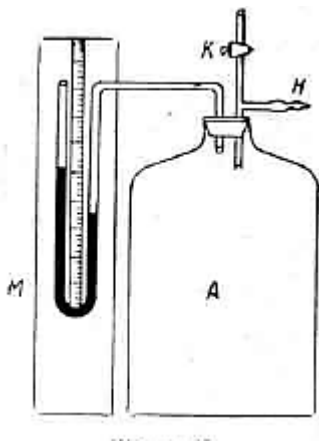
$$PV_0^\gamma = \text{const} \quad (46)$$

Bu ifadə ideal qazlar üçün adiabatik prosesin əsas tənliyi olub, Pyasson düsturu adlanır. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi $C_P > C_V$ -dir. Ona görə də $\gamma = \frac{C_P}{C_V} > 1$ olar.

Qazların sabit həcmdəki istilik tutumunu təcrübədən tapmaq çox çətin olduğu halda, sabit təzyiqdəki istilik tutumunu tapmaq asandır. Ona görə də C_P və γ -nı təcrübədən taparaq, C_V -ni hesablamaq ideyası böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu işdə $\frac{C_P}{C_V}$ nisbətinin bilavasitə təcrübədən tapılması üzərində dayanacağıq.

$\frac{C_P}{C_V}$ nisbətini tapmaq üçün Kleman- Dezorm üsulundan istifadə olunur.

Qurgunun təsviri və istifadə qaydası.



Qurgunun sxemi 43-cü şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, cihaz, icərisində hava olan və istiliyi pis keçirən 10 – 12 l həcmə malik şüşə balondan (A) ibarətdir. Bu balon Kamovski nasosu və mayeli manometrlə (M) birləşdirilir.

1. Əvvəlcə kranı (K) açaraq balondakı qazın təzyiqini atmosfer təzyiqi ilə bərabərləşdirmək lazımdır. Bu vəziyyət manometrdeki maye səviyyələrinin bərabər olması ilə müəyyən edilir. Bu halda balondakı qazın həcmi V , təzyiqi P , temperaturu T , və kütləsi m olsun.

Şəkil 43.

2. Kranı bağlayaraq nasosda balona qısa müddətdə hava doldursaq, proses adiabatik getdiyindən balondakı qazın temperaturu artaraq T_1 olar. Bu halda əvvəlcə balonda olan m kütləli qazın tutduğu həcm kiçilərək V_1 , balondakı qazın ümumi kütləsi $m + \Delta m$, təzyiqi isə $P_1 = P + h_1$ olar.

3. Balona hava doldurduqdan sonra manometrdəki maye səviyyələri fərqi əvvəlcə bir qədər azalır və nəhayət sabitləşir. Bunun səbəbi balona qaz doldurularkən onun temperaturunun artması və zaman keçdikcə otaq temperaturuna qədər azalmasıdır. Bu halda qazın həcmi (V_1) və kütləsi ($m + \Delta m$) sabit qaldığı halda temperaturu T_1 -dən T -yə qədər, təzyiqi isə P'_1 -dən P_1 -ə qədər azalır. Deməli, üçüncü halda balondakı qazın təzyiqi P_1 ($P_1 = P + h_1$) həcmi V_1 , temperaturu T və ümumi kütləsi $m + \Delta m$ olar.

4. Kranı ani olaraq açıb bağladıqda qazın təzyiqi (P) atmosfer təzyiqinə bərabər olacaqdır. Bu halda qaz adiabatik genişləndiyi üçün soyuyur və temperaturu xarici mühitin temperaturundan aşağı düşür (T_2)

5. Kranı bağladıqdan 4-5 dəqiqə sonra qazın həcmi və ilk kütləsi sabit qaldığı halda, temperaturu T_2 -dən T -yə qədər artacaqdır. Bu zaman onun təzyiqi də P -dən P_2 -yə ($P_2 = P + h_2$) qədər artır. Qaz adiabatik genişləndiyi hal üçün Puasson tənliyinə əsasən

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V^\gamma \quad (47)$$

yazmaq olar.

Balondakı sıxılmış qaz adiabatik genişləndikdən sonra ilk temperatura (T) gəldiyindən və kütləsi ilk kütləyə (m) bərabər olduğundan Boyle- Mariott qanununa əsasən yazmaq olar:

$$P_1 V_1 = P_2 V \quad (48)$$

(48) – in hər iki tərəfini γ dərəcədən qüvvətə yüksəldib, (47)-yə bölsək alarıq:

$$\frac{P_1^\gamma V_1^\gamma}{P_1 V_1^\gamma} = \frac{P_2^\gamma V^\gamma}{P V^\gamma}$$

Buradan

$$\frac{P_1^\gamma}{P_1} = \frac{P_2^\gamma}{P}$$

Bu ifadəni loqarimləsək

$$\gamma \ln P_1 - \ln P_1 = \gamma \ln P_2 - \ln P$$

alarıq. Buradan

$$\gamma = \frac{\ln P_1 - \ln P}{\ln P_1 - \ln P_2} \quad (49)$$

Bu ifadədə P atmosfer təzyiqidir.

$$P_1 = P + h_1$$

$$P_2 = P + h_2$$

olduğunu nəzərə alsaq:

$$\gamma = \frac{\ln(P + h_1) - \ln P}{\ln(P + h_1) - \ln(P + h_2)} \quad (50)$$

Son ifadənin $\ln(P + h_1)$ və $\ln(P + h_2)$ -ni Teylor sırasına ayıraraq yalnız birinci və ikinci hədlə kifayətlənsək (sonra gələn hədlər çox kiçik olduğundan nəzərə alınmır) alarıq:

$$\ln(P + h_1) = \ln P + \frac{h_1}{P}$$

$$\ln(P + h_2) = \ln P + \frac{h_2}{P}$$

Bu qiymətləri(50) ifadəsinə yerinə yazıb sadələşdirək:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (51)$$

(51) –ə əsasən qazların Puasson əmsalı adlanan $\frac{C_P}{C_V}$ nisbətini hesablamaq olar.

İşin gedişi:

1. Qurğunu yoxladıqdan sonra kranı açaraq manometrdə maye səviyyələrinin bərabər olduğunu yoxlamalı.

2. Kranı bağlayıb, balona, manometrdə 5 – 6 sm təzyiqlər fərqi yaranana qədər nasos vasitəsi ilə hava doldurmalı. Bu halda manometrdə maye hündürlükləri fərqi sabit qalmayaraq azalır. Bu səviyyər fərqinin sabitləşməsini gözləyib, həmin fərqi (h_1) qeyd etməli.

3. Kranı ani olaraq açıb bağladıqda qaz adiabatik genişlənər və manometrdə maye səviyyələri yenidən dəyişər. Sonra isə xaricdən balona keçən istilik hesabına təzyiq yenidən artar. Maye səviyyələrindəki fərq sabitləşdikdə, manometrdəki hündürlüklər fərqi (h_2) qeyd etməli.

4. h_1 və h_2 üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (51) ifadəsində yazıb, $\frac{C_P}{C_V}$ nisbətini hesablamaq olar.

5. Təcrübəni 8-10 dəfə təkrar edərək, $\frac{C_P}{C_V}$ nisbəti üçün orta qiymət tapmalı, mütləq, nisbi və faizlə xətalrı hesablamaq olar.

LABORATORİYA İŞİ №9

QAZ TƏZYİQİNİN TERMİK ƏMSALININ TƏYİNİ

Ləvazimat: qaz termometri, qızdırıcı, içərisində su olan iri həcmli metal qab, termometr, barometr.

Qısa nəzəri məlumat:

İdeal qaz qanunlarından Şarl qanunu qazın həcmi sabit qaldıqda təzyiqi ilə temperaturu arasında asılılığının xətti qanuna tabe olduğunu göstərir. Bu qanun riyazi olaraq

$$P_t = P_0(1 + \alpha_P t) \quad (52)$$

kimi ifadə olunur. Burada P_0 - qazın 0°C -dəki, P_t isə $t^\circ\text{C}$ –dəki təzyiqidir. α_P –sabit həcmdə qaz təzyiqinin termik əmsəlidir. α_P -ni tapaq:

$$\alpha_P = \frac{P_1 - P_0}{P_0 t}$$

Bu ifadəyə əsasən α_P –yə aşağıdakı tərfi vermək olar:

Sabit həcmdə verilmiş qaz kütləsini 1°C qızdırdıqda, alınan təzyiq artımının 0°C –dəki təzyiqinə olan nisbəti ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə qaz təzyiqinin termik əmsalı deyilir.

Təcrübələr göstərir ki, qaz üçün α_P sabit bir qiymətə ($\alpha_P = \frac{1}{273} \text{dər}^{-1} = 0,00366 \frac{1}{\text{dər}}$) malikdir. Yəni sabit həcmdə verilmiş ideal qazın temperaturunu bir dərəcə artırdıqda onun təzyiqi 0°C -dəki təzyiqinin $\frac{1}{273}$ hissəsi qədər artar.

Təcrübələr nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ideal qazlar üçün Gey-Lussak qanunundakı α_V (genişlənmə əmsalı) və Şarl qanunundakı α_{P-nin} qiymətləri birbirinə bərabərdir. Bu halda $\alpha_V = \alpha_P = \frac{1}{273}$ yazmaq olar. Real qazlarda α_V -nın və α_P qazın halını xarakterizə edən kəmiyyətlərin funksiyası olaraq müxtəlif temperatur intervallarında dəyişir. 0°C -də verilmiş qaz kütləsini sabit həcmdə t_1 və t_2 temperaturlarına qədər qızdırdıqda təzyiqin dəyişməsinə (52) ifadəsinə görə aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$P_1 = P_0(1 + \alpha t_1)$$

$$P_2 = P_0(1 + \alpha t_2)$$

Bu ifadələri tərəf-tərəfə bölsək və α -ya görə həll etsək alarıq:

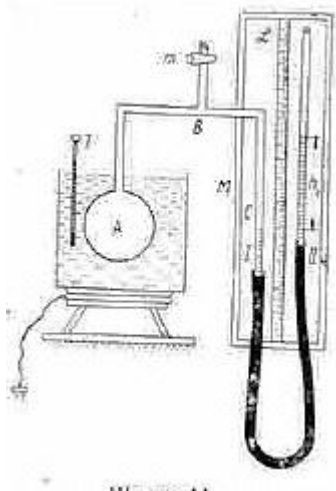
$$\alpha = \frac{P_2 - P_1}{P_1 t_2 - P_2 t_1} \quad (53)$$

(53) ifadəsinə əsasən verilmiş qazın t_1 temperaturuna uyğun P_1 təzyiqinin və t_2 temperaturuna uyğun P_2 təzyiqini təcrübədən təyin etməklə, qaz təzyiqinin termik əmsalını hesablamaq olar.

Cihazın təsviri və istifadə qaydası

Qaz təzyiqinin termik əmsalını təyin etmək üçün 44-cü şəkildə verilmiş cihazdan –qaz termometrindən istifadə olunur.

Şüşə balona (A) qaz doldurulur. Bu balon şüşə boru (B) ilə civəli manometrə (M) birləşdirilir. Manometrdeki civə səviyyələri güzgülü şkalaya (L) görə müəyyən edilir. Balondakı qazın temperaturunu dəyişdirmək üçün onu içərisində su olan iri qaba salırlar və bu qabdakı su qızdırılır. Həmin suyun temperaturunu ölçməklə balondakı qazın temperaturunu müəyyən etmək olar. Balondakı qazın həcmi sabit saxlamaq üçün rezin boru ilə birləşdirilmiş manometrin II qolunu yuxarı və aşağı hərəkət etdirmək olar. Təcrübə zamanı t_1 temperaturuna uyğun P_1 təzyiqini tapmaq üçün atmosfer təzyiqinə,



manometrin qollarındakı təzyiqlər fərqi əlavə etmək lazımdır (bunu yalnız qazın təzyiqi atmosfer təzyiqindən çox olduqda etmək olar, əks halda təzyiqlər fərqi çıxmaq lazımdır):

$$P_1 = H + h_1 \quad (54)$$

Eyni üsulla t_2 temperaturuna uyğun P_2 təzyiqini də yazmaq olar:

$$P_2 = H + h_2 \quad (55)$$

(54) və (55) ifadələrindəki H atmosfer təzyiqini və manometrin göstərdiyi təzyiqlər fərqi (h_1 və h_2 -ni) 0°C -dəki təzyiqə gətirmək lazımdır.

Şəkil 44.

. Otaq temperaturu θ olsa, civənin həcmi genişlənmə əmsalı $0,00018 \text{ dər}^{-1}$ olduğundan otaq temperaturunda onun hər vahid həcmi $1 + 0,00018 \theta$ olar. Bu düzəliş nəzərə alınarsa 0°C -dəki civə sütunu təzyiqi

$$\frac{H}{1 + 0,00018 \theta} \quad (56)$$

olmalıdır. Bunun kimi də manometrdeki h_1 , h_2 təzyiqlər fərqi 0°C -dəki təzyiqə gətirsək alarıq:

$$\frac{h_1}{1 + 0,00018 \theta} \quad (57)$$

$$\frac{h_2}{1 + 0,00018 \theta} \quad (58)$$

Burada θ_1 və θ_2 temperaturları qazın P_1 və P_2 təzyiqlərinin ölçüldüyü temperaturlara uyğun, manometrdeki civənin temperaturudur. θ_1 və θ_2 temperaturları otaq temperaturuna çox yaxın olduğundan az xəta ilə onu θ ilə əvəz etmək olar. Bu düzəlişləri nəzərə aldıqda (54) və (55) ifadələrini

$$P_1 = \frac{H+h_1}{1+0,00018 \theta} \quad (59)$$

$$P_2 = \frac{H+h_2}{1+0,00018 \theta} \quad (60)$$

kimi yazmaq olar. P_1 və P_2 təzyiqinin qiymətlərini (53) ifadəsində yerinə yazaraq, tədqiq olunan qaz təzyiqinin termik əmsalını hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Qurğunu yoxladıqdan sonra A balonunu, içərisində su olan qaba daxil etməli və 5-10 dəqiqə gölədikdən sonra ilk temperaturu (t_1) ölçməli.
2. Sonra II qolu yuxarı-aşağı hərəkət etdirməklə I qoldakı civə səviyyəsini C nişanına gətirməli.
3. I qoldakı civə səviyyəsi C nişanında olduğu halda, manometrin qollarındaki hündürlüklər fərqi (h_1) L şkalında qeyd etməli.
4. Otaqdakı barometr və termometrdən H atmosfer təzyiqini və otağın θ temperaturunu qeyd etməli.
5. H , h_1 və θ üçün əldə edilən qiymətləri (59) ifadəsinədə yazaraq, qazın təzyiqini (P_1) hesablamaq.
6. Sonra balonu (A) əhatə edən suyu qızdırmalı və temperaturu (t_2) qeyd etməli.
7. Qızdırıldıqda balondakı qazın həcmi genişləndiyindən I qoldakı civə səviyyəsi aşağı düşər. Qazın həcmi ilk vəziyyətə gətirmək üçün II qolu yuxarı hərəkət etdirmək və I qoldakı civə səviyyəsini əvvəlki C nişanına gətirmək lazımdır. Bu halda manometr qollarında yaranan hündürlüklər fərqi (h_2) qeyd etməli.
8. H , h_2 və θ — nın qiymətlərini (60) ifadəsində yazıb, qazın t_2 temperaturuna uyğun P_2 təzyiqini hesablamaq.
9. t_1 , P_1 , t_2 və P_2 qiymətlərini (53) ifadəsində yazıb, qaz üçün təzyiqin termik əmsalını hesablamaq.
10. Qazı qızdırarkən müxtəlif temperaturlar üçün hər dəfə t_2 və P_2 —ni hesablayaraq, başlanğıc haldakı t_1 və P_1 qiymətlərinə görə təcrübəni ən azı 3-4 dəfə təkrar etməli.
11. α üçün orta qiymət tapmalı.
12. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

MAYELƏRİN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

Qısa nəzəri məlumat:

Mayelərin səth təbəqəsi gərilməmiş nazik elastiki pərdəyə oxşayır. Belə elastiki pərdə öz səthini həmişə kiçiltməyə çalışdığı kimi maye də molekulyar qüvvələrin təsiri altında öz səthini həmişə kiçitməyə çalışır. *Mayenin səthinə toxunan olmaqla onun sərhəd xəttinə normal olaraq maye səthini gərən qüvvəyə **səthi gərilmə qüvvəsi** deyilir.*

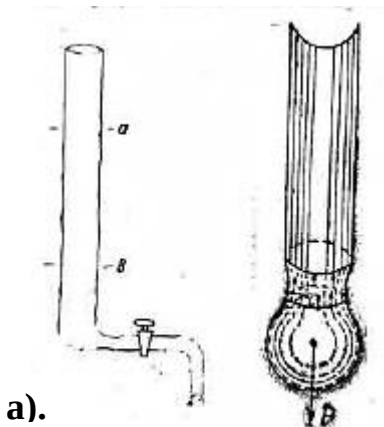
Məlumdur ki, həcmələri eyni olan həndəsi cisimlərdən ən kiçik səthə malik olan kürədir. Təcrübələr göstərir ki, maye damcılarla axarkən (damcının çəkisi onu deformasiya etdirməyəcək dərəcədə kiçik olduqda) xarici qüvvələrin təsirindən azad olduqda sferik forma alır. Məsələn, su ilə spirtin sıxlığa görə elə qarışılğını almaq olar ki, içərisinə əlif yağı saldıqda yağ damcısı qarışdıqda üzər və kürə şəklini alar. Bunun səbəbi səthi gərilmə qüvvələridir.

Fərz edək ki, mayenin səth təbəqəsini kəsən l uzunluqda xəyalı düz xətt çəkilmişdir. Səthi gərilmə qüvvəsinin təsiri ilə maye səthi bu xəttə perpendikulyar istiqamətdə hər iki tərəfə dartılaraq kiçilməyə çalışır. Aydındır ki, bu xətt uzun olduqda səthi gərilmə qüvvəsi də böyük olur. Mayenin səth təbəqəsini kəsən xətt əvəzinə səth təbəqəsini əhatə edən konturun uzunluğunu da götürmək olar. Onda bu kontura təsir edən səthi gərilmə qüvvəsi

$$f = \alpha l \quad (61)$$

Burada f səthi gərilmə qüvvəsi, l – bu qüvvənin tətbiq olunduğu konturun uzunluğu, α – səthi gərilmə əmsalıdır.

*Mayenin səth konturunun hər vahid uzunluğuna düşən səthi gərilmə qüvvəsi ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə **səthi gərilmə əmsalı** deyilir. (61) ifadəsindən göründüyü kimi SGS sistemində α -nin ölçü vahidi dn/sm olar.*



b). Şəkil 45. (a, b)

Çalışma 1.

MAYELƏRİN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ DAMCI ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Aşağısında kranı olan və həcmə görə dərəcələnməmiş silindirik şüşə boru, təmiz su və tədqiq olunacaq maye, qıf, stəkan, lupa, tərəzi və çəki daşları.

Damcı üsulu ilə mayenin səthi gərilmə əmsalını tapmaq üçün həcmə görə dərəcələnməmiş büretkadan istifadə olunur. Şaquli vəziyyətdə qoyulmuş büretkadan maye yavaş-yavaş axarkən damcılar əmələ gəlir. Hər bir damcının ağırlıq qüvvəsi həmin mayenin səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olduqda damcı borudan qoparaq düşür. Mayenin temperaturu dəyişmədiyi halda düşən damcılarının çəkiləri təqribən bir-birinə bərabər olur. Bir damcının ağırlıq qüvvəsi P olsa, bu damcının səth pərdəsinə təsir edən səthi gərilmə qüvvəsi

$$f = 2\pi r\alpha \text{ olar.}$$

Damcının qopma şərtinə görə $P = f$ olduğundan

$$P = 2\pi r\alpha \quad (62)$$

alırıq.

Burada α – mayenin səthi gərilmə əmsalı, r – damcının qırıldığı yerdə daralmış boğazının radiusudur. (şəkil 45 b.) Bu ifadəyə əsasən səthi gərilmə əmsalını həm mütləq, həm də nisbi üsulla hesablamaq olar.

Mütləq üsulla mayelərin səthi gərilmə əmsalının təyini

(62) ifadəsindən α -ni tapaq.

$$\alpha = \frac{P}{2\pi r} = \frac{mg}{2\pi r} \quad (62')$$

Göründüyü kimi, bir damcının kütləsini m və damcının qırıldığı anda nazikləşən boğazının radiusunu (r) ölçməklə səthi gərilmə əmsalını hesablamaq olar. Bir damcının kütləsini tapmaq üçün 50 – 100 damcının kütləsini çəki üsulu ilə tapıb, damcılar sayına bölmək lazımdır. Damcının qırılma anında daralmış boğazın radiusunu təyin etmək üçün okulyarı mikromitrlə təchiz edilmiş baxış borusundan istifadə olunur. Belə baxış borusu ilə radiusu 0,01 mm dəqiqliklə ölçmək olar. Laboratoriya şəraitində böyük dəqiqlik tələb olunmadıqda damcının qırılma anında boğazının radiusunu, damcı verən borunun xarici radiusu ilə əlaqələndirmək olar. Təcrübələr göstərir ki, divarının qalınlığı 1 millimetrdən qədər olan nazik şüşə boruların üçü, oxuna perpendikulyar kəsildikdə onun verdiyi damlaların qırıldığı yerdə boğazının radiusu (r) borunun xarici radiusunun (R) 62 % -nə bərabər olur. Beləliklə (62') ifadəsində $r = 0,62R$ yazaraq

$$\alpha = \frac{mg}{1,24\pi R} \quad (63)$$

Nisbi üsulla səthi gərilmə əmsalının təyini

r –in ölçülməsi müəyyən dərəcədə çətinlik törətdiyindən nisbi üsuldən istifadə etmək daha əlverişli olur. Bu üsulla etalon mayeyə nəzərən, ixtiyari mayenin səthi gərilmə əmsalını tapmaq olur. Bu məqsədlə əvvəlcə eyni həcmdə səthi gərilmə əmsalı məlum olan, sonra isə tədqiq olunan mayeni buretkadan eyni sürətlə damcılatamaq lazımdır.

Fərz edək ki, buretkadakı a və b bölgüləri arasındakı həcm V , həmin həcmdə etalon mayenin verə biləcəyi damcıların sayı n_1 və hər bir damcının kütləsi m_1 olsun. Onda V həcmindəki etalon mayenin çəkisi, düşən damcıların çəkiləri cəminə bərabər olur.

$$V d_1 g = n_1 m_1 g$$

Burada d_1 - etalon mayenin sıxlığıdır.

Bir damcının çəkisi

$$P_1 = m_1 g = \frac{V d_1 g}{n_1}$$

Bunu (62) ifadəsi ilə müqayisə etdikdə

$$2\pi r \alpha_1 = \frac{V d_1 g}{n_1}$$

yaxud

$$\alpha_1 = \frac{V d_1 g}{2\pi r n_1} \quad (64)$$

alırıq. Həmin qayda ilə eyni cihazda təcrübəni tədqiq olunan maye üçün təkrar edərək yazmaq olar.

$$\alpha_2 = \frac{V d_2 g}{2\pi r n_2} \quad (65)$$

burada n_2 – V həcmdə tədqiq olunan mayenin verdiyi damcılar sayı, d_2 isə onun sıxlığıdır. (65) – (64) -ə bölərək α_2 – ni tapaq

$$\alpha_2 = \alpha_1 \frac{n_1 d_2}{n_2 d_1} \quad (66)$$

Burada n_1 və n_2 -ni təcrübədən tapmalı d_1 , d_2 və α_1 – i isə cədvəldən götürməli.

İşin gedişi:

1. Səthi gərilmə əmsalını mütləq üsulla təyin etmək üçün əvvəlcə təmiz yuyub, qurudulmuş stəkanın kütləsini dəqiq təyin etmək;

2. Sonra şaquli vəziyyətə gətirilmiş büretkaya tədqiq olunan maye tökməli və kranı açaraq, mayeni gərarlaşmış axınla yavaş – yavaş damcıladaraq stəkənə 50 – 100 damcı yığmalı;

3. Stəkanı maye ilə birlikdə çəkib mayenin kütləsini tapmalı;
4. Maye kütləsini damcılar sayına bölərək, mayenin bir damcısının m kütləsini hesablamalı;
5. Damcının qırıldığı anda boğazının r radiusunu baxış borusu ilə 5 - 6 dəfə ölçüb orta qiyməti əldə etməli. Böyük dəqiqlik tələb olunmadıqda r radiusu əvəzinə borunun R xarici radiusunun 0,62 hissəsini götürmək olar;
6. r və m üçün tapılan qiymətləri (62') ifadəsində yazıb $\alpha - n$ hesablamalı;
7. Təcrübəni eyni maye üçün 3- 4 dəfə təkrar edib, orta qiymət tapmalı. Sonra isə mütləq və nisbi xətalara hesablamalı.
8. Səthi gərilmə əmsalını nisbi üsulla təyin edərkən büretkanı təmiz su ilə yuyub, qurutduqdan sonra ona müəyyən səviyyəyə qədər etalon maye töküüb, kranı tədricən açmaqla damcıların qərarlaşmış axınını əldə etməli. Buretkada maye a səviyyəsindən b səviyyəsinə gələnə qədər axan damcıların sayını (n_1) müəyyən etməli;
9. Buretkanı yenidən təmiz su və sonra tədqiq olunan maye ilə yuyub, tədqiq olunan maye ilə doldurmalı;
10. Yenə də maye səviyyəsi a -dan b yə gələnə qədər axan damcıların sayını (n_2) tapmalı;
11. Hər iki maye üçün sıxlıqları (d_1 və d_2) etalon maye üçün $\alpha_1 - i$ uyğun temperaturda cədvəldən götürməli;
12. Tapılan qiymətləri (66) ifadəsində yazıb $\alpha_2 - n$ hesablamalı;
13. Təcrübəni eyni maye üçün 3- 4 dəfə təkrar edib, səthi gərilmə əmsalı üçün orta qiymət tapmalı və mütləq üsulla alınan nəticə ilə müqayisə etməli;
14. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalara hesablamalı.

Calışma 2.

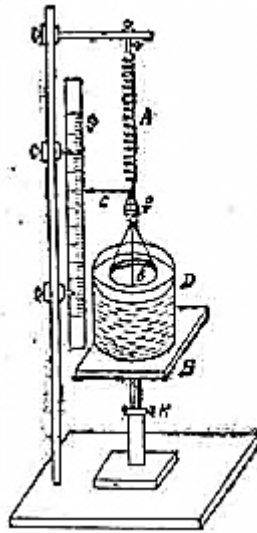
Mayelərin səthi gərilmə əmsalının halqa üsulu ilə təyini.

Ləvazimat: Üzərində millimetr bölgülü xətkəşi olan ştativ, həssas elastiki yaydan asılmış alüminium halqa, tədqiq olunan maye ilə dolu stəkan, çəki daşları və maşa, stangenpərgar, mikrometr.

Cihazın təsviri və istifadə qaydası:

Bu işə aid nəzəri məlumat 1-ci çalışmada verilmişdir.

Səthi gərilmə əmsalını təyin etmək üçün istifadə olunan üsullardan biri ilə də tanış olaq. 46- ci şəkildən göründüyü kimi cihaz həssas A yayından asılmış kiçik e tərəzi gözündən və bunun altındakı qarmaqdan asılmış nazik B alüminium halqasından ibarətdir. A halqasının altında B skamyası üzərinə qoyulmuş su ilə dolu D şüşə qabı vardır. Skamya K vinti ilə şaquli istiqamətdə yuxarı və aşağı hərəkət etdirilə bilər. Yayın uzanıb qısalması zamanı yayın aşağı ucuna bərkidilmiş C göstəricisi, kənardan



Şəkil 46.

ştativə bərkidilmiş S şkalası üzrə hərəkət edir. Təcrübə zamanı skamyanı və onunla birgə içərisində tədqiq olunan maye olan stəkanı yuxarı qaldırmaqla B halqası mayeyə batırılır. Bu zaman halqa şüşə qabın divarlarına toxunmamalı və halqa səthində hava qabarcıqları qalmamalıdır. Sonra B skamyasını yavaş – yavaş aşağı endirdikdə D qabındakı mayenin səthi ilə birlikdə halqa da tədricən aşağı enir və özü ilə birlikdə yayı da dartar. Yayın uzanması şkaladakı göstərici ilə müəyyən edilir. Skamyanı tədricən endirərkən müəyyən anda halqa maye səthindən qopur və sonra rəqs edərək ilk vəziyyətinə qaydır. Halqanın maye səthindən qopduğu ana uyğun göstəricinin şkaladakı vəziyyəti müəyyən edilir. Skamyanı tədricən endirərkən müəyyən anda halqa maye səthindən qopur və sonra rəqs edərək ilkin vəziyyətinə qaydır. Halqanın maye səthindən qopduğu ana uyğun göstəricinin şkaladakı vəziyyəti qeyd edilir.

Ümumi fizika kursundan məlumdur ki, halqa maye səthindən qopan anda yayı gərən səthi gərilmə qüvvəsi ilə onu başlanğıc vəziyyətinə qaytaran elastiki qüvvə bərabər olmalıdır. Qaytarıcı qüvvə mayenin səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olduğu anda halqa maye səthindən qopur. Halqanı qurudub, tərəzi gözüne çəki daşları qoymaqla yayı, yenidən halqanın, mayedən qopduğu andakı vəziyyətə gətirmək lazımdır. Bu halda çəki daşları, halqanı mayedən qoparan qüvvəni və yaxud mayenin səthi gərilmə qüvvəsini göstərir. Çəki daşlarının çəkisi P olarsa

$$P = mg \quad (67)$$

Burada m - çəki daşlarının kütləsidir. Digər tərəfdən səthi gərilmə qüvvəsi

$$f = \alpha l$$

düsturu ilə müəyyən olunur. Burada l – maye ilə halqanın toxunduğu konturun uzunluğudur. Halqa maye ilə həm xaricdən, həm də daxildən toxunduğu üçün l , halqanın xarici çevrəsi (l_1), ilə daxili çevrəsinin (l_2) uzunluqları cəminə bərabər olar.

$$l = l_1 + l_2$$

Halqanın xarici diametri D , daxili diametri D_1 və halqanın qalınlığı d olarsa, l_1 və l_2 -ni aşağıdakı kimi hesablamaq olar.

$$l_1 = \pi D,$$

$$l_2 = \pi D_1 = \pi(D - 2d),$$

$l = l_1 + l_2$ olduğundan

$$l = \pi D + \pi D_1 = \pi D + \pi(D - 2d) = 2\pi(D - d) \quad (68)$$

alırıq. l – in bu qiymətini (61) ifadəsində yazaraq:

$$f = 2\pi\alpha (D - d) \quad (69)$$

(57) və (69) ifadəsinin bərabərliyindən alırıq.

$$mg = 2\pi\alpha (D - d)$$

Buradan

$$\alpha = \frac{mg}{2\pi(D-d)} \quad (70)$$

alınır. Beləliklə (10) düsturuna əsasən mayelərin səthi gərilmə əmsalını hesablamaq olar.

İşin gedişi:

1. Cihazı işə hazır vəziyyətə gətirdikdən sonra içərisində tədqiq ediləcək maye olan D qabını B skamyası ilə birgə yuxarı qaldıraraq, halqanı mayeyə toxundurmalı;
2. Skamyanı tədricən endirməklə halqanın mayedən qopma anında şkalada göstəricinin vəziyyətini qeyd etməli;
3. Halqanı quruladıqdan sonra, tərəzi gözüne çəki daşları qoyaraq, yayın uzanmış vəziyyətini əldə etməklə, çəki daşlarının kütləsini qeyd etməli;
4. Halqanın xarici diametri (D) və qalınlığını (d), mikrometr və ya ştangenpərgarlarla ölçməli;
5. Alınan qiymətləri (70) ifadəsində yazaraq mayenin səthi gərilmə əmsalını hesablamaq;
6. Eyni maye üçün təcrübəni 3 – 4 dəfə təkrar edərək, α üçün orta qiymət tapmalı.
 α -nın təcrübi qiymətini cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli;
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ №11

SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ TƏZYİQLƏR FƏRQİNİN KOMPENSASIYA ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: diametrləri məlum olan müxtəlif kapilyar borular, təmiz su və quruducu, tədqiq olunan maye, mayeli monometr, içərisində su olan qab (şəkil 47-yə bax) iki ştativ və yaxud skamya.

Qısa nəzəri məlumat:

Bu işə aid nəzəri məlumat bundan əvvəlki işdə verilmişdir. Maye isladan olduqda kapilyar boruda onun səviyyəsi ümumi səviyyədən yüksək, maye islatmayan olduqda isə aşağı olur. Bunun səbəbi səthi gərilmə qüvvəsidir. Daxili diametri çox kiçik olan (təqribən $d < 0,6 \text{ mm}$) borular **kapilyar borular** adlanır. Məlumdur ki, kapilyar borudakı mayenin əyri səthi, gərilmə qüvvələrinin təsiri altında kiçilərək müstəvi hala keçməyə çalışır. Bunun nəticəsində mayenin əyri səthinin altında onun kontur müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə yönəlmiş müəyyən əlavə təzyiq yaranır. Bu təzyiqə Laplas təzyiqi deyilir. Ağzı gen qabda isə maye səthi başlıca olaraq müstəvi formaya malik olduğundan onun altında əlavə təzyiq yaranmır. Maye isladan olduqda Laplas təzyiqi atmosfer təzyiqinin əksinə, islatmayan olduqda isə atmosfer təzyiqi ilə eyni istiqamətdə yönəlir.

Bunun nəticəsidir ki, maye isladan olduqda kapilyardakı maye səviyyəsi ümumi səviyyədən yuxarı olmaqla menisk çökük, islatmayan olduqda isə aşağı olmaqla menisk qabarıq olur. Kapilyar borudakı isladan mayenin əyri səthinin altında əmələ gələn Laplas təzyiqi nəticəsində maye kapilyar boyunca yuxarı qalxdığından, bu təzyiqi kompensasiya edərək, kapilyardakı maye səviyyəsini ümumi səviyyəyə gətirmək olar. Laplas təzyiqini əvəz edən bu təzyiqi bilməklə, həmin mayenin səthi gərilmə əmsalını tapmaq mümkündür.

Ümumi fizika kursundan məlumdur ki, mayenin sferik səthi altında yaranan təzyiq Laplas düsturu ilə

$$P = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (71)$$

hesablanır; burada α -mayenin səthi gərilmə əmsalı, R_1 və R_2 — isə maye cəthinin iki normal kəsiklərinin ayrilik radiuslarıdır. Kapilyar borularda bu ayrilik radiusları bir-birinə bərabər olur. Maye tam isladan olduqda səthin ayrilik radiusu borunun radiusuna bərabər olur,

yəni $R_1 = R_2 = R$.

Bu halda Laplas düsturu

$$P = \alpha \left(\frac{2\alpha}{R} \right) \quad (72)$$

kimi yazılır.

İsladan maye əmələ gələn Laplas təzyiqinin əksinə yönəlmiş hər hansı P təzyiqi kapillyarda maye səviyyəsinin ağzı gen qabdakı mayenin səviyyəsinə gətirərsə, bu təzyiqlər qiymətcə bərabər olmalıdır:

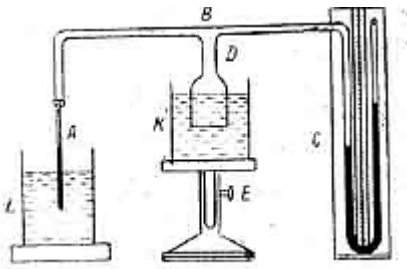
onda

$$P = p = \alpha \left(\frac{2\alpha}{R} \right) \quad (73)$$

Xaricdən mayeyə göstərilən təzyiqi (P) və kapillyarın radiusunu (R) bilməklə (73) ifadəsinə əsasən mayenin səthi gərilmə əmsalını hesablamaq olar.

Cihazın təsviri və işləmə qaydası:

47-ci şəkildən göründüyü kimi, cihaz, içərisində tədqiq olunan maye olan L qabından; ona salınmış A kapillyarından, B birləşdirici borularından, C manometrindən, mütəhərrik E skamyası üzərinə qoyulmuş və içərisində su olan K stəkanından ibarətdir.



Kapillyar boru manometrlə və stəkandakı suya batırılmış ağzı açıq D borusu ilə əlaqələndirilmişdir.

İlk vəziyyətdə skamyanı aşağı endirməklə D borusunu mayedən kənar etdikdə, kapillyarda maye səviyyəsi L qabındakı maye səviyyəsindən yuxarıda olar. Bu zaman manometrin qollarında maye səviyyələri bərabərləşir. Sonra K qabını tədricən yuxarı qaldırmaqla kapillyardakı maye səthinə olan təzyiqi artıraraq,

Şəkil 47.

kapillayda və L qabındakı maye səviyyələrini bərabərləşdirmək olar. Bu halda manometrin qollarında təzyiqlər fərqi əmələ gəlir. Həmin fərq kapillyardakı maye səthinə göstərilən təzyiqə bərabər olar; yəni:

$$P = \rho gh, \quad (74)$$

burada h – manometrlərin qollarındakı maye hündürlüklərinin fərqi, ρ – manometre tökülmüş mayenin sıxlığı, g – sərbəst düşmə təcilidir. P –nin qiymətini (73)- də yazaraq tədqiq olunan mayenin səthi gərilmə əmsalını aşağıdakı düsturla hesablamaq bilərik:

$$\alpha = \frac{\rho ghR}{2} \quad (75)$$

Digər tərəfdən mayenin səthi gərilmə əmsalı və sıxlığı məlum olarsa, mayenin kapilyarda qalxma hündürlüyünü təcrübədən tapmaqla (75) ifadəsinə görə həmin kapilyarın radiusunu hesablamaq olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Qurğunun vəziyyətini yoxladıqdan sonra kapilyar borunu tədqiq olunan mayeyə daxil etməli.
2. Kapilyar borunu tədqiq olunan mayədə saxlamaq şərti ilə B borusu ilə birləşdirməli.
3. E skamyasını aşağı endirərək, silindirik D borusunu K - stəkanındakı sudan ayırmalı. Bu halda C monometrində maye səviyyələri bərabər olmalıdır. Bu şəraitdə kapilyar boruda maye səviyyəsi müəyyən qədər yüksəkliyə qalxmış olur.
4. Kapilyardakı maye səviyyəsi L qabındakı maye səviyyəsi ilə bərabərləşənə qədər skamya vasitəsi ilə stəkanı tədricən yuxarı qaldırmalı. Bu zaman stəkandakı su D borusuna daxil olaraq, havanı sıxışdırmaqla kapilyardakı və monometrin sol qolundakı mayeyə eyni təzyiq göstərir. Buna uyğun olaraq monometrin qollarındakı maye hündürlükləri fərqi (h) qeyd etməli.
5. Monometrdəki mayenin sıxlığını (ρ) və kapilyar borunun radiusunu (R) laboratoriyadakı cədvəldən qeyd etməli.
6. Əldə edilən qiymətləri (75) ifadəsində yazıb, tədqiq olunan mayenin səthi gərilmə əmsalını hesablamaq.
7. Təcrübənin eyni maye üçün, müxtəlif kapilyar borularla 5-6 dəfə təkrar edərək, α üçün orta qiymət tapmalı.
8. Təcrübənin, mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 12

MAYELƏRİN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ REBİNDER ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: aspirator, sınaq şüşəsi, ucu çox dar olan şüşə boru, sınaq şüşəsini qızdırmaq üçün içərisində maye olan qab, mayeli monometr, qarışdırıcı, rezin borular, kimyəvi stəkanlar, ştativ, qızdırıcı peş.

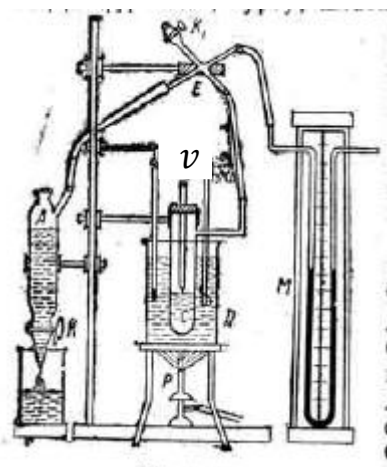
Qisa nəzəri məlumat:

Məlumdur ki, mayelərdə səthi gərilmə hadisəsi molekyulyar qüvvələrlə əlaqədar olan hadisələrdən biridir.

Maye molekulu mayenin daxilində olduqda, ona təsir edən molekulyar qüvvələr bir-birini tarazlaşdırır, mayenin səthində olduqda isə əksinə tarazlaşdırmır. Bu halda molekulaya bir tərəfdən onun təsir sferası daxilində olan qaz, digər tərəfdən isə maye molekulaları təsir göstərir. Qaz molekulalarının təsiri mayeyə nisbətən çox az olduğundan, mayenin səthində olan molekulara təsir edən əvəzləyici qüvvə mayenin daxilinə tərəf yönəlir. Beləliklə, mayenin səth təbəqəsi onun daxilinə tərəf yönələn bir qüvvə ilə çəkilir.

Qurğunun təsviri və istifadə qaydası

Qurğunun sxemi 48-ci şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, qurğu, ştativə



Şəkil 48.

bərkidilmiş aspirator (A), dörd yolu olan çarpaz şüçə boru (E), sınaq şüşəsi (C), sınaq şüşəsinə salınmış kapillyar ucluğa malik şüşə boru (v), monometr (M), termostat və ya onu əvəz edən, içərisinə sınaq şüşəsi salınmış mayeli qabdan (L) ibarətdir.

Monimetr, aspirator və sınaq şüşəsi çarpaz boru ilə rezin borular vasitəsilə əlaqələndirilir. Aspiratora rezin boru birləşdirildiyi səviyyədə bir qədər aşağı olmaqla su tökdükdən sonra, üst qapağı və aşağısındakı kranı (K) bağlanır.

Sınaq şüşəsinə tədqiq olunan mayedən o qədər tökmək lazımdır ki, buraya salınan şüşə borunun ucu maye səthinə azca toxunsun. Bu halda v borusunun yuxarı ağzından maye səthinə olan təzyiqlə, sınaq şüşəsinin içərisindəki mayenin səthinə olan təzyiq bərabər olduğundan (atmosfer təzyiqi) monometrdə maye səviyyələri də eyni olar.

Sonra E borusunun atmosferlə əlaqəsini kəsib, aspiratorun kranını açmaqla ondakı suyu damcılarla axıtdıqda, aspiratordakı maye üzərindəki həcm artar və hava seyrəkləşər. Beləliklə, sınaq şüşəsindəki nazik kapillyar ucluğa v borusundan sabit atmosfer təzyiqi göndərildiyi halda, ucluğun ətrafındakı tədqiq olunan maye səthinə olan təzyiq tədricən azalmış olur.

Aspiratordan su axmaqda davam etsə, elə hal alınır ki, v borusundan maye səthinə olan atmosfer təzyiqi ilə maye səthinin qalan hissəsinə olan təzyiq fərqi tədqiq olunan mayenin səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olur. Bundan sonra da aspiratordan su damcılarla axmaqda davam ertsə, v borusundan olan təzyiq artımı

səthi gərilmə qüvvəsinə üstün gələrək səth pərdəsini deşər və nazik ucluğun kənarlarından hava qabarcıqlarının çıxmasına səbəb olar. Hava qabarcıqlarının çıxmağa başladığı anda monometrdən hündürlüklər fərqlərini (H) qeyd etməklə səthi gərilmə əmsalını aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\alpha = A \cdot H \quad (76)$$

Burada A –mütənasiblik əmsalı olub, ***cihaz sabiti*** adlanır. Bunun qiyməti kapillyar ucluğunun həndəsi ölçülərindən asılıdır. Cihaz sabitini tapmaq üçün etalon mayedən istifadə edirlər. Etalon mayeni sınaq şüşəsinə töküüb, təcrübəni yuxarıda deyildiyi qayda üzrə apararaq, H_0 təzyiqini monometrdən təyin etsək,

$$\alpha_0 = AH_0$$

Yaxud

$$A = \frac{\alpha_0}{H_0} \quad (77)$$

alaraq; burada α_0 - etalon mayenin səthi gərilmə əmsalı olub, cədvəldən götürülür.

Etalon maye üçün təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edərək, cihaz sabiti üçün orta qiymət tapmaq lazımdır. Sonra sınaq şüşəsindən etalon mayeni boşaldıb, təmiz yudurdan sonra ona tədqiq olunan maye töküüb, təcrübəni eyni qayda ilə aparmalı və monometrdən təzyiqlər fərqlərini (H) qeyd etməli.

(77) ifadəsindən A -nən qiymətini (76)-da yazsaq alarıq:

$$\alpha = H \frac{\alpha_0}{H_0}, \quad (78)$$

İşin gedişi:

1. Qurğunun 48- ci şəklə uyğun yığıldığını yoxlamalı.
2. Sınaq şüşəsini təmiz yuyub, qurutduqdan sonra içərisinə müəyyən səviyyəyə qədər etalon maye töküüb, tıxacdan kecirilmiş dar uclu borunu (ν) ona daxil etdikdən sonra tıxacda sınaq şüşəsinin ağzını möhkəm bağlamalı.
3. Borunun kapillyar ucluğunu sınaq şüşəsindən etalon maye səthinə toxunmasını əldə etdikdən sonra sınaq şüşəsini içərisi su ilə (və ya termostat mayesi ilə) dolu olan D qabına daxil etməli.
4. Termostatda olan suya termometr və qarışdırıcı daxil etməklə təcrübənin gətirdiyi temperaturu qeyd etməli.
5. Çarpaz boru vasitəsilə atmosferlə əlaqə yaradıb, monometr qollarına olan təzyiqlərin bərabərliyini əldə etməli.
6. Sonra atmosferlə əlaqəni kəsib, aspiratordan ekranı açmaqla mayenin qərarlaşmış damcılarla axmasını əldə etməli.

7. Boyunun (ν) etalon mayeyə toxunduğu yerdə sınaq şüşəsindəki mayeyə tərəf hava qabarcıqlarının şıxdığı ana uyğun monometrdən H_0 təzyiqlər fərqlərini qeyd etməli.
8. Etalon mayeni temperaturuna uyğun səthi gəlmə əmsalını (α_0) cədvəldən qeyd etməli.
9. Sonra sınaq şüşəsindəki etalon mayeni boşaldaraq, yuyub quruladıqdan sonra ona tədqiq olunan maye tökməli.
10. Etalon maye ilə aparılan təcrübəni tədqiq olunan maye üçün həmin ardıcılıqla təkrar edərək, manometrdən hündürlüklər fərqlərini (H) qeyd etməli.
11. H , H_0 və α_0 üçün tapılan qiymətləri (78) ifadəsində yazıb, tədqiq olunan mayenin səthi gəlmə əmsalını hesablamalı.
12. Eyni temperaturda həmin maye üçün təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək α üçün orta qiymət tapmalı.
13. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №13

MAYELƏRİN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ TEMPERATURDAN ASILILIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: Rebinder qurğusu, xüsusi termostat və yaxud içərisində su olan qab və onu qızdırmaq üçün peç.

Cihazın təsviri və qısa nəzəri məlumat

Səthi gərmə əmsalı haqqında 10 və 12 №-li işlərdə ətraflı məlumat verilmişdir. Biz indi səthi gərmə əmsalının temperaturdan asılı olaraq necə dəyişdiyini öyrənəcəyik.

Təcrübələrin nəticələri göstərir ki, temperaturun artması ilə mayelərin səthi gərmə əmsalı azalır və bu azalma müəyyən qanuna tabe olur. Belə bir qanunauyğunluğu müəyyən etmək üçün Rebinder qurğusundan istifadə edilir. Əvvəlcə sınaq şüşəsinə (C) etalon maye töküb, ν borusunun dar ucluğunu onun səthinə toxundurmalı, sonra onun ilk temperaturunu ölçməli.

-A aspiratorundan maye damcıladıqca borunun—dar ucluğundan hava qabarcıqları çıxır. Bu zaman monometrdə yaranan təzyiqlər fərqlərini (H_0) qeyd etməli, Sonra D qabındakı mayeni qızdırmalı. Etalon maye qızarkən hər 10^0C -dən bir ($80-90^0 C$ -yə kimi) təcrübəni təkrar edərək, ucluğundan hava qabarcıqlarının şıxdığı ana uyğun təzyiqlər fərqlərini monometrdən qeyd etməli.

Sonra etalon mayeni boşaldıb, sınaq şüşəsinə tədqiq olunan maye tökməli və etalon mayedə olduğu kimi təcrübəni hər 10^0 C-dən bir təkrar etməli. Eyni temperaturlara uyğun H_0 və H -ın təcrübədən tapılan qiymətlərini və etalon mayenin həmin temperaturlara uyğun səthi gərilmə əmsallarını cədvəldən tapıb (78) ifadəsində yazmaqla, tədqiq olunan mayenin müvafiq temperaturlarda səthi gərilmə əmsalını hesablamaq olar. Sonra səthi gərilmə əmsalı üçün alınan qiymətlərlə temperatur arasındakı asılılığın qrafikini quraraq, α -nın temperaturdandan asılı olaraq necə dəyişdiyini müəyyən etmək olar.

İşin gedişi

1. Qurğunun düzgün yığıldığını yoxladıqdan sonra sınaq şüşəsinə etalon maye tökməli.
2. Kapilyar ucluqlu v borusunu, sınaq şüşəsinə daxil edərək, onu maye səthinə toxundurmalı.
3. Sınaq şüşəsinə, termostatdakı (D) mayeyə daxil edərək onu qızdırmalı, hər 10 dərəcədən bir aspiratorun köməyi ilə, kapilyar ucluqdan hava qabarcığı çıxması anına uyğun təzyiqlər fərqi (H_0) monimetrdən qeyd etməli.
4. Sınaq şüşəsindəki etalon mayeni boşaldıb, ona tədqiq olunan maye tökməli.
5. Borunu sınaq şüşəsinə daxil etdikdən sonra onu termostata salmalı.
6. Termostatdakı mayeni qızdırmalı bə hər 10 dərəcədən bir, kapilyar ucluqdan hava qabarcıqları çıxması anına uyğun təzyiqlər fərqi (H) qeyd etməli.
7. Cədvəldən etalon mayeni müvafiq temperaturlardakı səthi gərilmə əmsallarını qeyd etməli.
8. H_0 , H və α_0 , -in uyğun temperaturlardakı qiymətlərini (78) ifadəsində qazıb, tədqiq olunan maye üçün hər temperatura uyğun səthi gərilmə əmsalını (α) hesablamaq.
9. Səthi gərilmə əmsalı ilə temperatur arasındakı asılılığı əks etdirən qrafik qurmaq.
10. Qrafikə əsasən səthi gərilmə əmsalının temperaturdan asılı olaraq necə dəyişdiyini təhlil etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 14

MAYELƏRİN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ OSTVALD VİSKOZİMETRİ VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Ostvalt kapilyar viskozimetri, ştativ, temperaturu sabit saxlamaq üçün içərisində su olan iri şüşə qab yaxud termostad, termometr, qarışdırıcı, rezin boru, etalon maye (təmiz su), tədqiq olunan maye, sorma nasosu, saniyəölçən, qif, piknometr.

Qısa nəzəri məlumat:

Real mayelərdə maye təbəqələri bir–birinə nisbətən müxtəlif sürətlə hərəkət etdikdə bu təbəqələr arasında sürtünmə qüvvələri meydana çıxır. Sürtünmə qüvvələri nəticəsində mayenin sürəti böyük olan təbəqəsi, yavaş hərəkət edən təbəqəsinin sürətini artırmağa, yavaş hərəkət edən təbəqə işə böyük sürətlə hərəkət edən təbəqənin sürətini azaltmağa çalışır.

Müxtəlif sürətlə hərəkət edən maye təbəqələri arasında əmələ gələn belə qüvvəyə ***daxil sürtünmə qüvvəsi*** deyilir. Daxili sürtünmə qüvvəsi bir-birinə sürtünən maye təbəqələrinə toxunan istiqamətdə yönəlir.

Təcrübələr göstərir ki, eyni maye üçün verilmiş temperaturda daxil sürtünmə qüvvəsinin qiyməti sürtünən səthin sahəsi (S) və sürət qradienti ($\frac{dv}{dn}$) ilə mütənasibdir. *Hərəkət edən mayenin ixtiyarı iki təbəqəsinin sürətləri fərqi bu təbəqələr arasındakı məsafəyə olan nisbəti ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə **sürət qradienti** deyilir.* Yəni maye axınına perpendikulyar istiqamətdə vahid uzunluqda sürət dəyişməsinə göstərir. Sürət qradienti vektorial kəmiyyətdir.

Mayelərin daxili sürtünmə qüvvəsini Nyuton aşağıdakı kimi ifadə etmişdir.

$$f = \eta \frac{\Delta v}{\Delta n} S \quad (79)$$

Burada mütənasiblik əmsalı olan η -daxil sürtünmə və yaxud özlülük əmsalı adlanır. η –nin qiyməti mayenin növündən, temperaturdan və təzyiqdən asılıdır. Mayenin daxili sürtünmə əmsalını təcrübi yolla tapmaq üçün müxtəlif üsullar vardır. Bunlardan ikisi ilə tanış olaq. Həmin üsullardan biri kapillyar boruda mayenin hərəkətinə (Puazeyl qanuna əsasən), digəri isə bərk cismin mayədə hərəkətinə (Stoks qanununa əsasən) əsaslanır. İndi biz mayelərin daxili sürtünmə əmsalının Ostvald viskozimetri vasitəsi ilə təyin edilməsini nəzərdən keçirək.

Fərz edək ki, daxili sürtünmə əmsalı η_0 və həcmi V olan maye, uzunluğu l və daxili radiusu r olan kapillyar borudan τ_0 zamanda axmışdır. Bu hal üçün Puazeyl qanununa görə axan mayenin həcmi aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$V = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2) \tau_0}{8 \eta_0 l} \quad (80)$$

Burada $(P_1 - P_2)$ kapilyar borunun uclarındakı təzyiqlər fərqi. Həmin borudan daxili sürtünmə əmsalı η olan eyni həcmdə başqa maye axsa onun axmasına sərf olunan zaman τ , mayenin həcmi isə

$$V = \frac{\pi r^4 (P'_1 - P'_2) \tau}{8 \eta l} \quad (81)$$

olacaqdır.

Burada $(P'_1 - P'_2)$ ikinci maye olan halda kapillyar borunun uclarında təzyiqlər fərqi, (80) və (81) ifadələrinin sol tərəfləri bərabər olduğundan sağ tərəfləri də bərabər olar. Həmin bərabərlikdən alarıq:

$$\eta = \eta_0 \frac{(P'_1 - P'_2) \tau}{(P_1 - P_2) \tau_0} \quad (82)$$

$(P_1 - P_2)$ təzyiqlər fərqi kapillyardakı maye sütunu tərəfindən yaranır. Kapillyar boru şaquli vəziyyətdə olduğundan borunun uclarındakı təzyiqlər fərqi borudakı mayenin hündürlüyü və xüsusi çəkisinə görə aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\begin{aligned} P'_1 - P'_2 &= \rho g h, \\ P_1 - P_2 &= \rho_0 g h. \end{aligned}$$

Bunların nisbətini tapıb, (82) -də yazdıqda

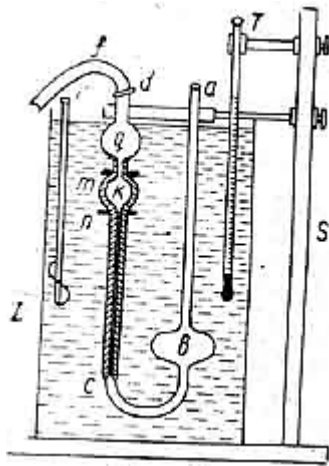
$$\eta = \eta_0 \frac{\rho \tau}{\rho_0 \tau_0} \quad (83)$$

alınır, burada ρ və ρ_0 tədqiq olunan və etalon mayenin sıxlıqlarıdır.

Etalon maye üçün sıxlıq və daxili sürtünmə əmsalını bildikdə (83) ifadəsinə əsasən tədqiq olunan mayenin daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq olar.

Cihazın təsviri və istifadə qaydası:

49-cu şəkildən göründüyü kimi cihaz U şəkilli *alcınmd* şüşə borusundan (viskozimetrdən) ibarətdir, şüşə borunun sağ ab qolunda iri kürəvi həcmi (b), sol cd qolunda isə q və k kürəvi həcmli vardır.



Şəkil 49.

Sol qolun cn hissəsi radiusu hər yerində eyni olan kapillyar borudan ibarətdir. k kürəciyinin başlanğıcında n nişanı, sonunda isə m nişanı vardır. Bu nişanlar k kürəciyi həcmindəki mayenin kapilyardan axma müddətini tapmaq üçündür. Cihaz stativə (S) bərkidilərək, içərisində su olan D qabına şaquli vəziyyətdə salınır. Bu zaman D qabındakı mayenin səviyyəsi, q kürəsindən bir qədər yuxarı olmalıdır. Termostata termometr (T) və qarışdırıcı (Q) daxil edilir. Təcrübə zamanı viskozimetrin ab qoluna qıf və yaxud pipetka ilə b kürəciyinin yarısına kimi tətqiq olunan maye tökülür.

Sonra bu maye rezin boru (f) vasitəsi ilə b kürəsindən k və q kürələrinə sorulur. Sormanı dayandırır rezin boru vastəsi ilə atmosferlə əlaqə yaratsaq, maye kapilyardan axaraq b kürəsinə qayıdır. Maye səviyyəsinin m nişan xəttini keçdiyi anda saniyəölçəni işə salıb, n nişan xəttindən keçdiyi anda dayandırsaq, k kürənin həcmində olan mayenin kapillyarın n - xəttindən axma müddətini (τ) ölçmüş olarıq. Ölçmə əməliyyatını 4-5 dəfə təkrar etməklə və k həcmindəki mayenin kapilyardan axma müddətinin orta qiymətini tapmaq olar. Sonra eyni ölçmələr etalon maye üçün (çox halda təmiz su götürülür) təkrar edilir və axma müddəti τ_0 üçün orta qiymət tapılır. τ və τ_0 – ın təqribi qiymətlərini və cədvəldən tapılan ρ , ρ_0 və η_0 – ın qiymətlərini (83) də yazmaqla tətqiq olunan mayenin η daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq olar. Tətqiq olunan mayenin ρ sıxlığı məlum olmazsa, onu məlum üsullardan biri ilə tapmaq olar.

İşin gedişi:

- 1) Qurğunu yoxladıqdan sonra kapillyar viskozimetri təmiz su ilə yuyub, b kürəsinin yarısına kimi etalon maye (su) ilə doldurmalı;
- 2) Sonra rezin boru ilə mayeni k kürəsindən bir qədər yuxarı səviyyəyə qalxana kimi sormalı;
- 3) Atmosferlə əlaqə yaradaraq maye səviyyəsinin m – dən keçdiyi anda n – dən keçdiyi an arasındakı müddəti (τ_0) – saniyə ölçənlə qeyd etməli, həmin ölçməli 4 – 5 dəfə təkrar edərək τ_0 – üçün orta qiymət tapmalı;
- 4). Etalon mayeni (su) viskozimetrdən boşaldıb, tətqiq olunan maye ilə yaxaladıqdan sonra həmin mayedən vizkozimetmə tökərək təcrübəni eyni qayda ilə təkrar etmək və τ üçün orta qiymət tapmaq lazımdır;
- 5). Etalon mayenin təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun sıxlığını (ρ_0) və daxili sürtünmə əmsalını (η_0) cədvəldən tapmalı;
- 6) Tətqiq olunan mayenin təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun sıxlığını (ρ) cədvəldən və yaxud məlum üsullardan biri ilə təcrübə olaraq tapmalı;

- 7) Tapılan bütün qiymətləri (83) ifadəsində yazaraq η –nı hesablamalı;
8). Təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №15

MAYELƏRİN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ STOKS ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvəzimat: silindir şəkilli süsə qab, radiusları 3 – 8 mm olan küpələr, daxili sürtünmə əmsalı təyin ediləcək maye, mikrometr, saniyəölçən, xətkəş.

Qısa nəzəri məlumat:

Mayelərin daxili sürtünməsi haqqında bundan əvvəlki işdə nəzəri məlumat verilmişdir. Kiçik radiuslu küpə daxili sürtünmə əmsalı böyük olan maye içərisində sərbəst düşərkən, bu kürəyə əsasən üç qüvvə təsir edir. Bunlardan biri kürənin ağırlıq qüvvəsi, digəri Arximed qüvvəsi, üçüncü isə mayenin daxili sürtünmə qüvvəsidir. Ağırlıq qüvvəsi kürənin hərəkətin istiqamətində aşağıya doğru, Arximed və sürtünmə qüvvələri isə kürənin hərəkətinin əksinə yönəlmişdir. Mayeyə salınmış kürənin səthinə yapışan maye təbəqəsi kürə ilə birlikdə eyni sürətlə hərəkət etdiyindən, kürəyə yapışan təbəqə ilə ona yaxın maye təbəqələri arasındakı sürtünmə, mayenin daxili sürtünməsini verir.

Kürəni hərəkətə gətirən qüvvə (ağırlıq qüvvəsi) Arximed və daxili sürtünmə qüvvələri ilə tarazlaşdıqda kürə maye içərisində sabit sürətlə hərəkət edir. Mayenin daxili sürtünməsi hesabına meydana çıxan müqavimət qüvvəsi (f), Stoks qanununa görə, kürənin mayədə hərəkət sürəti (v), onun radiusu (r), və mayenin daxili sürtünmə əmsalı (η) ilə mütləqdir. Bu asılılıq aşağıdakı kimi yazılır:

$$f = 6\pi\eta vr \quad (84)$$

Stoks düsturu, kürə mayədə hərəkət edərkən silindirik qabın yan divarından kürəyə qədər məsafə kürə radiusundan çox olduqda (yəni $r \ll d$, r –kürənin radiusu, d isə silindirik qabın divarından kürəyə qədər məsafədir) doğrudur. Kürə mayədə hərəkət edərkən, ağırlıq qüvvəsi aşağıya, mayenin qaldırıcı və müqavimət qüvvələri isə yuxarıya yönəlir. Mayədə hərəkət edən kürə əvvəlcə öz sürətini müəyyən qiymətə qədər artırır. Bu zaman ağırlıq qüvvəsi və qaldırıcı qüvvə sabit qalır, müqavimət

qüvvəsi isə kürənin sürəti ilə mütənəsib olaraq artır. Nəhayət kürənin sürəti elə bir qiymətə çatır ki, ona təsir edən bu üç qüvvə bir-birini tarazlaşdırır və kürə sabit sürətlə hərəkət etməyə başlayır. Kürənin belə hərəkətinə onun qərarlaşmış hərəkəti deyilir. Deməli, qərarlaşmış hərəkətdə olan kürəyə təsir edən üç qüvvənin cəbri cəmi sıfır olmalıdır:

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1 g - 6\pi \eta r v = 0,$$

burada ρ –kürənin, ρ_1 isə mayenin sıxlığıdır. Son ifadədən mayenin daxili sürtünmə əmsalını tapaq:

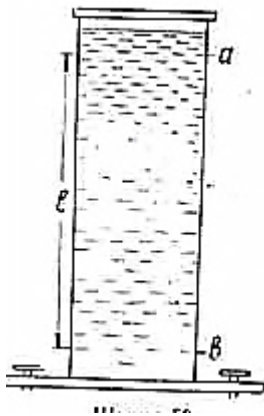
$$\eta = \frac{2}{9} \frac{\rho - \rho_1}{v} g r^2 \quad (85)$$

Son ifadədən, kürənin mayədə hərəkət sürətinin $v = \frac{l}{\tau}$ olduğu nəzərə alınsa:

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{\rho - \rho_1}{l} g r^2 \tau \quad (85')$$

(85) alırıq, burada sağ tərəfdəki kəmiyyətlərin hamısı ölçülə bilən və cədvəldən götürülə bilən kəmiyyətlər olduğundan mayenin daxili sürtünmə əmsalını (85') düsturundan hesablamaq olar.

Cihazın təsviri



50-ci şəkildən göründüyü kimi, cihaz, içərisi tədqiq olunan maye ilə doldurulmuş silindirik şüşə qabdan, ibarətdir. Bu qabın yuxarı və aşağı hissəsində bir-birindən l məsafədə yerləşən iki a və b nişan xətləri vardır. Mayenin üst səthi a nişanından $6 - 8 \text{ sm}$ yuxarıda olmalıdır ki, kürə maye içərisində düşərkən a nişan xəttinə gələnə kimi sabit sürət ala bilsin. Silindirik qab vintli ayaqları olan skamya üzərinə qoyulur ki, həmin vintlərin köməyi ilə onu şaquli vəziyyətə gətirmək mümkün olsun.

Şəkil 50.

İşin gedişi

1. İçərisi tədqiq olunan maye ilə dolu olan silindirik qabı skamya üzərində şaquli olaraq yerləşdirdikdən sonra onun içərisinə salınacaq kürənin və tədqiq olunan mayenin sıxlıqlarını (ρ və ρ_1) cədvəldən tapmalı. Cədvəldə bunlara uyğun qiymət olmadıqda, sıxlığı təcrübi yolla məlum üsullardan biri ilə bilavasitə tapmaq olar.
2. Kürənin radiusunu 3-4 dəfə mikrometr vasitəsilə ölçərək orta qiymət tapmalı.
3. a və b nişan xətləri arasındakı l məsafəsini xətkəşlə, kürənin bu məsafəni getməsi üçün sərf olunan zamanı (τ) saniyəölçənlə ölçməli.
4. ρ , ρ_1 , r , l , τ və g -nin qiymətlərini (85')-də yazmaqla, tədqiq olunan mayenin daxili sürtünmə əmsalını (η)-nı hesablanmalı.

5. Eyni maye üçün təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli və η üçün orta qiymət tapmalı.
6. Eyni mayenin daxili sürtünmə əmsalını müxtəlif radiuslu və müxtəlif cins kürələrdən istifadə etməklə də tapmaq lazımdır.
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətilərini hesablamalı.

Qeyd: Bəzi hallarda mayedə hərəkət edən kiçik kürəvi bərk cisim əvəzinə islatmayan maye damcısından da istifadə edirlər. Bu halda kürəvi bərk cismi əvəz edən damcı formalı mayenin sıxlığını ya cədvəldən, ya da bilavasitə təcrübədən tapmaq olar. Kürə formada olan maye damcısının radiusunu həndəsi üsulla tapmaq lazımdır. Bunun üçün 50 – 100 damcını çəkib, bir damcının kütləsinin tapdıqdan sonra

$$\rho_2 = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

ifadəsindən istifadə edərək (burada m - bir damcının kütləsi, V isə kürəvi damcının həcmi, ρ_2 – damcı mayesinin sıxlığıdır) r radiusunu təyin etmək olar.

LABORATORİYA İŞİ №16

HAVANIN RÜTUBƏTİNİN LAMBREXT HİQROMETRİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvəzimat: Lambrext hiqrometri, mütəhərrik dayaq üzərinə bərkidilməmiş şüşə lövhə, $0,1^{\circ}\text{C}$ bölgülü termometr, efir, hava üfürmək üçün nasos.

Qısa nəzəri məlumat:

Bütün temperaturalarda suda, bitkilərdə, canlı aləmdə və s. buxarlanma getdiyindən Yer kürəsini əhatə edən atmosferdə həmişə su buxarı olur. Deməli, atmosfer quru hava ilə su buxarının qarışığından ibarətdir. Onda atmosfer təzyiqi, quru hava ilə su buxarının parsial təzyiqləri cəminə bərabər olar. Atmosferdə su buxarı çox olduqca onun parsial təzyiqi də çox olur. Temperatur dəyişdikcə havadakı su buxarının miqdarı dəyişdiyindən atmosfer təzyiqi də dəyişir, havada olan su buxarının miqdarından və ya onun parsial təzyiqindən bəhs edən elm **hiqrometriya** adlanır.

Havadakı rütubətin öyrənilməsində bir neçə xarakterik kəmiyyətdən istifadə olunur. Bunlardan ikisi ilə tanış olaq.

Havanın mütləq rütubəti. Verilmiş temperaturda havanın bir kubmetrində olan su buxarının miqdarına mütləq rütubət deyilir. Mütləq rütubəti havada olan su buxarının parsial təzyiqi ilə də xarakterizə etmək olar. Beynəlxalq vahidlər sistemində parsial

təzyiqə görə mütləq rütubətin ölçü vahidi N/m^2 , su buxarının miqdarına görə isə kq/m^3 olar. Çox halda havada olan su buxarının parsial təzyiqini civə sütunu təzyiqi vahidi ilə də (mm c. süt və ya mm Hg) ifadə edirlər.

Hisbi rütubət. Müəyyən temperaturda havanın bir kubmetrindəki su buxarının miqdarının, həmin temperaturda bir kubmetr havanı doymuş hala gətirən su buxarı miqdarına olan nisbətinə havanın nisbi rütubəti deyilir. Nisbi rütubətə aşağıdakı tərfi də vermək olar. Müəyyən temperaturda havadakı su buxarının parsial təzyiqinin həmin temperaturda havanı doymuş hala gətirən su buxarlarının parsial təzyiqinə olan nisbətinə nisbi rütubət deyilir. Görüründüyü kimi nisbi rütubət vahiddən kiçikdir. Onun ən böyük mümkün olan qiyməti vahidə bərabərdir. Çox vaxt nisbi rütubəti faizlə ifadə edirlər. Deyilənlərə əsasən nisbi rütubət :

$$r = \frac{p}{P} 100\%, \quad (86)$$

burada p - verilmiş temperaturda havada olan su buxarının təzyiqi, P - həmin temperaturda havanı doymuş hala gətirən su buxarının parsial təzyiqidir.

Atmosfer təzyiqini (quru hava ilə su buxarının birgə təzyiqi) bilavasitə ölçmək mümkündür. Su buxarının parsial təzyiqini isə dolayı yolla tapmaq olar. Məlumdur ki, doymuş buxar qaz qanunlarına tabe olmur. Ona görə də, havanı doyduran su buxarının parsial təzyiqləri temperaturdan asılı olaraq ayrıca öyrənilmiş və xüsusi cədvəldə verilmişdir.

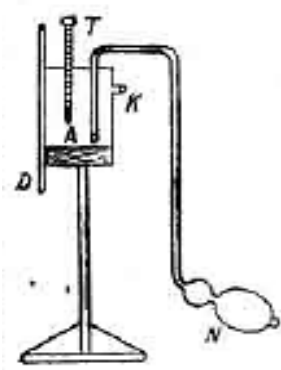
Təcrübələr göstərir ki, müəyyən temperaturda su buxarı havanı doymuş hala gətirmişsə, temperaturu artırıqda həmin hava doymamış hala keçər. Əksinə, müəyyən temperaturda su buxarı havanı doymuş hala gətirməmişsə, temperaturu azaltmaqla həmin hava doymuş hala gələ bilər.

Verilmiş şəraitdə atmosferin kiçik bir oblastını soyudaraq onu doymuş hala gəirsək, tədqiq olunan böyük həcmdə su buxarının təzyiqi praktik olaraq dəyişməz. Atmosferdə doymamış buxarın təzyiqini, soyudulmuş kiçik oblastın doymuş buxarının təzyiqinə bərabər götürmək olar. Bu kiçik oblastın temperaturunu ölçməklə, cədvəldən həmin temperatura uyğun doymuş buxarın təzyiqini, daha doğrusu verilmiş tədqiq olunan böyük həcm üçün verilmiş temperaturda mütləq rütubəti tapmış olarıq.

İçərisində su buxarı olan havanı soyudarkən həmin buxarın doymuş hala gəldiyi temperatura **şeh nöqtəsi deyilir**. Şeh nöqtəsinə görə havanın rütubətini təyin etmək üçün istifadə olunan cihaza *hiqrometr* deyilir. Ən çox tətbiq olunan hiqrometr *Lambrext hiqrometridir*.(şəkil 51).

Cihazın təsviri və istifadə qaydası:

Hiqrometr, dayaq üzərinə bərkidilmiş ön səthi (L) nığəllənmiş nazik metal təbəqədən hazırlanmış qutudan (A) ibarətdir. Bu qutunun üst tərəfində iki deşik vardır.



Şəkil 51.

Bu dəşiklərin birindən əl nasosu (*N*) ilə əlaqəsi olan boru, ikincisindən isə termometr daxil edilir. Qutuya asan buxarlanan maye (məsələn, efir) tökülür. Qutunun yan tərəfindəki üçüncü deşikdən (*K*) isə, efir buxarı və üfürülmüş hava çıxır. Qutunun cilalanmış ön səthində, şəhin əmələ gəlməsini aydın görmək üçün bu səth nikəllənmiş çərçivə ilə kənardan əhatə edilmiş və hava təbəqəsi ilə izolə olunmuşdur. Hiqrometrə tökülmüş efir üfürmə yolu ilə intensiv olaraq buxarlandırılırkən qutunun ön səthi onu əhatə edən çərçivəyə nəzərən kəskin sürətdə soyudugu üçün, divarda şəhin əmələ

gəldiyi anı və ona uyğun temperaturu təyin etmək çox asan olur.

İşin gedişi

1. Hiqrometrdə, onun həcmnin 1/3 –dən çox olmayaraq efir tökməli.
2. Təcrübə zamanı hiqrometr səthinə nəfəs dəyməməsi üçün müşahidəni şüşə lövhənin arxasından aparmalı.
3. Hiqrometrə termometr daxil edib, əl nasosu ilə qutudakı efir səthinə hava üfürməli.
4. Hiqrometrin *D* lövhəsində şəh əmələ gələn anda termometrin göstərişinin (t_1) qeyd edib, havanın üfürülməsini dayandırmaqlı.
5. Sonra şəhin yox olma anını diqqətlə izləyib, bu anda termometrin göstərişini (t_2) qeyd etməli.
6. Şəhin əmələ gəlmə və yox olma temperaturlarına əsasən şəh nöqtəsini aşağıdakı kimi təyin etməli:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (87)$$

Temperatur üçün tapılan bu qiymət şəh nöqtəsinin həqiqi qiymətinə daha yaxın olar.

7. Şəh nöqtəsi üçün alınan t temperaturuna uyğun havanın mütləq rütubətini (p) cədvəldən qeyd etməli.
8. Verilmiş temperatura uyğun havanı doyduran su buxarını təzyiqini (P) cədvəldən götürməli.
9. p və P –nin qiymətlərini (86) ifadəsində yazıb, havanın nisbi rütubətini (r) hesablamalı.
10. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək mütləq və nisbi rütubət üçün orta qiymət tapmalı.
11. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

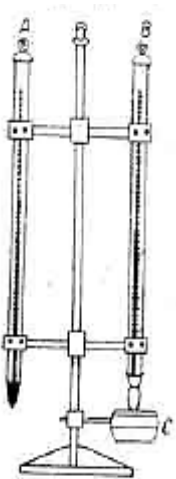
LABORATORİYA İŞİ №17

HAVANIN RÜTUBƏTİNİN AVQUST PSİXROTMETRİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Avqust psixrotmetri, vintilyator, batist parça və yaxud tənzip, barometr.

Qisa nəzəri məlumat və cihazın təsviri:

Avqust psixrometri dayaq üzərinə bərkidilmiş iki eyni *A* və *B* termometrindən ibarətdir.(şəkil 52). Bu termometrdən birinin xəzinəsi batist parçaya (və ya tənzipə) bükülür və parçanın ucu *C* qabında olan suya batırılır. Bunun nəticəsində termometrin xəzinəsi həmişə nəm halda qalır. Buna çox vaxt çərti olaraq *yaş termometr* deyilir.



Digər termometr isə hava ilə əhatə olunduguna görə *quru termometr* adlanır.

Ventilyator ilə yaş termometrin (*B*) xəzinəsi üzərindəki suyun buxarlanmasını sürətləndirdikdə bu termometrin göstərdiyi temperatur daha da aşağı düşür. Havanın rütubəti nə qədər az olarsa, buxarlanma o qədər sürətlə gedər və yaş termometrin göstərdiyi temperaturdan kiçik olur. Deməli, quru və yaş termometrlərin göstərişləri fərqi havada olan rütubəti xarakterizə edir. Yaş termometr xəzinəsini ventilyatorla yellədikdə termometrdə əvvəlcə temperatur sürətlə aşağı düşür. Müəyyən vaxtdan sonra buxarlanma qərarlanmış hal alır və temperatur sabitləşir.

Şəkil 52.

Yaş termometr xəzinəsinin ətraf mühitdən aldığı istilik miqdarı (Q_1) termometr səthindən mayenin buxarlanmasına sərf olunan istilik miqdarına (Q_2) bərabər olduqda, termometrin göstərişi sabitləşir. Bu şərtə görə termometr xəzinəsinin ətraf mühitdən vahid zamanda aldığı istilik miqdarı (Q_1) Nyuton qanununa görə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Q_1 = a(t_0 - t_1) S \quad (88)$$

Burada t_0 – quru termometrin göstərişi, ($t_0 - t_1$) termometrlərin göstərişlərindəki temperatur fərqi, S – termometr xəzinəsi səthinin sahəsi,

a –mütənasilik əmsalıdır. Yaş termometrin səthindəki vahid zamanda buxarlanan maye üçün sərf olunan istilik miqdarı isə aşağıdakı kimi hesablanır.

$$Q_2 = \frac{P-p}{H} bS\lambda, \quad (89)$$

Burada P – yaş termometrin t_1 temperaturuna uyğun havanı doyduan su buxarının təzyiqi, p -adi şəraitdə, A -nın termometrin t_0 temperaturuna uyğun havada olan su buxarının təzyiqi, H – atmosfer təzyiqi λ -suyun xüsusi buxarlanma istiliyi, S –termometr xəzinəsinin səthinin sahəsi, b -mütənasiblik əmsalıdır. (88) və(89) ifadələrinin bərabərliyindən alırıq:

$$p = P - \frac{a}{b} H(t_0 - t_1)$$

burada eyni psixrometr üçün, a, b və λ sabit kəmiyyətlər olduqlarından a/b -ni hər hansı A sabiti ilə əvəz etmək olar. Onda son ifadəni

$$p = P - AH(t_0 - t_1) \quad (90)$$

kimi yazmaq olar.

(90) ifadəsinə əsasən havanın p mütləq rütubətini hesablamaq olar. Burada t_0 və t_1 uyğun olaraq quru və yaş termometrdən, H barometrdən, otaq temperaturuna uyğun havanı doyduan su buxarının P təzyiqi isə psixrometrik cədvəldən əldə edilir. A sabiti, təcrübələrin göstərdiyi kimi, müxtəlif psixrometrlər üçün müxtəlif qiymətə malikdir. Bu sabit 0,001 ilə 0,005 arasında dəyişir. Psixrometrin A sabitini laboratoriyadakı cədvəldən götürməli.

(90) ifadəsinə əsasən havanın mütləq rütubətini tapdıqdan sonra quru termometrin göstərdiyi t_0 temperaturuna uyğun havanı doyduan su buxarının təzyiqini cədvəldən taparaq havanın rütubətini

$$r = \frac{p}{P} 100\% \quad \text{ifadəsi ilə hesablamaq olar.}$$

İşin gedişi

1. Avqust psixrometrinin işə hazır vəziyyətdə olduğunu yoxladıqdan sonra, onun basit parça bağlanmış termometr xəzinəsinin yaş olması üçün C qabına su tökməklə parçanı islatmalı.
2. Yaş termometrin göstərişi sabitləşənə qədər ventilyator ilə hava üfurmələri və son temperaturunu (t_1) qeyd etməli.
3. Quru termometrin gösrərişini (t_0) qeyd etməli.
4. Psixrometrik cədvəldən t_0 temperaturuna uyğun havanı doyduan su buxarının təzyiqini (P) tapmalı.
5. Otaqdakı barometrdən atmosfer təzyiqini (H) qeyd etməli.

6. P, H, t_0, t_1 -in və həmin psixrometr üçün A sabitinin qiymətlərini (90) ifadəsində yazaraq, havanın mütləq rütubətini hesablamalı (A sabitinin qiymətini laboratoriyadakı cədvəldən qeyd etməli).
7. P və p -nin qiymətlərini (86) ifadəsində yazıb havanın nisbi rütubətini hesablamalı.
8. Təcrübəni 3 dəfə təkrar edib, rütubətin orta qiymətini tapmalı.
9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.
- 10.

LABORATORİYA İŞİ №18

İSTİLİYİN MEXANİKİ EKVİVALENTİNİN KLEMAN-DEZORM ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: həcmi məlum olan, şüşə balon, mayeli manometr, hava nasosu.

Qısa nəzəri məlumat:

Məlumdur ki, istilik mexaniki işə və mexaniki iş istiliyə çevrilir. Bunların bir-birinə keçmələri enerjinin saxlanması qanununa görə ekvivalentlik təşkil edir. A mexaniki işi görüldükdə Q miqdarda istilik alınarsa,

$$A = JQ \quad (91)$$

münasibəti ödənilir. Burada mütənasiblik əmsalı olan J –sabit kəmiyyət olub, istiliyin mexaniki ekvivalenti adlanır. Vahid istilik miqdarı almaq üçün görülmə işə istiliyin mexaniki ekvivalenti adlanır. *Vahid istilik miqdarı almaq üçün görülmə işə istiliyin mexaniki ekvivalenti deyilir.* İstiliyin mexaniki ekvivalenti, mexaniki vahidlərdə istilik vahidlərinə və əksinə keçməyə imkan verir.

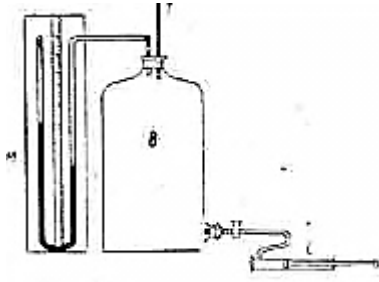
(91) ifadəsindən göründüyü kimi, istilik miqdarı kalorilərdə, mexaniki iş erqlərlə ölçüldükdə, istiliyin mexaniki ekvivalentinin vahidi *erq/kal* olar. Əgər istilik miqdarı kilokalorilərlə (böyük kalori) mexaniki iş isə kiloqrammetrlə ölçülərsə, istiliyin mexaniki ekvivalenti *kQm/kkql* ilə ölçülər.

İstiliyin mexaniki ekvivalentini təcrübə olaraq təyin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Bu üsullardan biri olan Kleman- Dezorm üsulunu nəzərdən keçirək.

Cihazın təsviri və üsulun nəzəri əsası

Cihaz, şəkildən göründüyü kimi, 10-15 l həcmə malik olan B şüşə balonundan, ona birləşdirilmiş ağız açıq mayeli M manometrindən və C nasosundan ibarətdir (şəkil 53). Kleman- Dezorm cihazından istifadə edərək, C nasosunun porşeni üzərində müəyyən iş görüb, B balonu işərisinə hava doldursaq, buna uyğun olaraq, balondakı qazın daxili enerjisi artmış olar. Sərf olunan A işini və balondakı qazın daxili

enerjisinin ΔU dəyişməsinə ($V = \text{const}$ olduğundan $\Delta U = U$ olar). (91) ifadəsində yerinə yazaraq, istiliyin mexaniki ekvivalentini hesablamaq mümkündür.



Şəkil 53.

Fərz edək ki, B balonunun həcmi V , nasos porşeninin hər hərəkəti ilə B balonuna doldurduğu havanın həcmi (bu eyni ilə nasos silindrinin həcmində bərabər olar) ΔV olsun. Balonda nasos vasitəsi ilə təzyiq yaradarkən manometrin sağ qolunda qazın tutduğu əlavə həcm β , balondakı havanın ilk temperaturu T və ilk təzyiqi P , hava doldurulduqdan sonrakı temperaturu $T + \Delta T$, təzyiqi isə $P + \Delta P$ olsun.

Balondakı qaza bu iki hal üçün Mendeleyev- Klapayron tənliyini tətbiq etsək alarıq:

$$\frac{(V + \Delta V)P}{T} = \frac{(V + \beta)(P + \Delta P)}{T + \Delta T}.$$

Bu ifadənin hər tərəfini PV -yə bölək:

$$\left(1 + \frac{\Delta V}{V}\right) \frac{1}{T} = \left(1 + \frac{\Delta P}{P}\right) \left(\frac{1}{T + \Delta T}\right)$$

yazmaq olar. Bu ifadədən balondakı qazın temperatur artımı aşağıdakı kimi tapılar:

$$\Delta T = \frac{\left(\frac{\Delta P}{P} - \frac{\Delta V}{V}\right)T}{1 + \frac{\Delta V}{V}} \quad (92)$$

ΔT məlum olduqda balondakı qazın daxili enerjisinin dəyişməsinə aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$\Delta U = C_V \rho (V + \Delta V) \Delta T, \quad (93)$$

burada ΔT (92) ifadəsindən hesablanır. C_V havanın sabit həcmdə xüsusi istilik tutumu olub, o, $169 \text{ kal/q} \cdot \text{dər}$ -dir. ρ -təcrübənin aparıldığı temperaturda havanın sıxlığıdır. Balondakı havanın sıxlığı aşağıdakı kimi hesablanı bilər:

$$\rho = \rho_0 \frac{PT_0}{P_0 T}, \quad (93 a)$$

burada ρ_0 –havanın normal şəraitdəki sıxlığı olub, $0,001293 \text{ q/sm}^3$ -dur.

Nasosla balona hava doldurulduqda görülən iş, həcmə dəyişməsi ilə havanın orta təzyiqi hasilinə bərabərdir,

$$\text{Yəni } A = P_0 \Delta V = \left(P + \frac{\Delta P}{2}\right) \Delta V \quad (94)$$

(93) və (94) ifadələrindən A ilə ΔU -nün qiymətlərini (91) –də yerinə yazdıqda, istiliyin mexaniki ekvivalenti üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$J = \frac{A}{\Delta U} = \frac{\left(P + \frac{\Delta P}{2}\right) \Delta V}{C_V \rho (V + \Delta V) \Delta T} \quad (95)$$

(95) ifadəsinə əsasən istiliyin mexaniki ekvivalentini hesablayarkən V həcmi B balonunun həcminə, ΔV həcmnin isə nasos silindrinin həcminə bərabər götürmək lazımdır.

Qazın ilk P təzyiqini tapmaq üçün manometrdeki maye səviyyələrindəki fərq ilə barometrin göstərdiyi atmosfer təzyiqini toplamaq lazımdır. Başlanğıcda manometrdeki maye səviyyələri eyni də ola bilər.

Nasosla B balonuna əlavə hava doldurduqda alınan Δ təzyiqlər fərqi manometrdən mümkün qədər tez qeyd etmək lazımdır. Qazın ilk T temperaturu dəqiq termometrlə ölçülməlidir. Nasosla balona hava doldurulması çox tez, nasos porşeninin geri çəkilməsi isə çox yavaş-yavaş yerinə yetirilməlidir.

İşin gedişi

1. Qurğunu yoxladıqdan qazın ilk təzyiqini (P) ilk temperaturunu (T) ölçməli və ilk həcmi (V) laboratoriya cədvəlindən götürməli.
2. Nasos ilə balona ani olaraq hava doldurub, manometrdə alınan səviyyələr fərqi qeyd etməli və P təzyiq artımını tapmalı.
3. Porşenin en kəsiyi sahəsi və hərəkət etdiyi yolun uzunluğuna görə balona doldurulan havanın ΔV həcmi hesablamalı.
4. (93a) ifadəsindən havanın sıxlığını hesablamalı ($\rho_0 = 0,001293 \text{ q/sm}^3$).
5. Cədvəldən havanın sabit həcmdəki xüsusi istilik tutumunu tapmalı ($C_V = 0,169 \text{ kal.q.dər}$).
6. Balona hava doldurularkən onun temperatur artımını (92) ifadəsindən hesablamalı (burada T -mütləq temperatur olub, $T = 273 + t$ ilə hesablanır, t isə selsi dərəcəsi ilə ifadə olunan qazın ilk temperaturudur).
7. Əldə edilən bütün qiymətləri (95) ifadəsində yazaraq, istiliyin mexaniki ekvivalentini hesablamalı.
8. Təcrübəni 3 dəfə təkrar edərək, orta qiymət tapmalı.
9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamalı.

İstiliyin mexaniki ekvivalentini $\frac{kQm}{k\text{kal}}$ vahidi ilə almaq istədikdə, təzyiq $\frac{kq}{m^2}$, xüsusi çəki $\frac{kq}{m^3}$, xüsusi istilik tutumu $\frac{k\text{kal}}{kq \cdot dər}$ ilə ölçülməlidir.

LABORATORİYA İŞİ №19

KAPİLLYAR BORU RADIUSUNUN TƏYİNİ

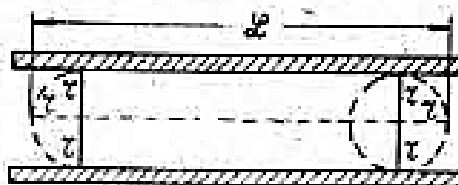
Çalışma 1. Çəkiyə görə boru radiusunun təyini

Ləvazimat: radiusu təyin ediləcək kapillyar boru, civə, analitik tərəzi və çəki daşları, komparator və yaxud katetometr .

Radiusu təyin ediləcək kapillyar borunu analitik tərəzidə çəkib, sonra şaquli istiqamətdə stəkandakı 4 – 5 sm hündürlüyə malik civəyə salıb, borunun açıq ucunu barmaqla qapayaraq civədən çıxartdıqda, kapillyar boruda müəyyən uzunluqda civə sütunu qalar. Bu civə sütunundan 2 – 3 sm hündürlükdə boruda saxlayıb, artıq hissəsini tökməli. Bunun üçün borunu azca mayili vəziyyətə gətirib barmaqla kiçik təkanlar vermək lazımdır. Bu civəli borunu üfqi vəziyyətdə analitik tərəzidə dəqiq çəkdikdən sonra komparator və yaxud katetometr vasitəsi ilə kapillyar borudakı civə sütununun uzunluğunu ölçmək lazımdır. 54-cü şəkildən göründüyü kimi, civənin kapillyarda meniski hər iki tərəfdən qabarıq olduğundan, l uzunluğu: civənin bir tərəfindəki qabarıq meniskin orta nöqtəsindəki digər bir tərəfdəki qabarıq meniskin kapillyarın daxili divarına toxunduğu yerə qədər olan məsafədir (ab məsafəsi).



şəkil 54.



şəkil 54 a.

Kapillyar borunun civə ilə birlikdə çəkisindən kapillyarın çəkisini çıxdıqda, kapillyar boru içərisində l uzunluqda civənin çəkisini alırıq. Digər tərəfdən kapillyar borudakı civənin P çəkisini riyazi yolda hesablasaq, civənin V -həcmi onun D –xüsusi çəkisinə vurmaq lazımdır.

Kapillyar borunun radiusu r , ondakı civə uzunluğunu L , civənin xüsusi çəkisini D ilə işarə etsək, 54 a şəklinə əsasən boru içərisindəki civənin həcmi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$V = \pi r^2 (L - 2r) + \frac{4}{6} \pi r^3 + \frac{4}{6} \pi r^3$$

Bu ifadəni sadələşdirsək

$$V = \pi r^2 L - \frac{4}{3} \pi r^3$$

alarıq, Civenin çekisi isə

$$P = \pi r^2 LD - \frac{2}{3} \pi r^3 D \quad (97)$$

(97) Kapillyar borunun radiusu $r = 0,01 \text{ sm}$ –dən böyük olduğu hallarda (97) ifadəsindən istifadə edərək onun radiusunu hesablamaq olar. Əgər kapillyar borunun radiusu $r = 0,01 \text{ sm}$ –dən kiçik olarsa bu halda (97) ifadəsinin sağ tərəfindəki ikinci hədd çox kiçik olduğundan az xəta ilə onu nəzərə almamaq olar. ($r = 0,01 \text{ sm}$ olarsa ikinci hədd nəzərə alınmadıqda kapillyar boru radiusunun hesablanmasında buraxılan xəta 0,1% olur). Bu halda (97) ifadəsi sadələşər və kapillyar boru radiusunu hesablamaq üçün aşağıdakı düstur

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi LD}}$$

alınır.

İşin gedişi

1. Təmiz yuyulub, qurudulmuş kapillyar borunu analitik tərəzidə çəkməli.
2. Kapillyar borunu şaquli istiqamətdə stəkanda təmiz civəyə salmalı və açıq tərəfini barmaqla qapayaraq onu civədən çıxarmalı.
3. İçərisində civə olan kapillyar boruda $2 - 3 \text{ sm}$ uzunluqda civə saxlayaraq, onu üfüqi vəziyyətdə ehmalca tərəzi gözüne qoyub, çekisini təyin etməli.
4. Kapillyar borunu civə ilə birlikdə komparotor (mikroskop) skamyası üzərinə qoyub, civə sütununun uzunluğunu bir neçə dəfə təyin edib, L üçün orta qiyməti tapmalı.
5. Kapillyarın civə ilə birlikdə çekicəsindən onun boş çekisini çıxmaqla, civenin çekisini tapmalı.
6. Təcrübə temperaturuna uyğun olaraq civenin xüsusi çekisini cədvəldən götürməli.
7. Təcrübədən P, L və D üçün tapılan qiymətləri (97) ifadəsində yazaraq kapillyarın radiusunu hesablamaq.
8. Eyni kapillyar boru üçün təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək, r – üçün orta qiymət tapmalı.
9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətarını hesablamaq.

Çalışma2. Kapillyar boruda mayenin qalxma hündürlüyünə görə radiusunun təyini

Ləvazimat: katetometr, müxtəlif radiuslu kapillyar boru, kapillyar borunu saxlayan dayaq və yaxud ştativ, səthi gərilmə əmsalı məlum olan mayələr.

Qısa nəzəri məlumat

Kapillyar boruda mayenin əyri səthi altında əmələ gələn əlavə təzyiq (bu təzyiq Laplis qanununa görə $P = \frac{2\pi}{R}$ düsturu ilə ifadə olunur) kapillyardakı maye sütununun təzyiqi ilə (pgh) tarazlaşana kimi kapillyar boruda yuxarı qalxmalıdır (şəkil 55).

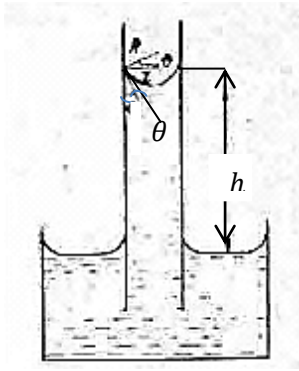
Bu halda

$$\frac{2\alpha}{R} = \rho gh \quad (99)$$

Mayenin sıxlığı, (ρ) az, səthi gərilmə əmsalı (α) böyük olduqca, θ kənar bucağı kiçik olur və maye kapillyar boruda daha çox qalxır. Şəkildən göründüyü kimi, maye səthinin əyrilik radiusu (R) ilə kapillyar boru radiusu (r) arasındakı münasibət vardır:

$$R = \frac{r}{\cos\theta}$$

Tam islatma halında $\theta = 0$ və $R = r$ olar.



Göstərilən şərtlər daxilində (99) ifadəsində R kapillyarın radiusu r ilə əvəz edilsə

$$r = \frac{2\alpha}{\rho gh} \quad (100)$$

olur, burada ρ – mayenin sıxlığı α – onun səthi gərilmə əmsalı, h – mayenin kapillyarda qalxma hündürlüyü və g – sərbəst düşmə təcildir. Təcrübə zamanı səthi gərilmə əmsalı böyük olan maye seçməklə, kapillyarın radiusu (100) ifadəsinə görə hesablamaq olar. Digər tərəfdən kapillyarın radiusu məlum olarsa, mayenin boruda qalxma hündürlüyünü ölçməklə, mayenin səthi gərilmə əmsalını hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Radiusu təyin ediləcək kapillyar borunu təmiz yuyub qurutmalı.
2. Stəkana səthi gərilmə əmsalı məlum olan maye tökməli.
3. Kapillyar borunu şaquli istiqamətdə stəkandakı mayenin içərisində salıb, ştativə bərkitməli.
4. Katetometrle stəkandakı maye səthinə nəzərən kapillyardakı mayenin hündürlüyünü ölçməli.
5. Müvafiq temperatur üçün cədvəldən mayenin sıxlığını tapmalı.
6. α , h və g -nin məlum qiymətlərini (100) ifadəsində yazaraq kapillyar borunun radiusunu hesablamaq.
7. Təcrübəni 5-6 dəfə təkrar edərək, r üçün orta qiymət tapmalı.
8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamaq.

9. Kapillyarın radiusunu tapdıqdan sonra, stəkana səthi gərilmə əmsalı məlum olmayan və borunu isladan maye tökməklə, onun kapillyardakı hündürlüyünü katetometrlə ölçərək (100) ifadəsində yazıb, həmin mayenin səthi gərilmə əmsalını hesablamaq olar. Bu halda tədqiq olunan mayenin sıxlığını ya cədvəldən və ya da məlum üsulların birinə əsasən təcrübədən tapmaq lazımdır.
10. Həmin maye üçün səthi gərilmə əmsalını 5-6 dəfə tapıb, orta qiymət götürməli.
11. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamaq lazımdır.

LABORATORİYA İŞİ № 20

QAZLARIN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALI VƏ MOLEKULLARIN SƏRBƏST YOLUNUN ORTA UZUNLUĞUNUN TƏYİNİ

Çalışma 1. Daxili sürtünmə əmsalının təyini

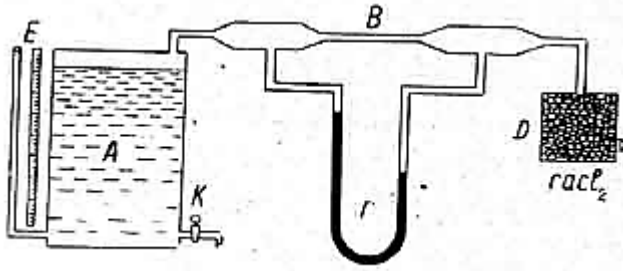
Ləvazimat: dərəcələnməmiş aspirator, kapillyar boru, civəli manometr, havanı təmizləmək üçün kalsium xlorid ($CaCl_2$) filtri, ştangenpərgar və ya xətkəş, termometr.

Nəzəri məlumat və qurğunun təsviri

14№-li işdə biz Puazeyl qanununa əsasən mayələrin daxili sürtünmə əmsalını təyin etməyi öyrəndik. Puazeyl qanunu eyni dərəcədə qazların daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün də tətbiq oluna bilər. Bu qanuna əsasən qazların daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün (80) düsturundan istifadə etmək lazımdır. Həmin düstur aşağıdakı kimi verilmişdir.

$$V = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2) \tau}{8 \eta l} \quad (80)$$

Bu düstur qazlara tətbiq edildikdə V -tədqiq edilən qazın kapillyardan keçən hissəsinin həcmi, r - kapillyar borunun radiusu, l – onun uzunluğu, τ – isə V həcmə malik qazın kapillyardan keçmə müddəti, $(P_1 - P_2)$ isə V həcmə malik qaz kapillyardan keçərkən onun uclarındakı təzyiqlər fərqi, η -qazın daxili sürütümə əmsalıdır. Həmin ifadədə bütün kəmiyyətlər bilavasitə təcrübədən tapıla bildiyindən qazın daxili sürtünmə əmsalını yuxarıdakı düsturla hesablamaq olar. Bunun üçün 56-cı şəkildə verilmiş sadə qurğudan istifadə olunur. Şəkildə görüldüyü kimi, qurğu k kranı və E şkalası olan A aspiratorundan, radiusu r və uzunluğu l olan B kapillyar borusundan, civəli C manometrindən və quruducu D qabından ibarətdir. Qurğu şəkildəki kimi birləşdikdən sonra, su ilə dolu olan aspiratorun kranını elə açmaq lazımdır ki, suyun qərarlaşmış axını alınsın. Bu zaman manometrlə civə sütunu



şəkil 56.

səviyyələrindəki fərq sabitləşəcəkdir.

Maye aspiratordan boşaldıqca onun uclarındakı havanın təzyiqi tədricən azalır. Buna uyğun olaraq quruducudan hava sorulur. Kapillyardan sorulmuş hava keçərkən onun uclarında təzyiqlər fərqi yaranır. Bu təzyiq C vasitəsi ilə ölçülür. Təzyiqlər fərqi sabitləşdikdən sonra aspiratordakı maye səviyyəsi E şkalasında tam bölgülərdən birinə çatdığı anda saniyəölçən işə salınır. 2-3 litrə qədər su axdıqdan sonra aspiratordakı maye səviyyəsi şkalada tam bölgülərdən birinə çatdıqda saniyəölçəni saxlayaraq V -həcmə malik qazın B kapillyapından keçmə müddətini tapmış olarıq.

A aspiratoruna sorulmuş havanın V həcmi aspiratordan axıdılan suyun həcminə görə, $(P_1 - P_2)$ təzyiqlər fərqi isə C manometrindəki civə səviyyələrini fərqi görə taparaq (80) ifadəsinə əsasən qazın daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Qurğunu yoxladıqdan sonra aspiratoru su ilə doldurmalı.
2. Kapilyar borunun r radiusunu və l uzunluğunu laboratoriyadakı cədvəldən götürməli.
3. Aspiratorun kranını açaraq suyu axıtmalı və manometirindəki monometrdəki civə səviyyələrini fərqi sabitləşməsinə gözləməli.
4. Civə səviyyələrini fərqi sabitləşdikdən sonra aspiratordakı suyun səviyyəsi aşağı düşərkən E şkalasındakı tam bölgülərin birindən keçdiyi anda saniyəölçəni işə salıb, 2-3 litr su axdıqdan sonra tam bölgülərdən birinə çatdıqda onu saxlamalı və τ zamanını qeyd etməli.
5. τ müddətində axan mayenin həcmi, həcmə görə dərəcələnməmiş E şkalasından hesablamaq.
6. Manometrlə kapilyarların uclarındakı təzyiqlər fərqi $(P_1 - P_2)$ ölçməli.
7. Təcrübədən əldə edilən qiymətləri (80) ifadəsində yerinə yazaraq. Qazın η daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq.
8. Mayenin aspiratordan axma sürətini sabit saxlayaraq, müxtəlif həcmdə qaz sormaqla təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli və η üçün orta qiymət tapmalı.
9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.
10. Mayenin aspiratorundan axma sürətinin başqa qiymətləri üçün də təcrübəni təkrar etmək olar.

Çalışma 2. Qaz molekullarının sərbəst yolunun orta uzunluğunun təyini.

Ləvazimar: qazların daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün qurğu (şəkil 56) termometr, xətkəş və ştangenpərgar.

Qisa nəzəri məlumat

Qazlarda köçürmə hadisəsindən məlumdur ki, η daxili sürünmə əmsalı ilə λ sərbəst yolunun orta uzunluğu arasında

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda} \quad (101)$$

asılılığı vardır. Burada ρ -qazın sıxlığını, $\bar{v}$ qaz molekullarının orta sürətidir. Qazı daxili sürtünmə əmsalı Pyazeyl qanunun α əsasən bu işin 1 çalışmasında olduğu kimi hesablanır. ρ və $\bar{v}$ –ni isə aşağıda verilmiş qayda ilə hesablayıb, qiymətlərini (101) ifadəsində yazmaqla, qaz molekullarının sərbəst yolunun orta uzunluğunu tapmaq olar. Qazın ixtiyari kütləsi üçün yazılmış Mendeleyev- Klaneyron tənliyindən ρ -nu

tapsaq:
$$\rho = \frac{P\mu}{RT} \quad (102)$$

Maksvelin qaz molekullarının sürətlərə görə paylanması qanununa əsasən orta ədədi sürət aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = 1,60 \sqrt{\frac{RT}{\mu}} \quad (103)$$

(102), (103) və (101) ifadələrindən λ –nı tapsaq

$$\bar{\lambda} = 1,87 \frac{\eta}{P} \sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \quad (104)$$

Son ifadəyə əsasən $\bar{\lambda}$ -nı hesablamaq üçün qazın η daxili sürtünmə əmsalını (80) ifadəsindən təyin etmək lazımdır. P -ni manometrlə, T -ni termometrlə (qaz tədqiq olunduğu zaman malik olduğu temperaturdur) ölçmək lazımdır (hava üçün $\mu = 29$ götürülür).

İşin gedişi

1. Bu işin 1 çalışmasında göstərilən ardıcılıqla 56-cı şəkildə verilmiş quğudan istifadə etməklə tədqiq olunan qazın daxili sürtünmə əmsalını üç dəfə təyin etməli.
2. η üçün tapılan hər qiymətə uyğun kapillyarların uclarındakı təzyiqlər fərqi (P) ölçməli.
3. Təcrübənin aparıldığı temperaturu ölçməli və tədqiq olunan qazın molekul çəkisini cədvəldən götürməli.
4. Universal qaz sabitini və (104) ifadəsinə daxil olan digər kəmiyyətlərin qiymətini müəyyən vahidlər sisteminə yazaraq $\bar{\lambda}$ -nı hesablamaq.
5. $\bar{\lambda}$ üçün orta qiymət tapmalı, təcrübəni mütləq və nisbi xətalarını hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ №21

BƏRK CİSİMLƏRİN İSTİLİKKEÇİRMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

Ləvazimat: *A* və *B* silindrik qutuları (şəkil 57), qızdırıcı və soyuducu mənbələr, hər bölgüsü $0,1^{\circ}\text{C}$ olan termometrlər, tədqiq olunan cisimlər, su yığmaq üçün qablar, rezin borular, tərəzi və çəki daşları, ştangenpərgar və ya mikrometr, xətkəş, saniyəölçən.

Qısa nəzəri məlumat

İstiliyin verilməsi hadisəsi, temperaturu yüksək olan təbəqədən aşağı olan təbəqəyə istilik miqdarının daşınmasından ibarətdir.

İstilik miqdarı temperaturları müxtəlif olan bir cisimdən başqa cismə keçirsə, belə hadisəyə *xarici istilikkeçirmə*, eyni cismin müxtəlif temperaturlu bir hissəsindən (təbəqəsindən) digər hissəsinə keçirsə, belə hadisəyə *daxili istilikkeçirmə* deyilir. Bu işdə daxili istilikkeçirmə hadisəsini nəzərdən keçirəcəyik.

Təcrübələr göstərir ki, cisimlərdə istiliyin verilməsi üç yolla gedir.

a) cismi təşkil edən hissəciklər istilik miqdarını, temperaturlar fərqiindən və sıxlığın dəyişməsiindən asılı olaraq özü ilə apararaq bir təbəqədən, başqa təbəqəyə verə bilər. İstiliyin bu yolla verilməsinə *konveksiya* deyilir. Konveksiya yolu ilə istiliyin verilməsi qazlarda və mayələrdə müşahidə olunur.

b) Məlumdur ki, bütün temperaturlarda cisimlər müxtəlif tezlikli şüalar buraxır. Bu şüalar işıq kvantlarından ibarət olub müəyyən enerjiyə malikdir. Bu enerji isə müəyyən istilik miqdarına ekvivalentdir. İstiliyin bu yolla daşınmasına *şüalanma* ilə istiliyin verilməsi deyilir;

v) İstiliyin verilməsi isti təbəqədən nisbətən soyuq təbəqəyə atom və molekulların bilavasitə hərəkəti ilə deyil, öz enerjilərinin qonşuluqdakı hissəciklərə ötürülməsi yolu ilə də gedə bilər ki, buna *istilikkeçirmə* deyilir.

Bərk cisimlərdə istilikkeçirməni ətraflı öyrənək.

Bərabər zaman fasilələrində cismin müəyyən en kəsiyindən keçən istilik miqdarı sabit qalarsa, belə istilik axını qərarlaşmış axın, əks halda isə qərarlaşmamış axın (sel) adlanır. Qərarlaşmış istilik axınında, axın istiqamətinə perpendikulyar qoyulmuş S səthindən $d\tau$ zamanda keçən dQ istilik miqdarı, S səthi, $d\tau$ zamanı və $\frac{T_1-T_2}{t}$ temperatur qradienti (istiliyin ötürüldüyü istiqamətdə hər vahid uzunluqda temperaturun dəyişməsi) ilə mütənasib olduğundan

$$dQ = -k \frac{T_1-T_2}{t} S d\tau \quad (105)$$

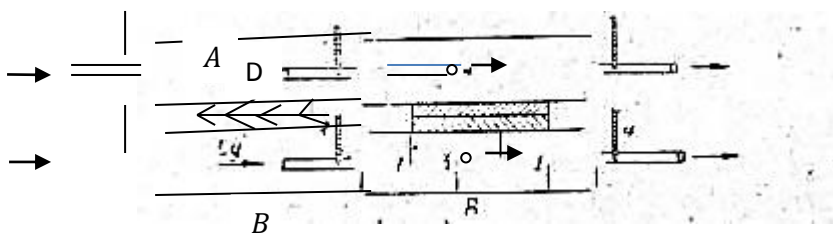
yaza bilərik. Bu ifadəyə *Furye tənliyi* deyilir. Tənlikdəki mənfi İşarəsi istilik miqdarının temperaturun azaldığı istiqamətdə ötürüldüyünü göstərir. Burada k –mütənasiblik əmsalıdır. Buna daxili istilikkeçirmə əmsalı deyilir. (105) düsturuna əsasən k –nın fiziki mənasını aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

Temperatur qradienti vahidə bərabər olduqda, istilik selinə perpendikulyar qoyulmuş vahid səthdən vahid zamanda keçən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə, həmin cismin istilikkeçirmə əmsalı deyilir.

İstilikkeçirmə əmsalının ölçü vahidi $kal/m \cdot san \cdot qər$ və ya $kcal/m \cdot san \cdot qər$ olar. İstilikkeçirmə ümumiyyətlə temperaturdan asılı olaraq dəyişir. Lakin kiçik temperatur intervallarında onu təqribən sabit qəbul etmək olar. İstilikkeçirmə əmsalını təyin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Bunlardan ən çox tətbiq olunanı silindirik, müstəvi və müntəzəm istilik rejimi üsullarıdır. Müstəvi üsulda bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalını təyin etməyin nəzəri əsasları və müvafiq qurğusu ilə tanış olar.

Qurğunun təsviri və istifadə qaydası

Bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalını mütləq üsulla təyin etmək üçün istifadə olunan qurğu 57-ci şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi istilikkeçirmə əmsalı təyin ediləcək D cismi, içərisi boş olan A və B silindirik qutuları arasına qoyulur (E cismi olmayan halda) və möhkəm sıxılır. A və B qutuları qarşı üzləri təqribən bərabər olmaqla istiliyi yaxşı keçirən metaldan (mis və ya latundan) hazırlanır. A qutusunda qaynamaqda olan maye və ya onun buxarı, B qutusunda isə sabit temperaturda olan soyuq su axıdılır. Uyğun olaraq qutulardan biri *qızdırıcı*, digəri isə *soyuducu* adlanır. Tədqiq olunan D cisminin toxunma səthi A və B qutularının səthindən bir qədər kiçik olmalıdır.



Şəkil 57.

Buxar və soyuq suyun qutulara daxil olduğu və onlardan çıxdığı yerlərə $0,1^{\circ}C$ bölgüyə malik termometrlər (mümkün olarsa, $0,1^{\circ}C$ dəqiqliyə malik Bekman termometrləri) yerləşdirilir. B qutusunun içərisindəki a, b, c, d lövhələri qutuya daxil olan suyun istiqamətini dəyişməklə temperaturun bərabər paylanması təmin etmək üçündür. (şəkil 57).

A qabından su buxarı, B qabından isə sabit temperaturlu su axıdıldıqda sistem üst tərəfdən tədricən qızdırılır və tədqiq olunan D cismi istiliyi altdakı B qabına, o da axan suya verir. Ona görə də soyuq suyun temperaturu əvvəlcə tədricən artır.

Müəyyən vaxtdan sonra isə istiliyin verilməsinin qərarlaşmış halı alınır. Bu halda B qabından çıxan suyun temperaturu dəyişmir və $t_1 - t_2$ fərqi sabit qalır. Bu şəraitdə vahid zamanda soyuq suya verilən istilik miqdarı D cismindən keçən istilik miqdarına bərabər olar. Təcrübənin gedişində qərarlaşmış hal əldə edildikdən sonra B qabından çıxan müəyyən miqdarda soyuq suyun aldığı və ya D cisminin keçirdiyi istilik miqdarını hesablamaq mümkündür.

Fərz edək ki, $d\tau$ müddətində B soyuducusundan çıxan suyun miqdarı m , suyun soyuducuya daxil olduğu və çıxdığı yerlərdə temperaturlar fərqi ($t_1 - t_2$)-dir. Onda həmin suyun aldığı dQ istilik miqdarı

$$dQ = mc(t_1 - t_2) \quad (106)$$

Olar. Burada c -suyun müvafiq temperaturda xüsusi istilik tutumudur. Digər tərəfdən, həmin istilik miqdarı Furiye qanununa görə

$dQ = -k \frac{T_1 - T_2}{l} S d\tau$ ifadəsi ilə hesablanır. Burada T_1 -qızdırıcının, T_2 - isə soyuducunun selsi şkalası üzrə götürülmüş orta temperaturlarıdır. Onları termometrlərin göstərişlərinə əsasən aşağıdakı kimi tapmaq olar:

$$T_1 = \frac{(t_1 + t_2)}{2}, \text{ və ya } T_2 = \frac{(t_3 + t_4)}{2},$$

Deyilənlərə əsasən yazmaq olar:

$$mc(t_4 - t_3) = -k \frac{T_1 - T_2}{l} S d\tau. \quad (107)$$

Bu bərabərsizlikdən k -nı hesablayaq

$$k = \frac{2mcl(t_4 - t_3)}{(t_1 + t_2 - t_3 - t_4) S d\tau}, \quad (108)$$

burada l -tədqiq olunan cismin qalınlığı, $d\tau$ isə kütləsi m olan mayenin B borusundan axması üçün keçən zamandır. (108) ifadəsinə əsasən bərk cismin mütləq istilikkeçirmə əmsalını hesablamaq olar.

Bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalını nisbi üsulla daha asan təyin etmək mümkündür. Bunun üçün əvvəlcə istilikkeçirmə əmsalı (k_2) məlum olan etalon bərk cisim (E) seçmək lazımdır.

Tədqiq olunan və etalon cisimlərdən qalınlıq və səth ölçüləri uyğun olaraq $l_1 S_1$ və $l_2 S_2$ olan lövhələr götürüb bir-birinin üzərinə qoyaraq şəkildə olduğu kimi A və B qutuları arasında sıxmalı. Müstəvi üsulla istilikkeçirmə əmsalını təyin edərkən qızdırıcı və soyuducunun kənara verdikləri istilik miqdarlarının qarşısını almaq üçün hər iki qutunun kənarları istiliyi pis keçirən azbest təbəqəsi ilə örtülür. Bu halda A qızdırıcısına buxar daxil olduqda və ondan çıxdıqda malik olduğu temperaturlar fərqi ($t_2 - t_1$)- uyğun istilik miqdarı (dQ) D və E cisimlərindən keçərək B

qutusuna və ondan axan suya verilir. Kənara verilən istilik itkisinin çox kiçik olduğunu qəbul etsək, qərarlaşmış istilik axını zamanı A –nın verdiyi (D və E lövhələrindən keçən) istilik miqdarı B -nın aldığı istilik miqdarına bərabər olar. Həmin istilik miqdarı D və E lövhələri vasitəsi ilə ötürüldüyündən, Furiye düsturuna əsasən aşağıdakı tənlikləri yazmaq olar.

$$dQ_1 = -k_1 \frac{t_1 - t_2}{l_1} S_1 d\tau_1 ,$$

$$dQ_2 = -k_2 \frac{t_4 - t_3}{l_2} S_2 d\tau_2 .$$

Lövhələrin kənarında baş verən istilik itkisini nəzərə almasaq bərabər zaman fasiləsində bu istilik miqdarları bərabər olar. Bu bərabərlikdən

$$k_1 = k_2 \frac{(t_4 - t_3) S_2 l_1}{(t_1 - t_2) S_1 l_2} \quad (109)$$

alırıq.

Burada k_2 cədvəldən, qalan kəmiyyətlər isə bilavasitə təcrübədən tapılır.

İşin gedişi

1. Əvvəlcə tədqiq olunan müstəvi cismin qalınlığını və diametrini mikrometr və ya ştangenpərgar vasitəsi ilə ölçməli və səth sahəsini hesablamalı.
2. D lövhəsini A və B qutuları arasında yerləşdirib kənardan xarici qüvvə ilə sıxmalı.
3. A və B qutularını uyğun olaraq buxar mənbəyinə və soyuq su kəmərinə birləşdirərək, qərarlaşmış axın əldə etməli.
4. Termometrlər vasitəsi ilə su və buxarın giriş və çıxışlarında temperaturların dəyişməsinə nəzarət etməli.
5. 2 və 4 termometrlərinin göstərişləri sabitləşərək müəyyən bir qiymət aldıqda (bu istiliyin verilməsinin qərarlaşmış halıdır) 1,2, 3 və 4 termometrlərinin göstərişlərini qeyd etməli.
6. Qabaqcadan kütləsi məlum olan qaba soyuducudan çıxan sudan m qram toplamalı və onun axma müddətini ($d\tau$) saniyəölçənlə tapmalı. Qaba yığılan su ilə qabın birlikdə kütləsindən, boş qabın kütləsini çıxmaqla, yığılan suyun kütləsini (m) təyin etməli.
7. Suyun temperaturuna uyğun xüsusi istik tutumunu (C) cədvəldən tapmalı.
8. Təcrübə zamanı əldə edilən bütün qiymətləri (108) ifadəsində yazaraq, tədqiq olunan bərk cismin istilikkeçirmə əmsalını hesablamalı.
9. Soyuducudan axan suyun axma sürətini tədricən dəyişməklə təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli.
10. k üçün orta qiymət tapmalı, mütləq və nisbi xətalı hesablamalı.

11. Etalon lövhə (E) seçib onun temperaturuna uyğun istilikkeçirmə əmsalını (k_2) cədvəldən götürməli. Temperaturun qiyməti E –cisminin toxunduğu qutunun orta temperaturu ilə müəyyən edilir.
12. Tədqiq olunan (D) və etalon (E) cisimlərin qalınlıqlarını (l_1, l_2) və səth sahələrini (S_1, S_2) ölçməli.
13. Hər iki cismi üst-üstə qoyaraq qutular arasında yerləşdirməli və möhkəm sıxmalı.
14. Qızdırıcıdan buxar, soyuducudan isə soyuq su buraxmaqla qərarlaşmış istilik axını alınana kimi gözləməli və bu hala uyğun t_1, t_2, t_3, t_4 temperaturlarını qeyd etməli.
15. Təcrübədən tapılan qiymətləri (109) ifadəsində yazıb tədqiq olunan cismin istilikkeçirmə əmsalını (k_1) hesablamaq.
16. Soyuducudan axan suyun sürətini dəyişdirməklə təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli və k_1 üçün orta qiymət tapmalı.
17. Təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamaq.
18. Eyni bərk cisim üçün istilikkeçirmə əmsalını mütləq və nisbi üsulla təyin edərək alınan nəticələri müqayisə etmək olar.

III hissə ELEKTRİK

LABORATORİYA İŞİ №1

MİSİN ELEKTROKİMYƏVİ EKVİVALENTİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: mis elektrodları olan voltmetr, ampermetr, sabit cərəyan mənbəyi, 30 - 40%-li göydaş məhlulu ($CuSO_4$) reostat, açar, saniyə ölçən, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Məlumdur ki, elektrolitdən elektrik cərəyanı keçərkən elektrod üzərində ayrılan maddənin miqdarı, ondan keçən yükün miqdarı ilə mütənasibdir. *Bu Faradeyin birinci qanunu* adlanır və aşağıdakı kimi yazılır:

$$m = kq, \quad (1)$$

Burada, k - mütənasiblik əmsalı olub, maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti adlanır. Məhluldan vahid elektrik yükü keçdikdə (1) ifadəsinə görə $k = m$ alınar. Deməli, *maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti, elektrolitdən vahid yük keçdikdə, elektrod üzərində ayrılan maddə miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir.* Ayrılan maddənin miqdarı çox kiçik olduğundan, praktikada kütləni milligramlarla, yükü isə kulonlarla ifadə edirlər. Onda k - nın ölçü vahidi $mq \cdot k$ olar. Məhluldan keçən yükün miqdarı $q = it$ düsturu ilə tapılır. Onda Faradeyin birinci qanununu aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$m = kit. \quad (2)$$

Yəni *elektroliz zamanı elektrod üzərində ayrılan maddənin miqdarı, elektrolitdən keçən cərəyan şiddəti və bu cərəyanın keçmə müddəti ilə mütənasibdir.* (2) ifadəsindən alarıq:

$$k = \frac{m}{it}. \quad (3)$$

Deməli, elektrolitdən keçən cərəyan şiddətini, cərəyanın keçmə müddətini və elektrod üzərində ayrılan maddə miqdarını ölçməklə, maddənin elektrokimyəvi ekvivalentini hesablamaq olar. Faradeyin 2-ci qanununa əsasən elektrokimyəvi ekvivalentin təyin edilməsinə keçməzdən əvvəl maddələrin bəzi kimyəvi xarakteristikalarını xatırlayaq.

Maddənin kimyəvi ekvivalenti, ədədi qiymətcə həmin elementin kimyəvi birləşmələrdə 1,0078 q hidrogeni əvəz edən qramlarla kütləsinə bərabər olan kəmiyyətdir. Bu kəmiyyət hər bir elementin atom çəkisinin valentliyinə olan nisbətində bərabər olur. Onda kimyəvi ekvivalenti aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$x = \frac{A}{n}, \quad (4)$$

burada A - elementin atom çəkisi, n - valentliyidir. Elementin atom çəkisi, həmin elementin bir atomu kütləsinin oksigen atomu kütləsinin $\frac{1}{16}$ - indən neçə dəfə böyük olduğunu göstərir.

Elementin valentliyi isə, kimyəvi birləşmələrində həmin elementin bir atomu ilə əvəz olunan hidrogen atomunun sayına deyilir.

Beləliklə, hər bir elementin atom çəkisini və valentliyini bilməklə, onun kimyəvi ekvivalentini (4) ifadəsinə görə hesablamaq olar. *Elementin kimyəvi ekvivalentinə bərabər qramlarla kütləsinə qram - ekvivalent deyilir.*

Faradeyin ikinci qanunu aşağıdakı kimi ifadə olunur: *Bütün elementlərin elektrokimyəvi ekvivalentləri, kimyəvi ekvivalentləri ilə mütənasibdir. Yəni*

$$k = cx, \quad (5)$$

burada c mütənasiblik əmsalı olub, bütün elementlər üçün sabit kəmiyyətdir ($c = 10,37 \cdot 10^{-6} \frac{q}{k}$). *Yəni elektrokimyəvi ekvivalentin kimyəvi ekvivalentə olan nisbəti bütün elementlər üçün sabit kəmiyyətdir.* (4) ifadəsini (5) - də nəzərə alsaq, yazı bilərik;

$$k = c \frac{A}{n}. \quad (6)$$

Əksər hallarda c - sabitini onun tərs qiyməti olan Faradey ədədi ilə ($F = \frac{1}{c} = 96494 \frac{k}{q \cdot ekv}$) əvəz edirlər. Onda

$$k = \frac{1}{F} \frac{A}{n}, \quad (7)$$

(1) düsturundan k -nın qiymətini (7)-də yerinə yazsaq, Faradeyin iki qanununu birləşdirmiş olarıq:

$$\frac{m}{q} = \frac{1}{F} \frac{A}{n}$$

və yaxud

$$m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q. \quad (8)$$

Elektroliz zamanı elektrod üzərində ayrılan maddənin miqdarı, (m) ədədi qiymətəcə onun kimyəvi ekvivalentinə $\left(\frac{A}{n}\right)$ bərabər olarsa, (8) ifadəsindən $F = q$ olar. Deməli, *Faradey ədədi elektroliz zamanı elektrod üzərində bir qram - ekvivalent maddə ayıran elektrik yükünün kulonlarla miqdarına bərabərdir.*

(8) ifadəsindən Faradey ədədini tapaq:

$$F = \frac{A}{n} \frac{q}{m}$$

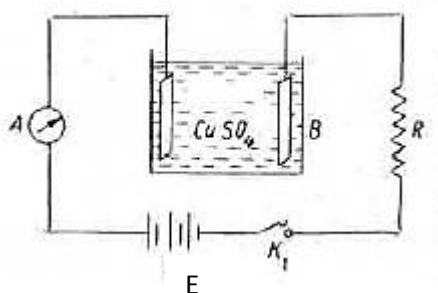
və ya

$$F = \frac{A}{n} \frac{it}{m} \quad (9)$$

Deməli, i , t , m - i təcrübədən tapıb, A və n - i cədvəldən götürərək (9) ifadəsindən Faradey ədədini hesablamaq olar. Yaxud maddənin elektrokimyəvi ekvivalentini təcrübədən tapdıqdan sonra onun atom çəkisi və valentliyini cədvəldən götürməklə (7) ifadəsinə əsasən F -i hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. 58-ci şəkildəki kimi dövrə qurmalı. Bu dövrəyə mis lövhəli B voltmetri, A ampermetri, E sabit cərəyan mənbəyi, R reostatı və k_1 açarı daxildir.
2. Mənbəyin mənfi qütbünə birləşdirilmiş elektrodu təmiz silib, qurutduqdan sonra analitik tərəzidə kütləsini təyin etməli.
3. Voltmetrə 30-40%-li göydaş məhlulu ($CuSO_4$) tökməli. Göydaş məhlulunun elektrodları tamamilə örtməsinə nail olmalı. Məlumdur ki, hələ dövrə qapanmamış göydaş məhlulunda dissosiasiya nəticəsində iki elektron itirmiş müsbət mis-ionları (Cu^{++}) və iki elektron qəbul etmiş mənfi turşu qalığı (SO_4^{--}) ionları əmələ gəlmişdir. Otaq temperaturunda belə ionlar kifayət qədərdir və onlar nizamsız istilik hərəkəti edirlər.



şəkil 58.

4. k_1 açarını bağlayaraq, saniyəölçəni işə salmalı. Reostatla cərəyanı tənzim edərək, dövrədən 0,4 - 0,5 a cərəyan buraxmalı. Cərəyan şiddətinin təcrübənin sonuna qədər sabit qalmasını təmin etməli.
5. Dövrədəki cərəyan şiddətini qeyd etməli.
6. Dövrədən 20-30 dəqiqə cərəyan keçdikdən sonra dövrəni açaraq cərəyanın keçmə müddətini (t) qeyd etməli.
7. Katod lövhəsini məhluldan çıxarıb onun səthinə toxunmadan peç üzərində qurutmalı. Sonra analitik tərəzidə təkrar çəkərək, ayrılan misin kütləsini tapmalı.
8. Təcrübədən m, i, t üçün tapılan qiymətləri (3) ifadəsində yazaraq, misin elektrokimyəvi ekvivalentini hesablamalı və nəticəni cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli (m – milliqramlarla, i – amperlərlə və t – saniyələrlə ifadə edilməlidir).
9. Elektrod üzərində ayrılan maddənin atom çəkisi və valentini cədvəldən tapmalı (mis üçün $A = 63,57$, $n = 2$).
10. i, m, t, A və n -nin qiymətlərini (9) ifadəsində yazaraq, Faradey ədədini hesablamalı.
11. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini tapmalı.

LABORATORİYA İŞİ №2

TERMOELEMENTİN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ VƏ TERMOELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: mis konstantan termocütü, həssas qalvanometr, içərisində kerosin və ya maşın yağı olan sınaq şüşəsi, düar qablar və ya iki kimyəvi stəkan, iki termometr, elektrik peçi, müqavimət mağazası, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

1797- ci ildə Volta müəyyən etmişdir ki, iki müxtəlif metalı bir-birinə toxundurduqda onların toxunduqları yerdə potensiallar fərqi yaranır. Volta metalları elə sıraya düzmüşdür ki, onlardan hər biri özündən sonra gələn metalla toxunduqda müsbət elektriclənir. Bu sıra aşağıdakı kimidir:

$Al, Zn, Sn, Cd, Pb, Sb, Bi, Hg, Fe, Cu, Ag, Au$, və i. a

Müxtəlif iki metalın toxunmasından əmələ gələn potensiallar fərqi, kontakt potensiallar fərqi deyilir.

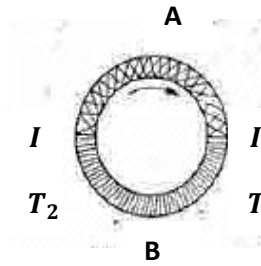
Nəzəri mülahizələr və təcrübi tədqiqatlar göstərir ki, kontakt potensiallar fərqi toxunan metallarda elektronların çıxış işlərinin müxtəlif olması və metalların vahid həcmələrində olan sərbəst elektronlar sayının müxtəlif olması nəticəsində əmələ

gəlir. Hər iki səbəb nəzərə alındıqda A və B metalları toxundurularkən onların toxunduqları yerdə əmələ gələn kontakt potensiallar fərqi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$V_{AB} = V_B - V_A + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_A}{n_B}, \quad (10)$$

burada $(V_B - V_A)$ A və B metallarından elektronların çıxış işlərinin, $\frac{kT}{e} \ln \frac{n_A}{n_B}$ isə həmin metalların vahid həcmində olan sərbəst elektronlar sayının müxtəlif olması hesabına yaranan potensiallar fərqi. k - Bolsman sabiti $\left(k = 1,38 \cdot 10^{-16} \frac{\text{epz}}{\text{dər}}\right)$, T – toxunma yerinin temperaturu, e - elektronun yükü, n_A və n_B isə uyğun olaraq A və B metallarının vahid həcmində olan sərbəst elektronların sayılır.

Təcrübələr göstərir ki, eyni temperaturda iki müxtəlif metalın bir ucları toxunub, digər ucları açıq olarsa, belə toxunmadan potensial fərqi əmələ gəlir. Lakin həmin metalların



şəkil 59.

ucları cüt-cüt birləşərək qapalı dövrə əmələ gətirdikdə isə kontakt potensiallar fərqi sıfıra bərabər olur. Bu hadisə ardıcıl toxunan metallar üç və daha çox olduqda da özünü doğruldur. Deməli, müxtəlif metalları, eyni temperatur şəraitində, ardıcıl toxunduraraq qapalı dövrə əmələ gətirdikdə, dövrədəki kontakt potensiallar fərqlərinin cəmi (elektrik hərəkət qüvvəsi) sıfıra bərabər olur. İki metalın uclarını cüt-cüt birləşdirərək, qapalı dövrə təşkil edib, kontaklardan birini qızdırdıqda (şəkil 59),

dövrədə e.h.q-si əmələ gəlir. A və B metallarının 1 toxunma nöqtələrindəki kontakt potensiallar fərqi (10) ifadəsinə görə

$$V_{AB} = V_B - V_A + \frac{kT_1}{e} \ln \frac{n_A}{n_B} \quad (11)$$

II toxunma nöqtələrindəki kontakt potensiallar fərqi isə

$$V_{BA} = V_A - V_B + \frac{kT_2}{e} \ln \frac{n_B}{n_A} \quad (12)$$

olduğundan bunların cəmi dövrədəki termoelektrik hərəkət qüvvəsini verir:

$$E = V_{AB} + V_{BA} = \frac{k}{e} (T_1 - T_2) \ln \frac{n_A}{n_B}. \quad (13)$$

Burada k , e və $\ln \frac{n_A}{n_B}$ sabit kəmiyyətlər olduğundan bu ifadəni aşağıdakı kimi yazmaq olar;

$$\varepsilon = C(T_1 - T_2), \quad (14)$$

burada C - mütənasiblik əmsalı olub, iki müxtəlif metalın toxunma nöqtələrindəki (lehim və ya qaynaq edilmiş yerlərindəki) temperaturlar fərqi 1°C olduqda, ədədi qiymətcə dövrədə əmələ gələn termoelektrik hərəkət qüvvəsinə bərabərdir.

$$E = C = \frac{k}{e} \ln \frac{n_A}{n_B}$$

Deməli, iki müxtəlif metaldan düzəldilmiş qapalı dövrənin lehimlərində temperaturlar fərqi yaratdıqda dövrədə cərəyan əmələ gəlir. *Buna termoelektrik cərəyanı deyilir.*

(14) ifadəsinə əsasən kontaktların temperaturları T_1 və T_2 olan, iki müxtəlif metalın toxunmasından əmələ gələn termoelektrik hərəkət qüvvəsini hesablamaq olar.

Hazırda termoelektrik hadisəsinə əsasən düzəldilmiş termocütlər və ya termoelementlər vasitəsi ilə yüksək və alçaq temperaturları, eləcə də temperaturun çox kiçik dəyişmələrini ölçmək olur.

Termocütün lehim nöqtələrindən biri temperaturu sabit olan qaba, digəri isə temperaturu ölçüləcək yerə qoyulur. Bu zaman termocütdə əmələ gələn termoelektrik hərəkət qüvvəsi, lehimlərin temperaturları fərqiindən asılı olacaqdır.

Termocütün elektrik hərəkət qüvvəsinə görə tədqiq olunan mühitin temperaturunu hesablamaq olur. Termocüt vasitəsi ilə hər hansı mühitin temperaturunu ölçmək üçün onu qabaqcadan dərəcələmək lazımdır. Bunun üçün termocüt dövrəsinə həssas qalvanometr daxil edilir. Sonra lehim nöqtələrindən birinin temperaturunu sabit saxlamaqla, digərinin temperaturu tədricən dəyişdirilir. Bu zaman qalvanometrin göstərişi lehim nöqtələrinin temperaturlar fərqiinə uyğun olaraq tədricən dəyişəcəkdir. Qalvanometrin bölgülərinə uyğun temperaturlar fərqiini qeyd edərək, onların arasındakı asılılığın qrafikini qurmaq olar. Bu *termocütün dərəcələnməsi adlanır*. Qrafikdən 1°C temperaturlar fərqiinə uyğun qalvanometr göstərişini (φ_n) aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\Upsilon = \frac{\varphi_n}{t_n - t_0}, \quad (15)$$

Burada t_0 və t_n - lehimlərin temperaturlarıdır. Təcrübə zamanı qalvanometr əqrəbinin bir bölgü meyl etməsinə uyğun gələn kontaktlardakı temperaturlar fərqiini ölçmək olur. Qalvanometrin göstərdiyi bölgülər sayını, onun bir bölgüsünə uyğun gələn temperatur fərqiinə vuraraq, tədqiq olunan mühitin temperaturunu hasablamaq mümkündür.

Termocütlərin müxtəlif növləri vardır. Məsələn, mis- konstantan, dəmir-konstantan, volfram - molibden, platin - radiumlu platin və i. a. Bunlardan mis - konstantan və dəmir –konstantan, termocütləri ilə çox yüksək olmayan temperaturları (700-800⁰C), platin - radiumlu platin termocütü ilə isə, daha yüksək temperaturları (1700⁰ C-yə kimi ölçmək mümkündür. Sonuncu termocütün bir teli təmiz platindən, digəri isə 10 % radium qarışığı olan platindən hazırlanır.

Termocütün lehim nöqtələrinin temperaturları fərqli olduqda dövrədə sıfırdan fərqli e.h q. əmələ gəlir. Bu e.h.q.-nə termoelektrik hərəkət qüvvəsi deyilir. Lehim nöqtələrinin temperatur fərqi 1⁰ C olduqda e.h q. böyük olan termocüt daha həssas olur.

Termoelementlərin elektrik hərəkət qüvvələri aşağıdakı kimi təyin edilir. Əvvəlcə termocüt dövrəsinə həssas qalvanometr qoşub, lehimlərin $t_n - t_0$ temperaturları fərqinə uyğun qalvanometr göstərişini qeyd edirlər. Dövrədəki qalvanometrin termoelementin və birləşdirici naqillərin müqavimətlərini R_0 ilə işarə etsək alarıq:

$$\varepsilon = i\varphi_0 R_0 \quad (16)$$

burada φ_0 - qalvanometrin göstərişi, i - isə qalvanometrin həssaslığı olub, onun əqrəbini bir bölgü meyl etdirmək üçün ondan keçən cərəyan şiddəti ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir.

Termoelement və qalvanometr dövrəsinə ardıcıl olaraq məlum R müqaviməti qoşaraq, qalvanometrin buna uyğun göstərişi (φ) qeyd edilsə,

$$\varepsilon = i\varphi(R_0 + R) \quad (17)$$

olar. (16) və (17) ifadələrindən məchul müqaviməti (R_0) yox etməklə termoelektrik hərəkət qüvvəsi üçün

$$\varepsilon = i \frac{\varphi_0 \varphi}{\varphi_0 - \varphi} R \quad (18)$$

alarıq. Bunu (14) ifadəsi ilə müqayisə etsək:

$$C = \frac{c}{t_n - t_0} = \frac{iR}{t_n - t_0} \frac{\varphi_0 \varphi}{\varphi_0 - \varphi} \quad (19)$$

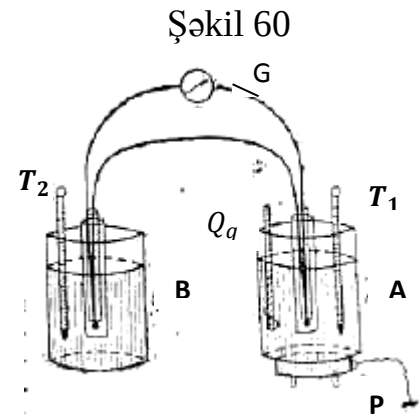
Burada C - bir dərəcə temperatur fərqinə uyğun termoelektrik hərəkət qüvvəsi olub, mikrovoltlarla ifadə olunur, i isə qalvanometrin həssaslığıdır və qalvanometrin üzərindəki xarakteristik cədvəldən götürülür.

Cihazın təsviri

Termoelement, ucları cüt-cüt lehimlənmiş iki müxtəlifcinsli metal çubuqdan ibarətdir (şəkil 60)

Lehim nöqtələri, içərisində yağ və ya kərasin olan sınaq şüşələrinə, bunlar isə A və B termostatlarına salınır. Temperaturları ölçmək üçün A və B qabına dəqiq termometrlər daxil edilir.

Termocütün kontaktlarında temperatur fərqi yaratmaq üçün lehimlərdən biri P peçi vasitəsi ilə qızdırılır. A termostatında temperaturun bərabər paylanması əldə etmək üçün Q qarışdırıcısından istifadə olunur.



Şəkil 60.

İşin gedişi

1. 60 - cı şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı. Sonra A və B qablarında temperaturları bərabərləşdirməli. Bunun üçün hər termostata eyni temperaturu maye tökməli və temperaturu (t_0) qeyd etməli. Bu halda qalvanometrin əqrəbi sıfır bölgəsünü göstərməlidir.
2. B qabının temperaturunu sabit saxlayaraq, A qabını tədricən qızdırmalı.
3. A və B qablarının temperaturları fərqi üçün qalvanometrin göstərişlərini qeyd etməli.
4. Temperatur fərqi ilə qalvanometrin göstərişləri arasındakı asılılığı göstərən qrafiki qurmalı.
5. 1°C temperatur fərqi üçün qalvanometrin göstərişini təyin etməli.
6. Termoelementin lehim nöqtələrinin temperaturları fərqi sabit saxlamaqla, əvvəlcə R_0 məchul müqavimətinə görə qalvanometrin göstərişini (φ_0), sonra dövrəyə ardıcıl daxil edilmiş məlum R müqavimətinə görə göstərişini (φ) müəyyən etməklə, (19) ifadəsinə əsasən, bir dərəcə temperatur fərqi üçün termoelektrik hərəkət qüvvəsini (C) hesablamalı.
7. Dövrəyə müxtəlif məlum müqavimətlər daxil etməklə təcrübəni təkrar etməli.
8. C üçün tapılan qiymətlərə əsasən orta qiymət tapmalı.

LABORATORİYA İŞİ №3

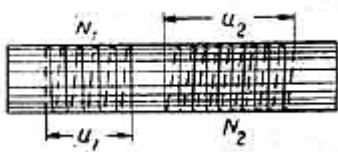
TRANSFORMATORUN TRANSFORMASIYA VƏ FAYDALI İŞ ƏMSALININ TƏYİNİ

Ləvazimat: transformator, dəyişən cərəyan ampermetri, dəyişən cərəyan voltmetri, reostat, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Transformator, elektrik cərəyanının gücünü sabit saxlamaqla gərginliyi yüksəldən və ya alçaltdan cihazdır. Transformatorlardan texnikada, məişətdə və eləcə də elektrik enerjisinin uzaq məsafələrə verilməsində geniş istifadə olunur.

Quruluşu etibarlı ilə transformator çox sadə olub, dəmir nüvəyə sarınmış iki dolaqdan ibarətdir (şəkil 61),



Şəkil 61.

Bu dolaqlardan biri dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulur. Həmin dolaqdakı gərginlik düşküsünü u_1 ilə işarə edək. Birinci dolaqda dəyişən cərəyanın yaratdığı dəyişən maqnit seli, ikinci dolaqdakı sarğıları kəsdiyindən bu dövrdə u_2 gərginliyi və buna uyğun induksiya cərəyanı yaranır. Transformatorun ikinci dolağının ucları işlədiciyə qoşulur. İkinci dolaqdakı sarğılar sayı (N_2) birinci

dolaqdakı sarğılar sayından (N_1) az olduqda, transformator gərginliyi alçaltdıcı, əksinə olduqda isə yüksəldici olur.

Transformatoru xarakterizə edən kəmiyyətlərdən biri də *transformasiya əmsalıdır*. Transformatorun ikinci dolağındakı u_2 gərginliyinin, birinci dolağındakı u_1 gərginliyinə olan nisbətində (və yaxud ikinci dolaqdakı N_2 sarğılar sayının birinci dolaqdakı N_1 sarğılar sayına nisbətində) transformasiya əmsalı deyilir və k ilə işarə olunur:

$$k = \frac{u_2}{u_1} \approx \frac{N_2}{N_1} \quad (20)$$

Transformatorlarda enerji itkisi az olduğundan, birinci və ikinci dolaqdakı gücləri təxminən bərabər qəbul etmək olar:

$$i_1 u_1 = i_2 u_2$$

buradan

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{i_1}{i_2}$$

Onda transformasiya əmsalını

$$k = \frac{u_2}{u_1} \approx \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (21)$$

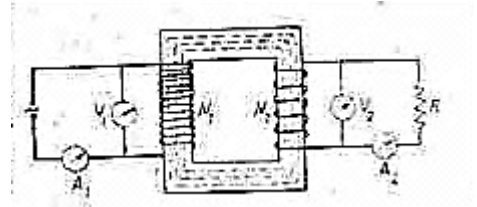
(20) və ya (21) ifadələrindən görünür ki, $k < 1$ olduqda transformator alçaldıcı, $k > 1$ olduqda isə yüksəldici olur.

Təcrübələr göstərir ki, ikinci dolaqda alınan və faydalı işə sərf olunan enerji, birinci dolağa verilən enerjiden həmişə az olur. Çünki birinci dolağa verilmiş enerjinin müəyyən hissəsi istiliyə, fuko cərəyanlarına və digər itkilərə sərf olunur. Verilmiş enerjinin çox hissəsini faydalı işə sərf edə bilən transformator daha əlverişli və faydalı olur.

Transformatorlar faydalı iş əmsalına (f. i. ə.) görə də xarakterizə olunur.

Transformatorun ikinci dövrəsindəki gücün birinci dövrəsindəki gücə olan nisbətində transformatorun faydalı iş əmsalı deyilir və aşağıdakı kimi yazılır:

$$\eta = \frac{u_2 i_2}{u_1 i_1} \quad (22)$$



Şəkil 62.

Burada $u_2 i_2$ – ikinci dolaq dövrəsindəki güc, $u_1 i_1$ birinci dolaq dövrəsindəki güc, η isə transformatorun faydalı iş əmsalıdır.

Cihazın təsviri

Transformatorların quruluş sxemi 62-ci şəkildə verilmişdir. Cihaz, parafinlənmiş kağızla izolə edilmiş dəmir vərəqlərin əmələ gətirdiyi çərçivə (nüvəyə) sarınmış N_1 və N_2 dolağından ibarətdir. Çərçivənin dəmir vərəqləri arasına parafinli kağız qoymaqla fuko cərəyanları nəticəsində transformatorun qızmasının qarşısını almaq olur. Sxemdə olduğu kimi hər dolaq dövrəsinə ardıcıl olaraq dəyişən cərəyan ampermetrləri (A_1 və A_2) və dolaqların uclarına paralel olaraq voltmetrlər (V_1 və V_2) qoşulur. Dövrədə cərəyan şiddətini dəyişmək üçün ikinci dolaq dövrəsinə ardıcıl olaraq R reostatı da qoşulur.

İşin gedişi

1. 62-ci şəkildəki kimi dövrə qurmalı.
2. Birinci dolağı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə birləşdirərək ampermetr və voltmetrin göstərişlərini (i_1 u_1) qeyd etməli.
3. İkinci dövrədən də uyğun olaraq i_2 və u_2 -ni qeyd etməli.
4. u_1 və u_2 üçün əldə edilən qiymətləri (20) və yaxud (21) ifadəsində yerinə yazaraq transformatorun transformasiya əmsalını hesablamalı.
5. i_1 , u_1 və i_2 , u_2 –nin təcrübədən tapılan qiymətlərini (22) ifadəsində yerinə yazaraq, transformatorun faydalı iş əmsalını hesablamalı.

6. R reostatı ilə müqaviməti dəyişməklə dövrədəki cərəyan şiddətinin başqa qiymətləri üçün təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək, k və η -nı hesablamalı.
7. k və η -nın təcrübə qiymətlərinə əsasən orta qiymət tapmalı.
8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 4

METALLARIN MÜQAVİMƏTİNİN TEMPERATURDAN ASILILIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: temperatur əmsalı təyin ediləcək metal, Uistston körpüsü, yaxud universal Tomson körpüsü, içərisində su olan metal qab, elektirik peçi, termometr, qarışdırıcı, müqavimət mağazası, qalvanometr, sabit cərəyan mənbəyi, açar, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Birinci növ naqilləri (metalları) qızdırarkən onların müqavimətləri artır. Müqavimətin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi aşağıdakı qanuna tabedir.

$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots) \quad (23)$$

Burada R_0 naqilin 0°C -dəki, R_t - isə $t^\circ\text{C}$ -dəki müqavimətlər, α, β və γ sabit kəmiyyətlərdir. Müqavimətin hesablanmasında böyük dəqiqlik tələb olunmadığı hallarda β və γ sabitləri çox kiçik olduqlarından, onların iştirak etdikləri hədləri ataraq müqavimətin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (24)$$

α müqavimətin temperatur əmsalı adlanır. (24) -dən α – ni tapmaq .

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t} \quad (25)$$

Göründüyü kimi, *müqavimətin temperatur əmsalı naqilin temperaturunu 1°C artırıqda onun sıfır dərəcədəki müqavimətinin hər vahidinə düşən müqavimət artımı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir.*

t_1 və $t_2^\circ\text{C}$ temperaturlarda naqilin müqavimətləri uyğun olaraq R_1 və R_2 olsa (24) ifadəsinə görə

$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1),$$

$$R_2 = R_0(1 + \alpha t_2) \quad \text{yazmaq olar.}$$

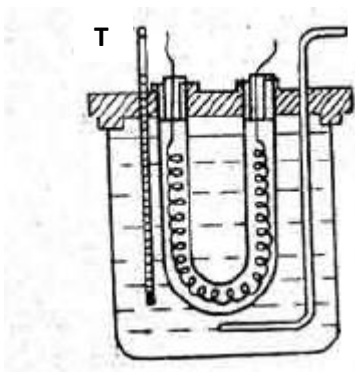
Bu tənlikləri tərəf – tərəfə bölüb α -nı tapsaq alarıq.

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \quad (26)$$

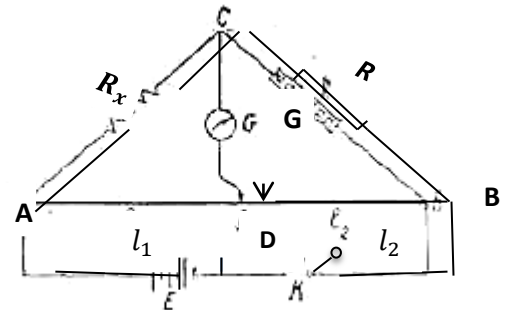
Deməli, tədqiq olunan naqilin t_1 və t_2 temperaturlarına uyğun R_1 və R_2 müqavimətlərini ölçməklə, bu ifadəyə əsasən onun müqavimətinin temperatur əmsalını (α) hesablamaq olar. (26) ifadəsindən göründüyü kimi, α -nin ölçü dərəcəsi dər^{-1} -dir.

Qurğunun təsviri:

Müqavimətin temperatur əmsalı təyin ediləcək spiral formalı naqili U şəkilli boru içərisinə salmalı. Sonra borunu yağla doldurub, spiralın uclarını kənara çıxarmaqla ağzını bağlayaraq su vannasına daxil etməli (şəkil 63).



Axtarılan müqavimət Uistston körpüsünün bir qoluna (64 –cü şəkildəki kimi məchul R_x müqavimətinin yerinə) daxil edilir. Dövrənin qalın hissəsini Uistston körpüsündə olduğu kimi yığmaq lazımdır. Uistston körpüsü üsulu ilə müqavimətin təyininə aid (9 №-li işə baxmalı).



Şəkil 63.

Şəkil 64.

İşin gedişi:

- 1) 64- cü şəkildəki sxem üzrə dövrə qurmalı və termometr vasitəsi ilə termostatdakı mayeyə salınmış tədqiq olunan metalın başlanğıc temperaturunu (t_1) ölçməli;
- 2) Müqavimət mağazasında dövrəyə müəyyən müqavimət (R) daxil etməli. Bu müqavimət təqribən tədqiq olunan metalın müqavimətinə yaxın olmalıdır. Sonra D sürgüsünü AB reoxordu üzrə sağa və sola hərəkət etdirərək, qalvanometrin əqrəbinin 0 bölgüsünə gəlməsini əldə etməli;

- 3) Qalvanometrin göstərişi 0 olduğu halda reoxord qollarının uzunluqları nisbətinin və mağazadan dövrəyə daxil edilmiş məlum R müqavimətini bilərək

$$R_1 = R \frac{L_{AB}}{L_{BD}}$$

düsturu ilə R_1 müqavimətini tapmalı;

- 4) Elektik peçi ilə vannanı qızdırmalı. Temperatur $40^{\circ} - 50^{\circ}\text{C}$ artırıldıqda qarışdırıcının köməyi ilə vannada temperaturun bərabər paylanması əldə edib t_2 temperaturunu deyər etməli;
- 5) t_2 temperaturuna uyğun müqaviməti (R_2) bundan əvvəl göstərilmiş qayda ilə təyin etməli;
- 6) Təcrübədən tapılan t_1, t_2 temperaturlarını və onlara uyğun R_1 və R_2 müqavimətlərinin qiymətlərini (26) da yazıb α -nı hesablamalı;
- 7) α üçün təcrübədən tapılan qiyməti cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli;
- 8) Təcrübənin xətasını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 5

AMPERMETRİN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ

Ləvazimat: dərəcələnəcək ampermetr, sabit cərəyan mənbəyi, voltmetr, müqavimətlər mağazası, açar, dövrə qurmaq üçün naqillər.

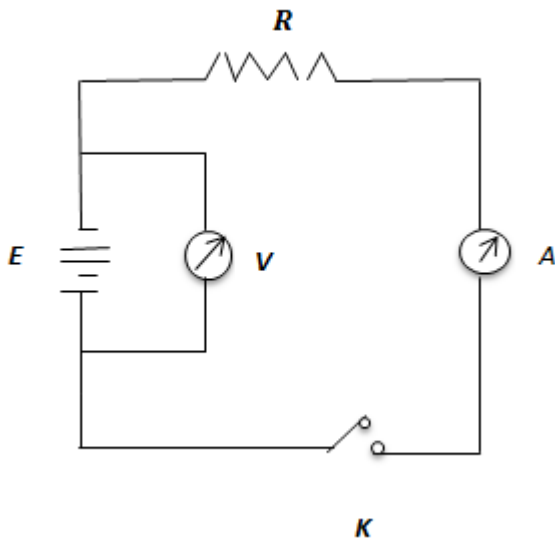
Qısa nəzəri məlumat:

Hər hansı elektrik ölçü cihazının dərəcələnməsi, onun əqrəbinin meyillərinə uyğun bu cihazla ölçüləcək fiziki kəmiyyətin ədədi qiymətinin tapılaraq ardıcıl yazılması deməkdir. Ampermetrin dərəcələnməsi aşağıdakı ardıcılıqla aparılır. Təcrübə nəticəsində əqrəbin meyillərinə uyğun tapılmış cərəyan şiddəti qiymətlərinin nə dərəcədə doğru olduğunu yoxlamaq üçün həmin qiymətlərlə ampermetrin zavod şkalasındakı uyğun qiymətlərini müqayisə etmək lazımdır.

Təcrübə xətası intervalında bu qiymətlərin uyğun gəlməsi dərəcələnmənin doğru aparıldığını göstərir. Dərəcələnmənin keyfiyyətini müəyyən etmək üçün qrafikdən də istifadə edilir. Bu məqsədlə təcrübədən tapılmış cərəyan şiddətinin qiymətləri ilə ampermetrin zavod şkalası üzrə olan uyğun göstərişləri arasında qrafik qurmaq lazımdır. Dərəcələnmə doğru olduqda düzbucaqlı koordinat sistemində bu qrafik koordinat başlanğıcından keçən və absis oxu ilə 45° lik bucaq əmələ gətirən düz xətt

verər. Ampermetri dərəcələmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Bu üsullardan biri müqayisə üsuludur. Bu üsulla ampermetri dərəcələyərkən dövrəyə ardıcıl olaraq nümunəvi və dərəcələnəcək ampermetrlər, eyni zamanda cərəyan mənbəyi və cərəyanı tənzim etmək üçün reostat daxil edilir. Dövrədən cərəyan keçərkən dərəcələnəcək və nümunəvi ampermetrin göstərişləri müqayisə edilir.

Digər dərəcələnmə üsulunun əsasını, müqaviməti və e.h.q - si məlum olan dövrəyə ampermetrin ardıcıl qoşulmasını təşkil edir. Həmin üsulla ampermetrin dərəcələnməsini nəzərdən keçirək. Qurğunun təsviri.



Şəkil 65.

65- ci şəkildə verilmiş dövrəyə tədqiq olunan A ampermetri, məlum R müqaviməti və E sabit cərəyan mənbəyi ardıcıl birləşdirilmişdir. Təcrübə zamanı E mənbəyinin elektrik hərəkət qüvvəsini ölçmək üçün ona paralel qoşulmuş V voltmetrindən istifadə olunur.

Ampermetri dərəcələyərkən müqavimət mağazasından dövrəyə müəyyən R müqaviməti daxil edib, K açarını bağladıqda dövrədəki cərəyan şiddəti Om qanuna görə

$$i = \frac{E}{R+r} \quad (27)$$

olar,

burada, E mənbəyin e.h.q -dir. R məlum müqavimət, r isə ampermetrin daxili müqavimətidir. (Mənbəyin daxili müqaviməti və birləşdirici naqillərin müqavimətləri çox kiçik olduqlarından nəzərə alınmamışdır.) Hesablamadan alınan qiymət ampermetrin zavod şkalası göstərişinə uyğun gətirsə, deməli dərəcələnmə düzgün aparılmışdır. Dövrəyə başqa məlum müqavimətlər daxil etməklə, hər dəfə əqrəbin

meylinə uyğun cərəyan şiddətini (27) ifadəsinə əsasən hesablayaraq, ampermetrin başqa bölgülərinin qiymətlərini də tapmaq olar.

İşin gedişi:

- 1) 65 - ci şəkildə verildiyi kimi dövrə qurmalı;
- 2) K açarı açıq olduğu halda ampermetr əqrəbinin sıfır bölgüsünü göstərməsinə nail olmalı (voltmetri dövrəyə qoşmamış əqrəbinin göstərişini sıfır vəziyyətə gətirməli);
- 3) Müqavimət mağazasından dövrəyə məlum R müqaviməti daxil edərək, dövrəni qapamalı, bu halda ampermetr və voltmetrin göstəricilərini (i_A və E) qeyd etməli .
- 4) R, E -nin qiymətlərini və ampermetrin daxili müqavimətini (r) onun üzərindəki xarakteristika cədvəlindən qeyd edib (1) düsturunda yazaraq i_h - i hesablamaq;
- 5) Hesablamadan alınan qiymətlə ampermetrin göstərişini müqayisə etməli və bu qiymətləri cədvələ köçürməli ;
- 6) R - in başqa qiymətləri üçün də təcrübəni bu yolla aparıb uyğun i_n – lar tapmalı;
- 7) Beləliklə, i_h üçün təcrübədən tapılan bütün qiymətləri ardıcıl olaraq ampermetr üzərində qeyd etməklə onu dərəcələmək olar;
- 8) Cədvəldə qeyd olunan i_A və i_h - in qiymətlərinə əsasən düzbucaqlı koordinat sistemində qrafik qurmalı.

LABORATORİYA İŞİ № 6

ELEKTRİK ENERJİSİNİN İSTİLİK EKVİVALENTİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: ampermetr, voltmetr, kalorimetr, reostat, açar, sabit cərəyan mənbəyi, saniyəölçən, termometr, qarışdırıcı, tərəzi, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Coul - Lens qanununa görə naqillərdən cərəyan keçərkən istilik ayrılır. Bu hadisəyə əsaslanan bir sıra elektrik qızdırıcı cihazlar vardır. Bu cihazlar elektrik enerjisini istilik enerjisinə çevirir.

Yükün elektrik sahəsində hərəkəti zamanı sahə qüvvələrinin gördüyü iş aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$A = q(V_1 - V_2) \quad (28)$$

burada q - hərəkət edən yükün miqdarı, V_1 və V_2 isə yükün yerdəyişmə məsafəsinin başlanğıc və son nöqtələrində sahənin potensiallarıdır.

Potensiallar fərqi V ilə işarə etsək və $q = it$ olduğunu nəzərə alsaq, (28) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$A = iV\tau, \quad (29)$$

burada i -cərəyan şiddəti, τ - cərəyanın keçmə müddətidir. Om qanunundan ($V = iR$) istifadə edərək, (29) ifadəsini

$$A = i^2 R\tau \quad (30)$$

və ya

$$A = \frac{V^2}{R} \tau \quad (31)$$

şəklində yazı bilərik; burada R - naqilin müqavimətidir.

(28-31) ifadələri eyni zamanda elektrik sahəsinin enerjisini müəyyən edən düsturlarıdır. Aydındır ki, bu enerji cərəyan keçən naqilin qızmasına sərf olunur. Əgər cərəyan şiddəti amperlərlə, potensiallar fərqi voltlarla və zaman saniyələrlə ölçülərsə cərəyanın ayırdığı enerji coul-larla alınır.

Naqildən cərəyan keçərkən ondan ayrılan istiliyə *coul istiliyi* deyilir.

Deməli, elektrik qüvvələrinin gördüyü iş ekvivalent miqdarda istilik enerjisinə çevrilir. Enerjinin saxlanması qanununa görə

$$Q = kA \quad (32)$$

yazmaq olar: burada k - sabit kəmiyyət olub, *elektrik enerjisinin istilik ekvivalenti* adlanır. k -nı tapaq:

$$k = \frac{Q}{A} \quad (33)$$

burada $A = 1c$ olduqda, $k = Q$ olacaqdır. Deməli, *bir coul elektrik enerjisi sərf olunduqda, onun hesabına naqillərdən ayrılan istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə elektrik enerjisinin istilik ekvivalenti deyilir.*

(29) ifadəsini (33) - də nəzərə alsaq, yazı bilərik.

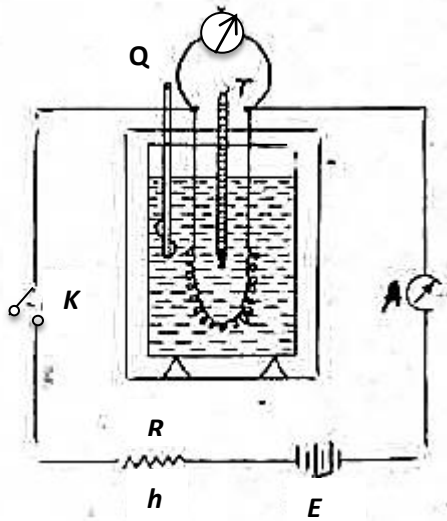
$$k = \frac{Q}{iV\tau} \quad (34)$$

Naqildən ayrılan istilik miqdarı kalorilərlə ifadə olunarsa, k - nın ölçü vahidi $\frac{kal}{c}$ olacaqdır.

k - nı hesablamaq üçün, kalorimetrik üsuldən istifadə edilir, i və V -ni dövrəyə daxil edilmiş ampermetr və voltmetrlə, τ - nu isə saniyəölçənlə ölçmək lazımdır.

Qurğunun təsviri

66 - cı şəkildən görüldüyü kimi, içərisində su olan kalorimetmə salınmış spiral şəkilli qızdırıcı naqıl elektrik dövrəsinə ardıcıl birləşdirilmişdir. Dövrədə ampermetr (A), reostat (R), açar (K) və cərəyan mənbəyi (E) vardır.



Cərəyan keçən spiralın uclarındakı potensiallar fərqi ölçmək üçün voltmetrdən (V), kalorimetrdə temperaturun bərabər paylanması əldə etmək üçün qarışdırıcıdan (Q), temperaturu ölçmək üçün termometrdən (T) istifadə olunur. Kalorimetrin daxili qabının qarışdırıcı ilə birlikdə (eyni metaldan hazırlanmışlar) kütləsini m_1 içərisindəki mayenin (çox vaxt su götürülür) kütləsini m_2 , kalorimetr sisteminin ilk temperaturunu t_1 cərəyanın keçmə müddətini τ , cərəyanı kəsdikdən sonra kalorimetr sisteminin son temperaturunu t_2 ilə işarə etsək, elektrik enerjisinin

Şəkil 66.

$iV\tau$ işi hesabına ayrılan ümumi Q istiliyi, kalorimetrin daxili qabı (qarışdırıcı ilə birlikdə), bu qabdakı maye və termometrin kalorimetrdəki mayeyə batan hissəsi tərəfindən alınır. Uyğun olaraq bu istilik miqdarları aşağıdakı kimi hesablanır:

$$q_1 = m_1 c_1 (t_2 - t_1),$$

$$q_2 = m_2 c_2 (t_2 - t_1),$$

$$q_3 = 0,46v(t_2 - t_1),$$

burada c_1 - kalorimetr qabının, c_2 isə kalorimetrdəki mayenin xüsusi istilik tutumlarıdır. v - termometrin mayeyə batan hissəsinin həcmi olub, menzurka ilə ölçülür. Deyilənlərə əsasən spiraldan τ –zamanda ayrılan istilik miqdarı q_1, q_2, q_3 istilik miqdarlarının cəminə bərabər olar:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3$$

və ya

$$Q = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + 0,46v) \cdot (t_2 - t_1) \quad (35)$$

(35) və (34) ifadələrindən alırıq:

$$k = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2 + 0,46v(t_2 - t_1))}{IV\tau} \quad (36)$$

(36) ifadəsinə əsasən elektrik enerjisinin istilik ekvivalentini hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. 66-cı şəkildəki kimi dövrə qurmalı.
2. Kalorimetrin daxili qabının qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsini (m_1) tapmalı.

3. Qaba spirali örtə biləcək miqdarda (qab həcmnin $\frac{3}{4}$ – ü qədər) su tökməli və suyun kütləsini (m_2) tapmalı.
4. Kalorimetrin daxili qabını su ilə birlikdə köynəyinə qoymalı və sistemin ilk temperaturunu (t_1) ölçməli.
5. Sonra açarı bağlayaraq, R reostatı ilə dövrədə cərəyanı tənzim edib, saniyəölçəni işə salmalı.
6. Dövrədəki cərəyan şiddətini və spiralın uclarındakı potensiallar fərqi ölçməli.
7. Təcrübə müddətində cərəyan şiddətini sabit saxlamaqla, termometrin göstərişi 3-4 dərəcə artdıqda dövrəni açmalı və saniyəölçəni dayandırmalı. Termometrə civə səviyyəsinin qalxması dayanana kimi gözləməli və bu hala uyğun son temperaturu (t_2) qeyd etməli.
8. Cərəyanın keçmə müddətini qeyd etməli.
9. Kalorimetrin daxili qabının və ondakı mayenin xüsusi istilik tutumlarını (C_1 və C_2) cədvəldən tapmalı.
10. Menzurka vasitəsi ilə termometrin kalorimetrdəki mayeyə batan hissəsinin həcmi (v) ölçməli.
11. Təcrübə zamanı tapılan qiymətləri (36) ifadəsində yazıb, elektrik enerjisinin istilik ekvivalentini (k) hesablamalı.
12. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.
13. k -nın təcrübədən tapılan qiyməti ilə cədvəl qiymətini müqayisə etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 7

YERİN MAQNİT SAHƏSİ İNTENSİVLİYİNİN ÜFÜQÜ

TOPLANANIN TANGENS - QALVANOMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Tangens - qalvanometr, ampermetr, reostat, sabit cərəyan mənbəyi, açar, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat:

Üzərində yaşadığımız yer kürəsi nəhəng maqneti xatırladır. Yer səthində və onu əhatə edən mühitdə həmişə maqnet sahəsi və maqnet qüvvələrinin təsiri müşahidə olunur. Yer maqnetinin şimal qütbü onun coğrafi cənub qütbündə, əksinə Yer maqnetinin cənub qütbü isə yerin coğrafi şimal qütbündə yerləşir. Ona görə də, maqnet qüvvə

xətləri yerin coğrafi cənub qütbü tərəfindən çıxıb, coğrafi şimal qütbü tərəfindən yerə daxil olmaqla qapalı maqnit qüvvə xətləri əmələ gətirir. Kiçik maqnit əqrəbini ağırlıq mərkəzindən keçən nazik sapdan assaq, onun köməyi ilə yer səthinin ixtiyari nöqtəsində yerin maqnit sahəsinin olduğunu praktik olaraq müşahidə etmək olar. Belə maqnit əqrəbi yerin maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinə toxunan istiqamətdə yönəlir.

Sapdan asılmış belə maqnit əqrəbindən keçən şaquli müstəviyə **maqnit meridian müstəvisi** deyilir. Əqrəbi yer səthinin müxtəlif nöqtələrində yerləşdirməklə maqnit meridian müstəvisinin sonsuz sayda olduğunu müəyyən etmək olar. Bütün maqnit meridian müstəviləri yerin maqnit qütblərindən keçən bir düz xətt üzrə kəsişirlər. Maqnit meridian müstəvilərinin yer səthində görüşdüyü nöqtələrə **maqnit qütbləri** deyilir.

Yerin maqnit qütbləri ilə yerin coğrafi qütbləri üst - üstə düşmədiyindən, yerin maqnit qütblərinə tərəf istiqamətlənmiş maqnit əqrəbi yerin coğrafi meridianından müəyyən qədər meyl etmiş olur. Maqnit meridian müstəvisinin coğrafi meridian müstəvisi ilə əmələ gətirdiyi bucağa **maqnit meyl bucağı** deyilir.

Yerin maqnit sahəsinin tam intensivliyini (H) üfqi (H_0) və şaquli (H_z) toplananlarına ayırmaq olar.

Yerin müəyyən nöqtəsində maqnit əqrəbinin meyl bucağını və yerin maqnit sahəsi intensivliyinin üfqi toplananını bilməklə yerin maqnit sahəsinin tam intensivliyini qiymət və istiqamətcə təyin etmək olar.

Kiçik maqnit əqrəbi ağırlıq mərkəzindən keçən şaquli ox üzərində sərbəst fırlanma hərəkəti edə bilərsə, yerin maqnit sahəsinin üfqi toplananının təsiri altında o, maqnit meridian müstəvisi üzərinə gəlir.

Yerin maqnit sahəsi intensivliyinin üfqi toplananının qiymətini tapmaq üçün kiçik maqnit əqrəbinə malik cihazdan tangens-qalvanometrlərindən istifadə olunur.

Tangens-qalvanometr maqnitlənməyən materiallardan hazırlanmış böyük radiuslu dairəvi disk üzərində metal naqildən 20 -100 sarğısı olan makara və onun mərkəzində maqnit əqrəbi yerləşmiş cihazdır. Yerin maqnit sahəsi intensivliyinin üfqi toplananını tapmaq üçün əvvəlcə cihazı başlanğıc vəziyyətinə gətirmək lazımdır. Bunun üçün tangens-qalvanometrinin dolaqlarından keçən kontur müstəvisini maqnit meridian müstəvi üzərinə gətirmək lazımdır. Bu halda maqnit əqrəbi kontur müstəvisi üzərində olur. Tangens-qalvanometrini başlanğıc vəziyyətə gətirərkən onun dolaqlarından cərəyan keçməməlidir.

Tangens-qalvanometrindən cərəyan keçdikdə dolaqların mərkəzində dolaq müstəvisinə perpendikulyar istiqamətdə maqnit sahəsi yaranır və bu sahə maqnit

əqrəbinə təsir edərək onu əvvəlki vəziyyətindən (maqnit meridian müstəvisindən) müəyyən α bucağı qədər döndərir.

67-ci şəkildən göründüyü kimi maqnit meridian müstəvisi ilə əqrəb arasında qalan bucaq üçün

$$\frac{H_z}{H_0} = \operatorname{tg} \alpha \quad (1) \quad (37)$$

yazmaq olar. Burada H_0 - yerin maqnit sahəsi intensivliyinin üfiqi toplananı, H_z - isə qalvanometr dolaqlarından keçən dairəvi cərəyanın onun mərkəzində yaratdığı maqnit sahəsinin intensivliyidir.

Bio - Savar - Laplas qanunundan məlumdur ki, bir dolaqdan ibarət dairəvi cərəyanın, onun mərkəzində yaratdığı maqnit sahəsinin intensivliyi aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$H_z = \frac{0,2\pi I}{R} \quad (38)$$

Tangens qalvanometrə n sayda dairəvi sarğı olduğundan, onun mərkəzində yaratdığı maqnit sahəsinin intensivliyi

$$H_z = \frac{0,2\pi n I}{R} \quad (39)$$

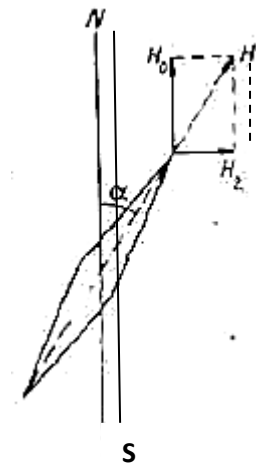
olar. Burada R - dairəvi konturun radiusu, I - ondan keçən cərəyan şiddətidir. (39) ifadəsini (37) -də nəzərə alsaq, yazarıq:

$$H_0 = \frac{0,2\pi n I}{R \operatorname{tg} \alpha} \quad (40)$$

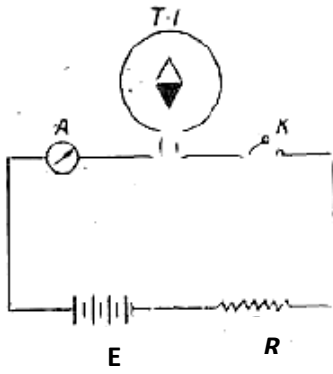
(40) ifadəsinə əsasən yerin maqnit sahəsi intensivliyinin üfiqi toplananını hesablamaq olar.

Qurğunun təsviri və işin gedişi:

68-ci şəkildən göründüyü kimi qurğu tangens qalvanometr, sabit cərəyan mənbəyi, reostat, ampermetr və açar daxil olan ardıcıl dövrədən ibarətdir. Həmin qurğuda işi aşağıdakı ardıcılıqda aparmaq lazımdır.



şəkil 67



şəkil 68.

1. 68 - ci şəkildəki kimi dövrə qurmalı.
2. Dolaqların kontur müstəvisini döndərərək maqnit meridian müstəvisi üzərinə gətirmək lazımdır. Bu halda maqnit əqrəbi dolaq müstəvisində olacaqdır.
3. K açarı ilə dövrəni qapayaraq cərəyanı elə tənzim etmək lazımdır ki, maqnit əqrəbi də ilk vəziyyətə nəzərən $5 - 10^0$ meyl etsin. Bu hal üçün cərəyan şiddətini və əqrəbin meyl bucağını qeyd etməli.

4. Tangens qalvanometr dolaqları sayını (n) və bu dolaqların radiusunu R laboratoriya cədvəlindən götürməli.
5. I , α , n və R -in qiymətini (40) -da yazaraq H_0 -ı hesablamalı.
6. Cərəyan şiddəti və meyl bucağının başqa qiymətləri üçün təcrübəni 5-6 dəfə təkrar edərək H_0 üçün orta qiymət tapmalı;
7. Təcrübənin xətlərini hesablamalı;

Çalışma 1. Tangens qalvanometr sabitinin təyini

Ləvazimat: Tangens qalvanometr, ampermetr, cərəyan mənbəyi, reostat, göydaş məhlulu olan voltmetr, bir və iki qütblü açar, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Tangens- qalvanometr sabitini təyin etmək üçün 68-ci şəkildə olduğu kimi dövrə qurmaq lazımdır. K açarını bağladıqda dövrədən keçən cərəyanın qiyməti. (40) ifadəsinə əsasən

$$I = \frac{RH_0}{0,2\pi n} \operatorname{tg} \alpha \quad (41)$$

olacaqdır. Bu ifadənin sağ tərəfində $\operatorname{tg} \alpha$ -dan başqa qalan kəmiyyətlər sabit olduğundan onları C ilə ifadə etsək

$$C = \frac{RH_0}{0,2\pi n} \quad (42)$$

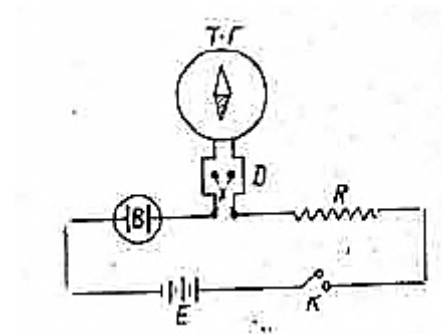
$$I = C \operatorname{tg} \alpha \quad (43)$$

C -tangens-qalvanometr sabiti adlanır. Qalvanometr sabitini təyin etmək üçün 2 üsulu nəzərdən keçirək.

I üsul: 68-ci şəkildəki kimi dövrə qurduqdan sonra reostat vasitəsi ilə maqnit

əqrəbinin meyl bucağı $\alpha = 45^\circ$ olana qədər cərəyanı artırmaq lazımdır. Bu halda (43) ifadəsində $\tan \alpha = 1$ və $C=I$ olar. Yəni qalvanometr sabiti ədədi qiyməcə dövrədən keçən cərəyan şiddətinə bərabər olar. Odur ki, dövrəyə dəqiq ampermetr daxil etməklə $\alpha = 45^\circ$ olan hal üçün C -sabitini təyin etməli.

II üsul: 69-cu şəkildəki kimi dövrə qurmalı. (Bu dövrə əvvəlki dövrədən ampermetr əvəzinə göydaş məhlulu olan voltmetr (B) və ikiqütblü açarlar (D) fərqlənir). Katod lövhəsini təmiz silib, analitik tərəzidə çəkdikdən sonra voltmetrə daxil etməli. Dövrəni qapayaraq saniyəölçəni işə salmalı. Reostatda cərəyanı elə tənzim etmək lazımdır ki, maqnit əqrəbinin meyl bucağı 45° olsun.



şəkil 3

Dövrədən 15- 20 dəqiqə cərəyan keçdikdən sonra katodu voltauniveruon çıxarış təmiz suda yumalı və ona toxunmadan qurutduqdan sonra analitik tərəzidə çəkməklə elektroliz zamanı ayrılan misin miqdarını (m) tapmalı. Misin elektrokimyəvi ekvalentliyini isə cədvəldən götürüb ($k = 0,3294 \text{ mq/k}$) məhluldan keçən elektrik yükünü Faradey qanununa görə aşağıdakı düsturla hesablamaq olar.

$$q = \frac{m}{0,3294}$$

Cərəyan şiddətini tapmaq.

$$I = \frac{q}{\tau} = \frac{m}{0,3294\tau} \quad (44)$$

Bu ifadə də τ cərəyanın keçmə müddəti olub, saniyələrlə ölçülür, m isə katod üzərində yığılan maddə miqdarıdır. I -nin və maqnit əqrəbinin meyl bucağının təcrübi qiymətini (43) ifadəsində yerinə yazaraq qalvanometr sabitini hesablamaq olar.

İşin gedişi:

- 1) 68-ci şəkildəki kimi dövrə qurmalı;
- 2) Birinci üsulla verilmiş qaydaya əsasən cərəyan şiddətini reostat vastəsi ilə tədricən o qədər artırmalı ki, tangens-qalvanometrin mərkəzində qoyulmuş maqnit

əqrəbinin meyl bucağı 45^0 olsun. Bu halda $tg\alpha = 1$ və (43) dən $C=1$ olar. Deməli, dövrədəki dəqiq ampermetrlə cərəyan şiddətini ölçərək cihaz sabitini təyin etməli;

- 3) Həmin təcrübəni α -nin müxtəlif qiymətləri üçün bir neçə dəfə təkrar edərək ($tg\alpha$ –nı triqonometrik cədvəldən götürməli) C üçün orta qiymət tapmalı;
- 4) Cihaz sabitini 2-ci üsulla da təyin etməli. Bunun üçün 69-cü şəkildəki kimi dövrə qurmalı;
- 5) Sonra V voltametrindən mis lövhəsini çıxarıb, təmiz sildikdən sonra analitik tərəzidə çəkməli və yenə voltmetrə salaraq mənbəyin mənfə qütbünə birləşdirməli:
- 6) Voltmetrə lövhələri örtənə qədər göydaş məhlulu ($CuSO_4$) tökməli.
- 7) Açıq, qapayaraq reostatla cərəyanı tənzim edərək elə qiymətə çatdırmaq lazımdır ki, maqnit əqrəbinin meyli 45^0 olsun. Dövrəni qapadıqda saniyəölçəni işə salaraq cərəyanın keçmə müddətini qeyd etməli.
- 8) 15-20 dəqiqə cərəyan keçdikdən sonra dövrəni açmalı və saniyə ölçəni dayandıraraq cərəyanın keçmə müddəti τ -nu qeyd etməli. Katod lövhəsini voltametrdən çıxarıb təmiz su ilə yuduqdan sonra onun səthinə toxunmadan qurutmalı.
- 9) Sonra katod lövhəni analitik tərəzidə çəkməklə elektroliz zamanı ayrılmış misin kütləsini (m) tapmalı.
- 10) m və τ üçün alınan qiymətləri (8) də yazaraq dövrədən keçən cərəyan şiddətini hesablamalı;
- 11) Cərəyan şiddətinin və buna uyğun α -nın qiymətini (43) ifadəsində yazaraq, cihaz sabitini hesablamalı;
- 12) Cihaz sabitinin I və II üsulla tapılan qiymətini müqayisə etməli;
- 13) İki qütblü açar vasitəsi ilə tangens-qalvanometr dövrəsindən keçən cərəyanın istiqamətini dəyişməklə həmin təcrübəni eyni qayda ilə təkrar edib C - sabiti üçün orta qiymət tapmalı.
- 14) Qalvanometr sabiti üçün tapılan qiyməti (42) ifadəsində yazaraq H_0 -i hesablamaq olar. (R və n məlum olmalıdır.)

Çalışma 2. Dövrədən keçən cərəyan şiddətinin hesablanması

Qalvanometr sabiti dəqiq tapıldıqdan sonra tangens- qalvanometrən ampermetr kimi istifadə edərək, onunla dövrədəki cərəyan şiddətini ölçmək olur.

Bunun üçün qalvanometrədəki maqnit əqrəbinin uyğun meyl bucağını və C -nin təcrübədən tapılan qiymətlərini

$$I = ctg\alpha$$

ifadəsində yazmaq lazımdır.

İşin gedişi:

- 1) Tangens-qalvanometr sabitini 1- ci çalışmada göstərilən üsullardan birinə əsasən təyin etməli;
- 2) Maqnit əqrəbinin meyl bucağının müxtəlif qiymətlərinə uyğun (43) ifadəsindən istifadə edərək cərəyan şiddətini hesablamalı;
- 3) Cərəyan şiddəti üçün tapılmış qiymətləri dövrədəki ampermetrin göstərişi ilə müqayisə etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 8

VOLTMETRİN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ

Ləvazimat: sabit cərəyan mənbəyi, müqavimət mağazası, açar, voltmetr, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Elektrik ölçü cihazlarının dərəcələnməsi haqqında 5 №-li işdə məlumat verilmişdir.

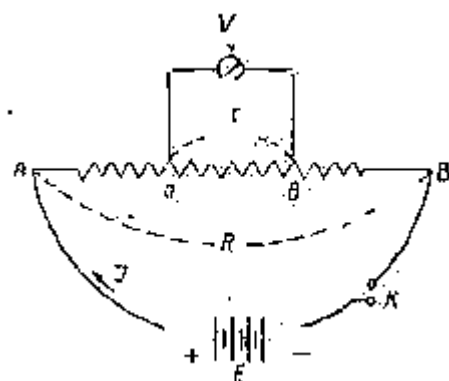
Voltmetrin dərəcələnməsi, onu dövrəyə qoşduqda əqrəbinin meyllərinə uyğun potensiallar fərqi hesablayaraq ardıcılıqla yazılması əməliyyatına deyilir. Dərəcələnmənin doğru olduğunu müəyyən etmək üçün cihazın zavod şkalası üzrə göstərişi ilə təcrübədən tapılmış qiymətləri müqayisə etmək lazımdır. Dərəcələnmənin nəticəsini qrafiki şəkildə göstərməklə, alınan qrafikdən cihaz şkalasının hər bir bölgüsünün qiymətini təyin etmək mümkündür. Boltmetri dərəcələmək üçün aşağıda təsvir olunan elektrik dövrəsindən istifadə olunur.

Qurğunun təsviri

70-ci şəkildən göründüyü kimi, dövrəyə, elektrik hərəkət qüvvəsi (E) məlum olan sabit cərəyan mənbəyi, müqavimət mağazası və açar ardıcıl birləşdirilmişdir.

Kiçik gərginlikləri ölçmək üçün istifadə olunan voltmetrlərdə isə daxili müqavimət yüz omlarla, yüksək gərginlikləri ölçmək üçün istifadə olunan voltmetrlərdə isə daxili müqavimət min omlarla olduğu üçün dövrəyə paralel qoşulmuş voltmetrdən keçən cərəyan çox zəif olur.

Şəkil 70



Odur ki, voltmetrin daxili müqavimətinin dövrədəki r müqavimətinə nisbətən çox böyük olduğunu nəzərə alsaq, az xəta ilə cərəyanın budaqlanmadığını qəbul etmək olar. Bu halda dövrədəki AB və ab müqavimətləri üçün Om qanununa əsasən yazıla bilər:

$$I = \frac{E}{R} \text{ və } I = \frac{V}{r}$$

buradan

$$V = \frac{r}{R} E \quad (45)$$

Burada V –müqaviməti r olan naqilin uclarındakı potensiallar fərqi və yaxud gərginlik düşgüsü, R – müqavimət mağazasındakı dövrəyə daxil edilmiş ümumi müqavimətdir. (45) ifadəsinə görə mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsi (E) məlum olduqda R və r –in məlum qiymətlərinə görə voltmetri dərəcələmək olar.

Voltmetrin daxili müqaviməti ona parallel olaraq qoşulmuş r müqavimətinə yaxın olduqda, a ilə b arasındakı gərginlik düşgüsü (voltmetrin göstərişi) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$V = \frac{E}{\frac{R-r}{\rho} + \frac{R}{r}} \quad (46)$$

Burada ρ – voltmetrin daxili müqavimətidir. Təcrübə zamanı voltmetrin daxili müqaviməti onun üzərində yazılmış xarakteristik cədvəldən götürülür. r müqavimətini mümkün qədər daxili müqavimətə nisbətən kiçik seçmək lazımdır. Bu halda voltmetrin dərəcələnməsində (45) ifadəsindən istifadə etmək olar.

İşin gedişi

1. 70-ci şəkildəki kimi dövrə qurmalı.
2. Müqavimət mağazasından dövrəyə məlum R ($R = 50—500 \Omega$) müqaviməti daxil edib, dövrəni qapamalı.
3. Dövrəyə daxil edilən ümumi R müqavimətinin kiçik hissələrinə ($r = 1, 2, 3, 5 \Omega \dots$) voltmetri növbə ilə parallel qoşmalı.
4. r – ni hər bir qiymətinə uyğun voltmetrin zavod şkalası üzrə göstərişini (V_v) qeyd etməli.
5. r –in verilmiş qiymətində R və E – ni qeyd edərək bu qiymətləri (45) ifadəsində yerinə yazmaqla, V_h -i hesablamaq.
6. Sonra R və r -i dəyişdirməklə hər dəfə voltmetrin öz göstərişini (V_v) və (45)-ə görə hesablanan qiyməti (V_h) tapıb, müqaisə etməli. (V_v) və V_h qiymətlərinin bir-birinə yaxın alınması dərəcələnmənin düzgün aparıldığını göstərir.

7. R və r –in 8 – 10 müxtəlif qiymətləri üçün təcrübəni təkrar etməli. (V_v) və V_h qiymətlərini cədvəl şəklində verməli.
8. Cədvəldə qeyd edilən (V_v) və V_h qiymətlərinə əsasən düzbucaqlı koordinat sistemində qrafik qurmaq. Dərəcələmə düzgün aparıldıqda bu qrafik koordinat başlanğıcından keçən və absis oxu ilə 45° –lik bucaq əmələ gətirən düz xətt verir.

LABORATORİYA İŞİ № 9

MÜQAVİMƏTİN KÖRPÜ ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

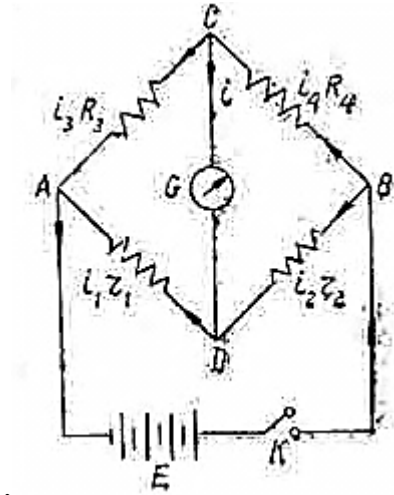
Qısa nəzəri məlumat

Müqaviməti təyin etmək üçün bir çox üsullar vardır. Bunlardan ən çox tətbiq olunanı körpü üsullarıdır. Bu üsulların əsasını 71-ci şəkildə verildiyi kimi, ardıcıl birləşdirilmiş dörd müqavimətin dördbucaqlı şəkildə əmələ gətirdiyi qapalı dövrə təşkil edir.

Bu qapalı dövrənin AB qoluna cərəyan mənbəyi (E), CD qoluna isə həssas qalvanometr (G) birləşdirilmişdir.

Şəkildən göründüyü kimi, verilmiş dövrənin AD qolunda müqavimət r_1 , cərəyan şiddəti i_1 , BD qolunda müqavimət r_2 , cərəyan şiddəti i_2 , AC qolunda müqaviməti R_3 cərəyan şiddəti i_3 , BC qolunda müqavimət R_4 , cərəyan şiddəti i_4 , CD qolunda müqavimət R_G cərəyan şiddəti i olduğunu qəbul edək.

Budaqlanmış dövrənin düyün nöqtəsinə gələn cərəyanları müsbət və ondan çıxan cərəyanları mənfi qəbul etsək və eyni zamanda qapalı kontur boyunca bir istiqamətdə hərəkət edərkən bu istiqamətə uyğun gələn cərəyanları müsbət, əks istiqamətə axan cərəyanları isə mənfi qəbul edəcəyimizi şərtləşsək, onda 71-ci şəkildə verilmiş dövrə üçün Kirxhofun birinci qanununu C və D düyün nöqtələrinə tətbiq edərək:



Şəkil 71.

$$\begin{aligned} i_4 - i - i_3 &= 0, \\ i_2 + i - i_1 &= 0. \end{aligned} \quad (47)$$

ACD və BCD konturlarına Kirxhofun ikinci qanununu tətbiq etsək

$$i_3 R_3 - i_1 r_1 - i R_G = 0,$$

$$i_4 R_4 + i R_G - i_2 r_2 = 0. \quad (48)$$

r_1 və r_2 müqavimətlərini elə seçmək olar ki, CD qolundan cərəyan keçməsin ($i = 0$). Bu halda C və D nöqtələrində V_c və V_d potensialları bərabər olar. Bu şərtləri nəzərə alaraq (47) və (48) ifadələrini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$i_3 = i_4, \quad (49)$$

$$i_1 = i_2,$$

$$i_3 R_3 = i_1 r_1,$$

$$i_4 R_4 = i_2 r_2, \quad (50)$$

(50) ifadələrini tərəf-tərəfə bölərək alınan ifadədə (49)-u nəzərə alsaq

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{r_1}{r_2} \quad (51)$$

Bu ifadəyə əsasən dörd müqavimətdən üçü məlum olduqda dördüncü müqaviməti hesablamaq olur.

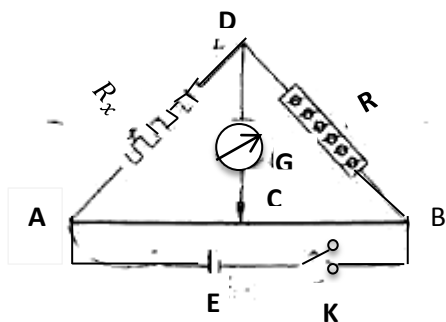
Çalışma 1. Müqavimətin Uitston körpüsü vasitəsi ilə təyini

Ləvazimat: məchul müqavimət, qalvanometr, müqavimət mağazası, sabit cərəyan mənbəyi, açar, peoxord, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Uitston körpüsünün elektrik sxemi 72-ci şəkildə verilmişdir. Dövrənin qalvanometr bağlanmış CD qolu körpü rolu oynadığına görə qurğu bütövlükdə *Uitston körpüsü adlanır*.

Şəkildən göründüyü kimi, R_x məchul müqavimət, R isə məlum müqavimətdir. 71-ci şəkildəki r_1 və r_2 müqavimətlərini burada AB reoxordu əvəz edir.

Millimetrlik bölgüləri olan, xətkəş (60 - 100 sm uzunluqda) üzərinə bərkidilmiş böyük müqavimətli, bircinsli naqıl telə peoxord deyilir. Bircinsli naqıl telin müqaviməti onun uzunluğu ilə mütənasib olur.



səkil 72

Şəkildən göründüyü kimi, körpü rolu oynayan G qalvanometrə birləşdirilmiş naqilin C ucu reoxord üzərində sağa və sola sürüşdürülə bilər. Bu isə CD qolundan cərəyanın keçmədiyi halı ($i = 0$) təmin etməyə imkan verir. Bu zaman reoxord telinin müqaviməti r_1 və r_2 müqavimətlərinə ayrılır. Onda (51) ifadəsinə əsasən Uitston körpüsündəki R_x, R, r_1 və r_2 müqavimətləri arasında

$$\frac{R_x}{R} = \frac{r_1}{r_2} \quad (52)$$

asılılığını yazmaq olar. Burada r_1 və r_2 reoxord telinin AC və CB parçalarının müqavimətləri olduğundan

$$r_1 = \rho \frac{l_1}{S},$$

$$r_2 = \rho \frac{l_2}{S},$$

yaza bilərik. Müqavimətlərin nisbətini tapaq:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad (53)$$

Bunu (52)-də nəzərə alaraq R_x -i tapsaq

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2} \quad (54)$$

Deməli, Uitston körpüsü ilə məchul müqaviməti tapmaq üçün qalvanometr yerləşdiyi budaqdan cərəyan keçmədiyi halda reoxord üzərində telin l_1 və l_2 uzunluqlarını ölçmək lazımdır. Müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilmiş R müqaviməti məlum olduğu üçün (54) ifadəsindən R_x müqavimətini tapmaq olar.

Təcrübə zamanı məlum R müqavimətini elə seçmək lazımdır ki, C sürgüsü reoxordun ortalarına yaxın olduqda qalvanometrdən cərəyan keçməsin. Əgər R müqaviməti R_x —ə bərabər olarsa və C sürgüsü reoxord üzərində tən ortada olduqda CD qolundan cərəyan keçməz. Bu halda Uitston körpüsü ilə axtarılan müqaviməti daha dəqiq tapmaq olar.

İşin gedişi

- 1.72-ci şəkildəki kimi dövrə qurmalı.
- 2 C sürgüsünü reoxordun ortasında saxlayaraq, məlum müqaviməti elə seçmək lazımdır ki, CD qolundan keçən cərəyan mümkün qədər az olsun.
3. Sonra C sürgüsünü reoxord üzrə sağa və ya sola hərəkət etdirərək elə nöqtəyə gətirməli ki, CD qolundan cərəyan keçməsin.
4. Bu halda reoxord üzərində $AC = l_1$ və $CB = l_2$ məsafələrini ölçməli.
5. Müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilmiş məlum müqaviməti (R) qeyd etməli.
6. l_1 , l_2 və R -in qiymətlərini (54) - də yerinə yazaraq R_x müqavimətini hesablamalı.
7. Müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən R müqavimətinin müxtəlif qiymətləri üçün təcrübəni 5 - 6 dəfə təkrar edərək, R_x -i hesablamalı və orta qiymət tapmalı.
8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamalı.

Çalışma 2. Müqavimətin mağaza körpüsü ilə təyini

Ləvazimat: mağaza körpüsü, batareya, qalvanometr, məchul müqavimətlər, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qurğunun təsviri.

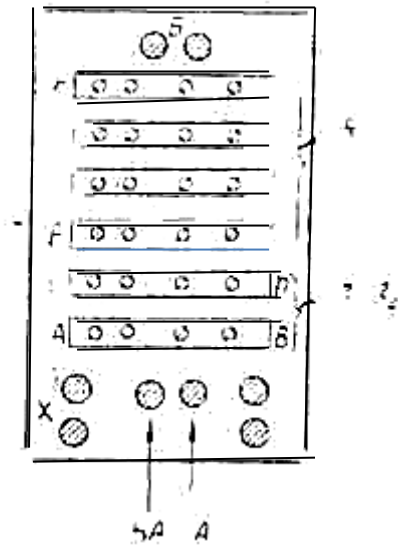
Mağaza körpüsü Uitston körpüsü prinsipi əsasında qurulmuşdur, Uitston körpüsü üsulu üçün çıxarılmış

$$\frac{R_x}{R} = \frac{r_1}{r_2} \quad (55)$$

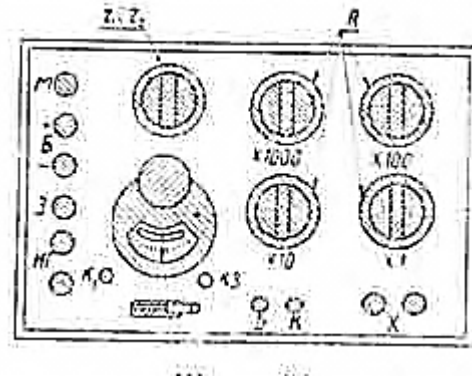
asılılığından məchul müqaviməti iki üsulla tapmaq mümkündür; a) müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən məlum R müqavimətini sabit saxlayaraq, reoxord vasitəsi ilə $r_1 : r_2$ nisbətini dəyişdirməklə, b) reoxord üzərində $r_1 : r_2$ nisbətini sabit saxlayaraq, mağazadan daxil ediləcək məlum R müqavimətini tədricən dəyişdirməklə.

1- ci çalışmada qeyd edildiyi kimi Uitston körpüsü məchul müqaviməti birinci üsulla tapmağa imkan verir. İndi öyrənəcəyimiz mağaza körpüsü ilə məchul müqavimətin təyin edilməsi isə ikinci üsula aiddir.

Untston körpüsündəki reoxordun r_1 və r_2 müqavimətləri əvəzinə mağaza körpüsündə 1, 10, 100, 1000 om müqavimətləri olan iki mağaza vardır. Bunlardan AB, r_1 -i, CD isə r_2 -ni əvəz edir (şəkil 73).



şəkil 73.



şəkil 74.

Körpüdə E ilə F arasında qalan müqavimət 1 omdan 100 min oma qədər tədricən artır və məlum R müqaviməti rolunu oynayır. Axtarılan müqavimət şəkildə verilmiş X klemmlərinə birləşdirilir.

Sxemdə verilmiş B və Q klemmlərinə uyğun olaraq batareya və qalvanometr birləşdirilir. BA və QA açarları batareya və qalvanometri dövrəyə birləşdirir. AB və CD mağazalarından r_1 və r_2 müqavimətləri dövrəyə daxil edilir, r_1 və r_2 -nin sabit qiymətlərində məlum R müqavimətini elə seçmək lazımdır ki, qalvanometr və batareya açarlarını bağladıqda qalvanometrin əqrəbi meyl etməsin. Beləliklə, R , r_1 və r_2 -nin qiymətlərini (55)-də yazmaqla R_x müqavimətini hesablamaq olar. $r_1:r_2$ nisbətini dəyişməklə təcrübəni təkrar etmək lazımdır.

74-cü şəkildə mağaza körpüsünün təkmilləşdirilmiş növü olan universal Uistston körpüsünün ümumi görünüşü verilmişdir.

Burada R ilə işarə edilmiş dörd hissədən dövrəyə daxil ediləcək məlum müqavimət, $r_1:r_2$ ilə işarə edilmiş hissədən isə həmin nisbət seçilir.

X , NQ və B ilə işarə edilmiş klemmlərə uyğun olaraq məchul müqavimət qalvanometr və batareya qoşulur. D və K açarlardır. Əvvəlcə K açarından istifadə edərək körpü tarazlığa gətirilir. Sonra D açarından istifadə etməklə körpünün tarazlığını dəqiqləşdirmək lazımdır.

Dəqiq tarazlıq əldə edildikdən sonra $r_1:r_2$ nisbətini və dövrəyə daxil edilmiş R məlum müqavimətini bilərək (55) ifadəsinə əsasən R_x -i tapmaq olar.

İşin gedişi.

1.73-cü şəkildəki kimi dövrə qurmali.

2. Əvvəlcə AB və SD mağazalarından uyğun olaraq r_1 və r_2 müqavimətlərini seçərək dövrəyə daxil etməli. Sonra açarlarla dövrəni qapayaraq EF mağazasından elə müqavimət (R) daxil etməli ki, qalvanometr qoşulduğu qoldan cərəyan keçməsin.
3. R, r_1 və r_2 üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (55) ifadəsində yerinə yazıb, R_x -i hesablamalı. Əgər $r_1 = r_2$ olarsa məchul müqavimət məlum müqavimətə bərabər olar.
4. Sonra AB və CD mağazalarından dövrəyə daxil edilən r_1 və r_2 müqavimətlərini elə seçməli ki, onların nisbəti hər dəfə dəyişsin. Bu hala uyğun qalvanometr göstərişini sıfıra gətirən məlum müqavimət seçməli.
5. Hər dəfə R, r_1 və r_2 üçün tapılan qiymətləri (55) ifadəsində yazıb, R_x -i hesablamalı və orta qiymət tapmalı.
6. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №10

MƏNBƏYİN ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNİN MƏLUM MÜQAVİMƏTƏ GÖRƏ VƏ KOMPENSASIYA ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Məlumdur ki, *qapalı dövrə boyunca təsadüf olunan potensial sıçrayışlarının cəbri cəminə mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q) deyilir.* Elektrik hərəkət qüvvəsi praktiki vahidlər sistemində voltlarla ölçülür.

Məlumdur ki, tam dövrə üçün om qanunu.

$$IR + IR_0 = E \quad (56)$$

və ya

$$I = \frac{E}{R + R_0}$$

şəklində yazılır. Burada I - cərəyan şiddəti, E - mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsi, R - xarici, R_0 isə daxili müqavimətdir. Buradan görünür ki, mənbəyin e. h. q. dövrənin xarici və daxili hissələrindəki potensial sıçrayışlarının cəbri cəminə bərabərdir. Dövrənin xarici hissəsindəki potensial sıçrayışını

$IR = V_1 - V_2$ kimi yazmaq olar. Bu halda (56) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$V_1 - V_2 = E - IR_0 \quad (57)$$

burada ($V_1 - V_2$) dövrə qapalı olduqda elementin qütblərindəki potensiallar fərqidir. Göründüyü kimi, dövrə qapalı olduqda qütblərdəki potensiallar fərqi həmin elementin elektrik hərəkət qüvvəsindən kiçik olur. Xarici dövrə açıq olduqda $I = 0$ olduğundan, $E = V_1 - V_2$ olur. Yəni dövrə açıq olduqda elementin e. h. q, onun qütblərindəki potensiallar fərqi bərabərdir. Buradan aydın olur ki, element xarici dövrəyə qoşulmadığı halda voltmetrlə onun qütblərindəki potensiallar fərqi ölçməklə həmin elementin e. h. q. -ni tapmaq olar. Mənbəyin e.h.q.-ni təyin etmək üçün bir sıra üsullar vardır. Bunlardan biri, e.h.q. -nın müqavimətə görə təyindir.

Çalışma 1. Mənbəyin e. h.q.-nin məlum müqavimətə görə təyini

Ləvazimat: tədqiq ediləcək mənbələr, milliampermetr, müqavimət mağazası, açar, dövrə qurmaq üçün naqillər.

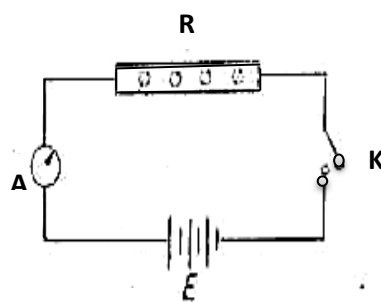
Cihazın təsviri

Bu üsulla mənbəyin e. h. q. - nin təyini dövrədə müqavimətin iki qiymətinə uyğun cərəyan şiddətlərinin ölçülməsinə əsaslanmışdır. Bu məqsədlə müqavimət mağazasından (R), e. h. q. (E) təyin ediləcək mənbədən, milliampermetrdən (A) və açardan (K) ibarət ardıcıl dövrədən istifadə edilir (şəkil 75).

Müqavimət mağazasından dövrəyə əvvəlcə R_1 , sonra R_2 müqaviməti daxil edərək, uyğun I_1 və I_2 cərəyan şiddətləri milliampermetrlə ölçülür. Mənbəyin müqavimətini r_E , milliampermetrin daxili müqavimətini r_A ilə işarə edək. Tam dövrə üçün Om qanununu tətbiq etdikdə,

$$I_1 R_1 + I_1 (r_E + r_A) = E \quad (58)$$

$$I_2 R_2 + I_2 (r_E + r_A) = E \quad (59)$$



şəkil 75.

alırıq. Burada E - tədqiq olunan mənbəyin e.h.q.-dir (58)-dən $(r_E + r_A)$ -ni tapıb, (59) - da yerinə yazdıqda

$$E = \frac{I_1 I_2 (R_2 - R_1)}{I_1 - I_2} \quad (60)$$

olar. Bu ifadə ilə mənbəni e.h.q.-ni hesablamaq mümkündür.

İşin gedişi

1. 75-ci şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı.
2. Müqavimət mağazasından dövrəyə əvvəlcə təqribən $R_1 = 10 \Omega$ sonra $R_2 = 20 \Omega$ müqavimətlərini daxil edərək, uyğun I_1 və I_2 cərəyan şiddətlərini ampermetrlə ölçülməli və ampermetrlə ifadə etməli.

3. Alınan qiymətləri (60) ifadəsində yazaraq mənbəyin e.h. q.-ni (E) hesablamalı
4. Sonra dövrəyə $R_1 = 30 \Omega$, $R_2 = 40 \Omega$ (50Ω , 60Ω və i.a) müqavimətlər daxil edərək, təcrübəni 4-5 dəfə təkrar etməli və mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsi üçün orta qiymət tapmalı.
5. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamalı.
6. Tədqiq edilən mənbəyi başqası ilə əvəz edərək onun da e. h. q.-ni eyni qayda ilə təyin etmək olar.
7. Mənbəyin e.h.q. üçün təcrübədən tapılan qiyməti tədqiq olunan mənbəyə (mənbə xarici dövrədən açıq olduqda) paralel qoşulmuş voltmetrin göstərişi ilə müqayisə etməli.

Çalışma 2. Mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsini kompensasiya üsulu ilə təyini

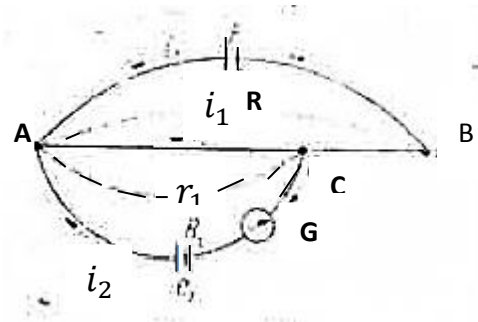
Ləvazimat: peoxord, reostat, akkumlyator, üç element (bunlardan birinin elektrik hərəkət qüvvəsi məlum olmalıdır), qalvanometr, bir və ikiqütblü açarlar, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Cihazın təsviri

Kompensasiya üsulu ilə mənbəyin e.h.q - nı təyin etmək üçün 76 - cı şəkildəki kimi dövrə qurmaq lazımdır. Göründüyü kimi dövrə, budaqlanmış olmaqla, e.h.q. sabit olan mənbədən (E), peoxorddan (AB), normal elementdən (e_1) və qalvanometrdən (G) ibarətdir.

Hər iki mənbəyin eyni işarəli qütbləri reoxordun A ucuna E batareyasının digər qütbü reoxordun B ucuna, e_1 elementinin qütbü isə reoxordun C sürgüsünə birləşdirilir. Bu halda Kirxhof tənliklərinə əsasən budaqlanmış dövrənin A düyün nöqtəsi üçün

$$i = i_1 + i_2 \quad (61)$$



Şəkil 76.

$EACBE$ dövrə hissəsi üçün

$$E = i_1 R + i_1 (r - r_1) + i r_1. \quad (62)$$

$e_1 AC e_1$ dövrə hissəsi üçün yazmaq olur:

$$e_1 = i_2 R_1 + i r_1 + i_2 R_g \quad (63)$$

burada R və R_1 -uyğun olaraq AEB və Ae_1C hissələrinin, r - reoxord telinin, r_1 isə onun AC hissəsinin müqaviməti, R_g -qalvanometrin daxili müqaviməti, i, i_1, i_2 -budaqlardakı cərəyan şiddətləridir.

Sürgünü AB reoxordu boyunca sağa və ya sola hərəkət etdirərək elə bir nöqtəyə gətirmək olar ki, qalvanometrdən keçən cərəyan sıfır olsun.

Onda $i_2 = 0$ və $i = i_1$ olar. Bu hal üçün (62) və (63) ifadələri aşağıdakı kimi yazılır:

$$E = i(R + r), \quad (64)$$

$$e_1 = ir_1 \quad (65).$$

Bu ifadələri tərəf-tərəfə bölüb, $e_1 - i$ tapsaq:

$$e_1 = \frac{Er_1}{R+r} \quad (66)$$

Həmin dövrdə e_1 elementini başqa hər hansı e_2 elementi ilə əvəz etsək eyni mülahizələrə əsasən ikinci mənbəyin e.h.q. üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar.

$$e_2 = \frac{Er_2}{R+r}, \quad (67)$$

burada r_2 - qalvanometrdən keçən cərəyan sıfıra bərabər olan hala uyğun reoxordun AC' hissəsinin müqavimətidir. (66) ifadəsini (67) -yə bölsək alarıq:

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{r_1}{r_2} \quad (68)$$

r_1 və r_2 - reoxord telinin müqavimətləri olduğundan, onlar telin uyğun uzunluqları ilə mütənasibdir: yəni

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad (69)$$

yazmaq olar. Onda (68) və (69) - dan

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{l_1}{l_2} \quad (70)$$

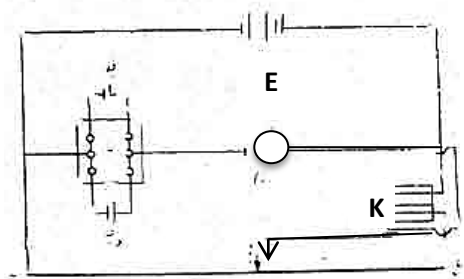
Deməli, dövrəyə növbə ilə daxil edilmiş iki elementdən birinin e. h. q. məlum olduqda, l_1 və l_2 uzunluqlarını təcrübə zamanı ölçüb, (70) ifadəsindən ikinci elementin e.h.q.-ni hesablamaq olar. e_1 - mənbəyi olaraq e.h.q.-i əvvəlcədən məlum olan normal element götürülür. Çox vaxt normal element olaraq, e. h. q.-i temperaturdan asılı olaraq çox az dəyişən civə - kadmium elementi işlədilir.

Təcrübə zamanı a) E batareyasını e.h.q.-i, e_1 və e_2 elementlərinin e.h.q.-dən böyük olmamalıdır; b) əvvəlcə E batareyasının, sonra e_1 və ya e_2 elementini dövrəyə daxil etmək lazımdır (əks halda qalvanometr korlana bilər); v) dövrəni mümkün qədər

qısamüddətli qapamaq lazımdır (qalvanometr qoşulduğu qoldan cərəyan keçib-keçmədiyini müşahidə edən kimi dövrəni açmaq lazımdır). Əks halda keçirici naqillər qızar.

İşin gedişi

1.77-ci şəkildəki kimi dövrə qurmali.



Şəkil 77.

2. İkiqütblü K açarı vastəsi ilə əvvəlcə e_1 normal elementini dövrəyə daxil etməli.
3. Sonra k açarını qapayaraq sürgünü reoxord boyunca sağa və ya sola hərəkət etdirməklə qalvanometr qoşulan qoldan keçən cərəyanın sıfır olmasına nail olmalı. Reoxord üzərində C sürgüsünün bu vəziyyətinə uyğun l_1 - uzunluğunu ($A C$) qeyd etməli.
4. P açarı ilə e_2 elementini dövrəyə daxil edərək, eyni qayda ilə l_2 uzunluğunu tapmalı.
5. e_1 elementinin e.h.q - ni xüsusi cədvəldən qeyd etməli.
6. e_1, l_1 və l_2 üçün tapılan qiymətləri (70) ifadəsində yazaraq, məchul elementin e.h.q,-ni hesablamalı.
7. Reoxorda ardıcıl olmaq şərti ilə dövrəyə müqavimət daxil edərək, təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar etməli.
8. e.h .q. üçün təcrübədən alınan qiymətlərə görə orta qiymət tapmalı.
9. Təcrübələrin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

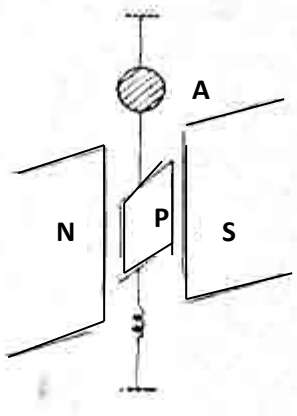
LABORATORİYA İŞİ № 11

QALVANOMETR HƏSSASLIĞININ TƏYİNİ

Ləvazimat: qalvanometr, cərəyan mənbəyi, 10 min və ya 100 min om müqavimətə malik mağaza, reoxord, açar, dövrə təşkil etmək üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Elektrik ölçü cihazları əsas etibarilə cərəyanlı naqillər və ya cərəyanlı naqillə sabit maqnit arasındakı qarşılıqlı təsirə əsasən qurulmuşdur. Bu ölçü cihazları üç sinfə ayrılır: maqnitoelektrik, elektromaqnit, elektrodinamik. Maqnitoelektrik cihazlar sabit maqnitlə cərəyanlı naqilin qarşılıqlı təsirinə əsasən hazırlanır. Qalvanometr bu sistem cihazlar sarısına daxildir.



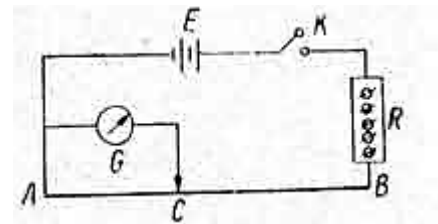
Şəkil 78.

Qalvanometrler əqrəbli və güzgülü olmaq etibarı ilə iki qrupa bölünür. Güzgülü qalvanometrler daha həssas olur. Əqrəbli qalvanometrler cərəyanlı çərçivənin maqnit sahəsində dönməsi zamanı ona bərkidilmiş əqrəbin şkala üzrə hərəkətinə, güzgülü qalvanometrler isə nazik teldən asılmış cərəyanlı çərçivənin maqnit sahəsində dönməsi zamanı ona bərkidilmiş güzgüdən qayıdan şüaların bu güzgüdən müəyyən məsafədə qoyulmuş şkalada yerdəyişməsinə əsaslanır.

Çərçivənin dönmə dərəcəsi ondan keçən cərəyan şiddəti ilə mütənəşib olduğundan, dönmə bucağına görə (və və süanın şkalada verdəyisməsinə görə)

cərəyan şiddətini təyin etmək mümkündür.

Güzgülü qalvanometrin işləmə prinsipini 78-ci şəkil əsasında aydınlaşdırmaq olar. *N* və *S* maqnit qütbləri arasına nazik teldən asılmış *P* çərçivəsi daxil edilmiş və bu telə *A* güzgüsü bərkidilmişdir. Təcrübə zamanı *P* çərçivəsindən keçən cərəyan şiddətinə uyğun olaraq çərçivə və ona bərkidilmiş *A* güzgüsü dönmür. Güzgünün dönməsi ilə ondan əks olunan şüa, kənarda qoyulmuş şkala üzrə yerini dəyişdirir.



Şəkil 79.

Çərçivədən keçən cərəyan şiddəti həmin yerdəyişməyə əsasən təyin edilir. *Qalvanometrin şkalası üzrə şüanın bir millimetr (əqrəbli qalvanometrə əqrəbin bir bölgü) meyl etməsi üçün çərçivədən keçən cərəyan şiddəti ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə qalvanometrin həssaslığı deyilir.* Onda həssaslığı aşağıdakı düsturla

$$S = \frac{I_q}{d} \quad (71)$$

ifadə etmək olar.

Burada *S* – qalvanometrin həssaslığı, *I_q* – ondan keçən cərəyan şiddəti, *d* – isə bölgülər sayıdır.

Qalvanometrin həssaslığını tapmaq üçün 79-cu şəkildə verilmiş dövrədən istifadə olunur. Dövrədə *G* - qalvanometr, *E* - sabit cərəyan mənbəyi, *R* - müqavimət mağazası, *AB* - reoxord, *R₀* onun müqaviməti, *L* - reoxordun ümumi uzunluğu, *r_E* isə mənbəyin daxili müqavimətidir. Tam dövrə üçün *Om* qanununa əsasən yazarıq:

$$I = \frac{E}{R+R_0+r_E} \quad (72)$$

burada E - mənbəyin e.h.q.-dir. Elementin daxili müqavimətinin (r_E) mağazadan dövrəyə daxil edilmiş müqavimətə (R) nisbətən çox kiçik olduğunu nəzərə alınsa ($R \gg r_E$) (72) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$I = \frac{E}{R+R_0} \quad (73)$$

AB reoxordu üzərindəki tel bircinsli olduğundan onun $AS = l$ hissəsinin müqavimətini

$$R_{AC} = \frac{R_0}{L} l \quad (74)$$

kimi yazmaq olar.

(73) və (74) ifadələrinə əsasən reoxordun l uzunluğunda potensial düşgüsünü aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$V_{AC} = I R_{AC} = \frac{ERI}{(R+R_0)I}$$

Qalvanometrdən keçən cərəyan şiddətini i_g , onun daxili müqavimətini r_g ilə işarə etsək:

$$I_g = \frac{V_{AC}}{r_g}$$

və yaxud

$$I_g = \frac{ER_0 I}{(R+R_0)lr_g} \quad (75)$$

yazmaq olar. (75)-dən l_g -nin qiymətini (71) - də yerinə yazsaq, qalvanometrin həssaslığını aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$S = \frac{l_g}{d} = \frac{ER_0 I}{(R+R_0)Ldr_g} \quad (76)$$

Bu ifadənin sağ tərəfindəki kəmiyyətlərin hamısı təcrübə zamanı ölçülə bildiyindən qalvanometrin həssaslığını hesablamaq olar.

İşin gedişi

1.79-cu şəkildə verildiyi kimi dövrə qurmalı.

2. K - açarını qapayaraq, müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən müqaviməti elə seçmək lazımdır ki, qalvanometrın əqrəbi şkala üzrə 3-4 bölgü (güzgülü qalvanometrda isə şüa xətkəş üzrə 10 - 15 mm) meyl etsin. Bu hala uyğun müqaviməti qeyd etməli.
3. Əgər qalvanometrın əqrəbi tam bölgülərdən biri üzərinə düşmürsə, sürgünü reoxord üzrə hərəkət etdirməklə əqrəbi tam bölgüyə gətirməli və buna uyğun d bölgüsünü və AC məsafəsini (l) qeyd etməli.
4. Mənbəyin e.h.q.-ni (E) voltmetrlə ölçməli.
5. Reoxordun müqavimətini (R_0) və onun uzunluğunu (L) ölçməli. $R_0 - \iota$ ölçmək üçün körpü üsulundan istifadə etməli, yaxud $R_0 = \rho \frac{l}{S}$ düsturuna əsasən hesablamalı.
6. Qalvanometrın daxili müqavimətini (r_g) onun üzərindəki xarakteristik cədvəldən qeyd etməli.
7. Təcrübədən tapılan bütün qiymətləri (76) ifadəsində yazaraq, qalvanometrın həssaslığını hesablamalı.
8. Müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən müqaviməti dəyişdirməklə təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar etməli.
9. Qalvanometrın həssaslığı üçün orta qiymət tapmalı.
10. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 12

QALVANOMETRDƏN AMPERMETR KİMİ İSTİFADƏ EDİLMƏSİ QAYDASI

Ləvazimat: qalvanometr, reoxord, ampermetr və ya milliampermetr, müqavimət mağazası, sabit cərəyan mənbəyi, açar, dövrə təşkil etmək üçün naqillər.

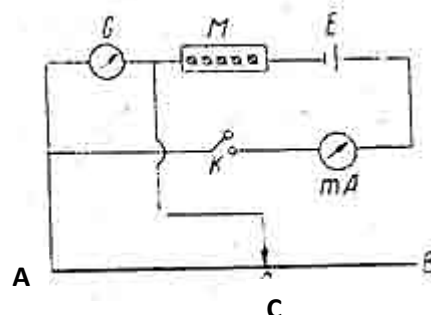
Qısa nəzəri məlumat

Laboratoriyalarda ən çox istifadə olunan elektrik ölçü cihazları maqnitoelektrik tipli cihazlardır. Belə cihazlar, 11 nömrəli işdə göstərildiyi kimi, ölçüləcək cərəyan keçən makaraya sabit maqnit sahəsinin təsirinə əsaslanmışdır. Belə ki, cərəyan keçən nazik dolaqlara malik makaranı sabit maqnit qütbləri arasında yerləşdirdikdə, o, maqnit sahəsinin təsiri nəticəsində maqnit qütbləri arasında fırlanma hərəkəti edər. Makaradan keçən cərəyan şiddətindən asılı olaraq o müəyyən bucaq qədər dönər və bunu makaraya bərkidilmiş əqrəb göstərir. Bu prinsipə əsaslanaraq hazırlanan ölçü cihazları sırasına qalvanometr də daxildir.

Qalvanometr çox böyük həssaslığa malik ölçü cihazı olub çox kiçik cərəyanları və bunun kimi də başqa elektrik kəmiyyətlərini ölçmək üçün işlədilən maqnetoelektrik ölçü cihazıdır.

Bu cihazdan ampermetr kimi istifadə etmək üçün onu qabaqcadan dəqiq milliampmetrə görə dərəcələmək lazımdır. Daha doğrusu milliampmetr və qalvanometri ardıcıl olaraq dövrəyə daxil edib, onların göstərişlərini müqayisə etmək lazımdır. Bunun üçün 80-ci şəkildəki dövrədən istifadə olunur.

Şəkildən göründüyü kimi, G qalvanometri, mA -milliampmetri, M müqavimət mağazası və E mənbəyi dövrəyə ardıcıl birləşdirilmişdir. Reoxordun AC hissəsi isə qalvanometrə paralel qoşulduğundan, AC -in müqaviməti qalvanometr üçün şunt rolunu oynayır.



Şəkil 80.

Mağazadan dövrəyə müqavimət daxil edərək, açarı bağlayıb, sürgünü (C) elə nöqtəyə gətirmək lazımdır ki, qalvanometrin əqrəbi bir neçə bölgü meyl etsin (güzgülü qalvanometrə isə 2-3 sm). Qalvanometr əqrəbinin bu meylinə uyğun milliampmetrin göstərişini qeyd etmək lazımdır.

Bundan sonra C sürgüsünün yerini dəyişdirmədən, mağazadan dövrəyə daxil edilən müqaviməti (R) tədricən dəyişdirməklə qalvanometrin meyllərini və ampermetrin ona uyğun göstərişlərini qeyd etmək lazımdır. Hər iki cihazın göstərişlərinə görə düzbucaqlı koordinat sistemində qrafik qurmalı. Həmin qrafikdən qalvanometrin ixtiyari bölgüsünə uyğun ampermetrin göstərişini (cərəyan şiddətini) tapmaq mümkündür. Bu əməliyyata qalvanometrin dərəcələnməsi deyilir.

İşin gedişi

1. 80-cı şəkildəki kimi dövrə qurmalı.
2. C sürgüsünü reoxordun A ucuna yaxın yerləşdirərək reoxord teli ilə yaxşı kontakt yaratmalı.
3. Müqavimət mağazasından dövrəyə müqavimət daxil etməli (5000-6000 Ω)
4. K açarını bağlamaqla sürgünü elə nöqtəyə gətirməli ki, qalvanometrin əqrəbi təqribən 5-6 bölgü (güzgülü qalvanometrə isə şüa 2-3 sm) meyl etsin.
5. Bu hal üçün qalvanometr və milli ampermetrin göstərişlərini qeyd etməli.
6. Müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən müqaviməti tədricən azaltmaqla, qalvanometr və ampermetrin uyğun göstərişlərini 8-10 hal üçün qeyd etməli.
7. Qalvanometr və ampermetr göstərişləri arasındakı asılılığın qrafikini qurmalı.
8. Hər təcrübədə ampermetr göstərişlərini uyğun qalvanometr göstərişlərinə bölərək, qalvanometrin bir bölgüsünə düşən cərəyan şiddətinin orta qiymətini tapmalı.

LABORATORİYA İŞİ № 13

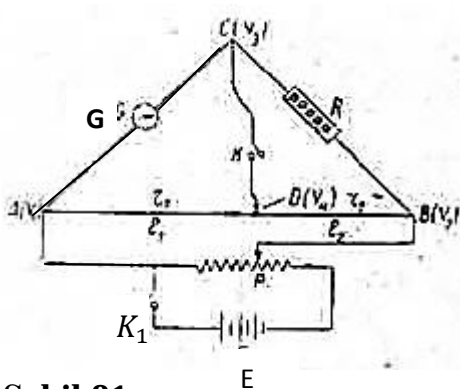
TOMSON KÖRPÜSÜ İLƏ VƏ OM QANUNUNA ƏSASƏN

MÜQAVİMƏTİN TƏYİNİ

Çalışma 1. Qalvanometrin daxili müqavimətinin təyini

Ləvazimat: reoxord, daxili müqaviməti təyin ediləcək qalvanometr, müqavimət mağazası, reostat, iki açar, sabit cərəyan mənbəyi-akkumulyator, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Bu işə aid nəzəri məlumat 9№-li işdə verilmişdir. Tomson körpü üsulu ilə müqavimətin təyininə aid dövrənin sxemi 81-ci şəkildəki kimidir. Şəkildən göründüyü kimi, bu körpünün Uistston körpüsündən fərqi ondan ibarətdir ki, a) sabit cərəyan mənbəyinə (E) parallel birləşdirilmiş potensiometrin (P) sürgüsünü hərəkət etdirməklə A və B nöqtələrinin potensiallarını dəyişdirmək olur; b) körpü rolunu oynayan CD qoluna K açarı qoşulmuşdur; b) məchul müqavimət əvəzinə tətbiq olunan qalvanometr qoşulmuşdur. P potensiometrindən istifadə etməklə qalvanometrdən keçən cərəyan şiddətini dəyişdirmək olur.



Şəkil 81.

Potensiometr və reoxordun D sürgüsünün köməyi ilə dövrədə cərəyanı elə tənzim etmək lazımdır ki, K - açarı qoşulduğu budaqdan cərəyan keçməsin. Cərəyanın keçmədiyini müəyyən etmək üçün k - açarını ardıcıl olaraq qapayıb - açdıqda qalvanometr göstərişinin dəyişmədiyinə nail olmaq lazımdır. Bu halda Uistston körpüsündə olduğu kimi

$$R_G = R \frac{l_1}{l_2} \quad (77)$$

yazmaq olar. Deməli, qalvanometrin daxili müqavimətini (R_G) tapmaq üçün dövrəyə qoşulmuş məlum müqaviməti (R) reoxord qollarının uzunluqları nisbətinə vurmaq lazımdır.

İşin gedişi

1. 81-ci şəkildə göstərildiyi kimi dövrəni qurmalı.
2. Sürgünü təxminən reoxordun ortasına gətirməli.
3. Müqavimət mağazasından dövrəyə 25-30 om müqavimət daxil etməli.
4. Dövrənin K_1 - açarını qapayıb potensiometr vasitəsi ilə qalvanometr əqrəbinin müəyyən meylini əldə etməli.

5. Sonra K açarını qapamalı. Bu halda qalvanometrin əqrəbi əvvəlki vəziyyətindən bir qədər meyl edəcəkdir. Yenidən müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən müqaviməti dəyişdirmək və ya D sürgüsünü sağa və sola hərəkət etdirməklə qalvanometr əqrəbinin göstərişini əvvəlki vəziyyətə gətirməli.
6. Dövrəyə daxil edilmiş R - müqavimətini və reoxord qollarının uzunluqları nisbətini ($l_1:l_2$) (77) ifadəsində yerinə yazaraq qalvanometrin daxili müqavimətini hesablamalı.
7. Təcrübəni yuxarıdakı ardıcılıqla 3-4 dəfə təkrar etməli, hər dəfə R, l_1 və l_2 üçün alınan qiymətləri (77) ifadəsində yazaraq R_G -ni hesablamalı və orta qiymət tapmalı.
8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamalı

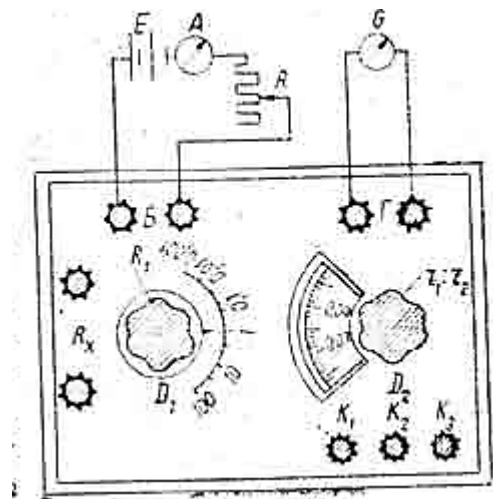
Çalışma 2. Kiçik müqavimətlərin təyini

Ləvazimat: Tomson körpüsü, sabit cərəyan mənbəyi, ampermetr, reostat, qalvanometr, ölçüləcək məchul müqavimətlər, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Cihazın təsviri

Tomson körpüsündən kiçik müqavimətləri (10^{-5} - 10^1 om) ölçmək üçün istifadə olunur. Körpünün xarici görünüşü 82 - ci şəkildə verilmişdir. Göründüyü kimi, körpünün R_2 B və Q yazılmış sıxaclarına uyğun olaraq məchul müqavimət, batareya dövrəsi və qalvanometr qoşulmuşdur. Batareya dövrəsində cərəyanı tənzim etmək üçün reostat (R) vardır.

Əvvəlcə cihazdakı D_1 dəstəyinin köməyi ilə məchul müqavimətə qiymətcə yaxın olan məlum R_1 müqaviməti seçilir. Sonra qalvanometrin əqrəbi sıfır qiymət göstərənə qədər D_2 dəstəyini döndərmək lazımdır. Bu halda D_2 dəstəyini şkala üzərində göstərdiyi ədəd $r_1:r_2$ nisbətidir. D_1 və D_2 göstərişləri hasili məchul R_x müqavimətini verir.



Şəkil 82.

İşin gedişi

1. 82-ci şəkildəki kimi dövrə qurmalı.
2. D_1 dəstəyini fırladaraq məchul müqavimətə qiymətcə yaxın müqavimət seçməli.

3. K_1 açarını qapayaraq R reostatı vasitəsi ilə cərəyanı tənzim etməli.
4. K_2 açarını qapayaraq D_2 dəstəyini fırlatmaqla elə vəziyyət almalı ki, qalvanometrdən keçən cərəyan sıfır olsun.
5. Əgər D_2 dəstəyini axıra kimi fırlatmaqla qalvanometrin göstərişi sıfıra gəlməzsə, deməli D_1 dəstəyi ilə seçilmiş məlum R_1 müqaviməti məchul müqavimətə yaxın deyildir. Müqavimətlərin qiymətcə belə yaxınlığını əldə etmək üçün, D_1 dəstəyini fırladaraq tədricən sağ və ya soldakı bölgülərə gətirərək dövrəyə daxil edilən müqaviməti dəyişdirməli və yenidən K_2 -ni qapayaraq D_2 dəstəyini fırlatmaqla qalvanometrdən keçən cərəyanı sıfıra gətirməli (qalvanometrdən keçən cərəyanı K_2 açarı təxmini, K_3 açarı isə dəqiq olaraq sıfıra gətirir).
6. D_1 və D_2 dəstəklərinin şkala üzərindəki göstərişlərini vurmaqla məchul müqaviməti tapmalı.
7. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edərək, məchul müqavimət üçün orta qiymət tapmalı.
8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Çalışma 3. Müqavimətin ampermetr və voltmetr vasitəsi ilə təyini

Ləvazimat: tədqiq ediləcək müqavimətlər, reostat, sabit cərəyan ampermetri, sabit cərəyan voltmetri, sabit cərəyan mənbəyi, açar, dövrə təşkil etmək üçün naqillər. Keçiricilərin müqavimətini təyin etmək üçün mövcud üsullardan ən sadəsi müqavimətin ampermetr və voltmetr vasitəsi ilə təyin edilməsidir. Bu üsul dövrə hissəsi üçün Om qanununa əsaslanmışdır.

Verilmiş dövrə hissəsi üçün gərginlik düşgüsü və cərəyan şiddəti məlum olarsa, dövrə hissəsi üçün Om qanununa əsasən yazırıq:

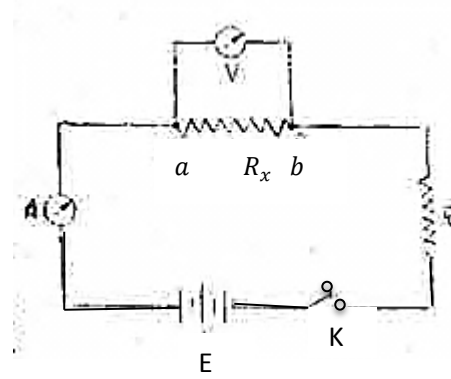
$$R_x = \frac{V_1 - V_2}{i} \quad (78)$$

Bu ifadədən keçiricinin müqavimətini təyin etmək üçün istifadə etmək olar.

Qurğunun təsviri

83-cü şəkildən görüldüyü kimi, dövrə məchul müqavimət (R_x), reostat (R), sabit cərəyan mənbəyi (E), ampermetr (A) və açardan (K) ibarətdir.

R_x müqavimətinin uclarına paralel olaraq voltmetr (V) qoşulmuşdur. Şəkildən göründüyü kimi, dövrədən keçən cərəyan a və b nöqtələrində budaqlanır və cərəyanın bir hissəsi voltmetrdən keçir. Ona görə də məchul müqavimətdən keçən cərəyan, dövrədəki ampermetrin göstərdiyi cərəyandan bir qədər az olmalıdır.



Şəkil 83.

Onda (78) düsturu ilə hesablanan müqavimət R_x -in həqiqi qiymətindən bir qədər kiçik olar.

Voltmetrdən keçən cərəyan hesabına baş verən xətanı azaltmaq üçün ölçüləcək R_x müqavimətinə nisbətən daxili müqaviməti çox böyük olan voltmetrdən istifadə olunmalıdır. Bu halda voltmetrdən keçən cərəyan şiddəti çox kiçik olduğundan ampermetr və voltmetrin göstərişlərinə görə (78) ifadəsindən istifadə edib R_x -i hesablamaq olar.

İşin gedişi.

1. 83-cü şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı.
2. Sonra K açarını bağlayaraq reostat vastəsi ilə dövrədəki cərəyanı tənzim etməli.
3. Cərəyan şiddətini və potensiallar fərqi qeyd etməli.
4. Cərəyan şiddəti və gərginlik üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (78) ifadəsində yazaraq məchul R_x müqavimətini hesablamaq.
5. Dövrədəki cərəyan şiddətini dəyişdirməklə təcrübəni təkrar etməli.
6. Təcrübəni cərəyan şiddətini başqa qiymətlərinə görə 4-5 dəfə təkrar edərək, məchul müqaviməti tapmalı və onun orta qiymətini hesablamaq.
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını hesablamaq.
8. Tədqiq olunan müqaviməti silindrik və yaxud lent formada seçməklə onun müqavimətini yuxarıdakı qayda ilə tapıb,

$$\rho = \rho_{or} \frac{S}{l} \quad (79)$$

düsturundan istifadə edərək, həmin naqilin ρ xüsusi müqavimətini hesablamaq. Bunun üçün naqilin uzunluğunu (l) və en kəsik sahəsini (S) dəqiq ölçmək lazımdır.

LABORATORİYA İŞİ № 14

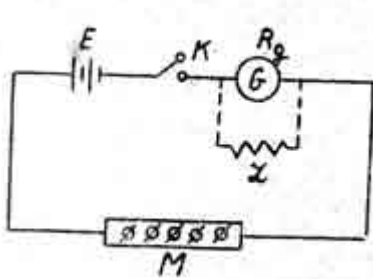
MÜQAVİMƏTİN ŞUNT ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Çalışma 1. Qalvanometrin daxili müqavimətinin təyini

Ləvazimat: Akkumulyator batareyası, daxili müqaviməti təyin ediləcək qalvanometr, müqavimət mağazası, məlum müqavimətli şunt, açar, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qurğunun təsviri və qısa nəzəri məlumat.

Qalvanometrin daxili müqavimətini təyin etmək üçün istifadə olunacaq dövrənin sxemi 84-cü şəkildə verilmişdir. Dövrə qalvanometr (G), cəbit cərəyan mənbəyi (E),



Şəkil 84.

müqavimət mağazası (M) və açardan (K) təşkil olunmuşdur. Əvvəlcə müqavimət mağazasından dövrəyə qiymətcə çox böyük olan R müqaviməti daxil edilir. Sonra isə daxili müqaviməti təyin ediləcək qalvanometre paralel olaraq şunt rolunu oynayan məlum Z - müqaviməti qoşulur. Z - müqaviməti qalvanometrin daxili müqavimətinə nəzərən çox

böyük olmalıdır. Bu halda qalvanometrdən keçən cərəyan azalır. Yenidən, qalvanometrin göstərişi, şuntsuz haldakı göstərişi ilə eyni olana qədər müqavimət mağazasından dövrəyə R_1 müqaviməti daxil edilir (bu halda $R_1 < R$ olur). Şuntsuz və şuntlu halın hər ikisi üçün E - mənbəyin daxili müqaviməti nəzərə alınmazsa, Kirxhofun ikinci qanununa əsasən aşağıdakı bərabərlikləri yazmaq olar:

Şuntsuz halda

$$E = I (R + R_g)$$

Şunt olan halda

$$E = IR_g + (I + I_z) R_1$$

Burada I - qalvanometrdən, I_z - şuntla keçən cərəyanlar, R_g - isə qalvanometrin daxili müqavimətidir. Hər iki bərabərlikdən

$$I (R + R_g) = IR_g + (I + I_z) R_1 \quad (80)$$

yazmaq olar.

Naqillərin paralel birləşməsi haqqındakı qaydaya görə, şunt və qalvanometrdən keçən cərəyan şiddətlərinin nisbəti müqavimətlərin nisbəti ilə tərs mütənəsidir:

$$I_z = I \frac{R_g}{Z} \quad (81)$$

(81) - i (80) ifadəsində nəzərə alaq:

$$I(R + R_g) = I R_g + \left(1 + \frac{R_g}{Z}\right) I R_1$$

Son ifadəni sadələşdirib R_g -ni tapsaq alarıq:

$$R_g = Z \frac{R - R_1}{R_1} \quad (82)$$

Beləliklə, (82) düsturuna əsasən qalvanometrin daxili müqavimətini hesablaya bilərik.

İşin gedişi

1. 84-cü şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı.
2. Müqavimət mağazasından dövrəyə nisbətən böyük müqavimət (R) daxil etməli.
- 3 K açarını bağlayaraq, qalvanometr əqrəbinin meylini qeyd etməli və sonra açarı açmalı.
- 4.Qalvanometrə paralel olaraq məlum müqavimətli (Z) şunt qoşmalı. Şuntun müqaviməti qalvanometrin daxili müqavimətinə nəzərən böyük olmalıdır.
- 5.Bu halda K açarını bağladıqda qalvanometrin göstərişi dəyişəcəkdir. Müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən müqaviməti dəyişdirərək qalvanometr əqrəbinin göstərişini şunt olmayan haldakı göstərişə gətirməli. Bu hala uyğun mağazadan dövrəyə daxil edilən müqaviməti (R_1) qeyd etməli.
6. R, R_1 və Z müqavimətlərinin təcrübədən tapılan qiymətlərini (82) ifadəsində yazaraq, qalvanometrin daxili müqavimətini hesablamaq.
7. Sonra R və R_1 -in başqa qiymətləri üçün təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar etməli və R_g üçün orta qiymət tapmalı.
- 8.Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

Çalışma2. Elementin daxili müqavimətinin təyini

Ləvazimat:daxili müqaviməti təyin ediləcək element, qalvanometr, müqavimət mağazası, müqaviməti məlum olan şunt, açar, dövrə təşkil etmək üçün naqillər.

Qurğunun təsviri və qısa nəzəri məlumat

Elementin daxili müqaviməti 85 - ci şəkildə verilmiş elektrik dövrəsinə əsasən

təyin edilir. Şəkildən göründüyü kimi dövrəyə element (E), qalvanometr (G), müqavimət mağazası (M) və açar (K) ardıcıl birləşdirilmişdir. Bu dövrəyə müqavimət mağazasından məlum R müqaviməti (qiymətcə böyük seçilməlidir.) daxil etdikdə, K açarını qapayarkən qalvanometr əqrəbi müəyyən qədər meyl edəcəkdir.

Bu meyl qeyd etdikdən sonra qalvanometr və müqavimət mağazasına birlikdə məlum müqavimətli şuntu (Z) paralel qoşmalı. Şuntun müqaviməti çox kiçik olmaqla 85 - ci şəkildə verildiyi kimi elementin sıxaclarına birləşdirilir.

Bu halda qalvanometrin göstərişi müəyyən qədər dəyişər. Yenidən müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən R_1 müqavimətini elə seçmək lazımdır ki, (bu halda $R_1 < R$ olur) qalvanometrin göstərişi şunt olmayan haldakı göstərişi ilə eyni

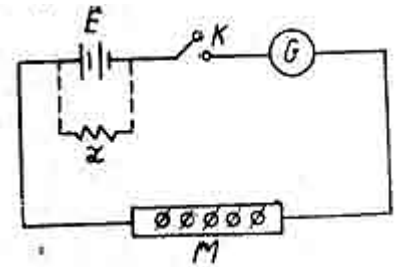
olsun. Dövrədə şunt olan və olmayan hallar üçün Kirxhofun ikinci qanununu tətbiq etsək alarıq:

$$E = I (R + R_g + R_e)$$

Şunt olan halda isə

$$E = I (R_1 + R_g) + (I + I_z) R_e$$

burada I - qalvanometrdən, I_z - şuntun keçən cərəyan, R_g - qalvanometrin, R_e - elementin daxili müqavimətidir.



Şəkil 85.

Hər iki halda e. h. q - nin bərabərliyindən yazarıq:

$$I (R + R_g + R_e) = I(R_1 + R_g) + (I + I_z)R_e \quad (83)$$

Naqillərin paralel birləşdirilməsi qaydasına əsasən

$$\frac{I_z}{I} = \frac{R_1 + R_g}{Z}$$

yazmaq olar. Buradan I_z -i tapıb, (83) - də yerinə yazdıqda,

$$I(R + R_g + R_e) = I(R_1 + R_g) + I \left(1 + \frac{R_1 + R_g}{Z} \right) R_e \quad (84)$$

alarıq. Sonuncu ifadədəni sadələşdirərək R_e -ni tapaq:

$$R_e = Z \frac{R - R_1}{R_1 + R_g} \quad (85)$$

Bu ifadəyə əsasən elementin daxili müqaviməti hesablanır.

İşin gedişi

- 1.85-ci şəkildə verildiği kimi dövrə qurmalı.
2. Müqavimət mağazasından dövrəyə məlum müqavimət (R) daxil edərək, açarı qapamalı (R müqaviməti böyük seçilir)
3. Qalvanometr əqrəbinin dövrədən keçən cərəyana uyğun meylini qeyd edib, açarı açmalı.
4. Sonra qalvanometr və müqavimət mağazasına birlikdə məlum müqavimətli şuntu (Z) paralel qoşub, dövrəni qapamalı. Şuntun müqaviməti çox kiçik olmalıdır.
5. Bu halda qalvanometr əqrəbinin meyli dəyişər. Qalvanometrin göstərişi, şuntsuz göstərişi ilə eyni olana qədər müqavimət mağazasından dövrəyə müqavimət daxil etməli. Bu hala uyğun R_1 müqavimətini qeyd etməli. Qalvanometrin daxili müqavimətini (R_g) onun üzərindəki xarakteristik cədvəldən götürməli və yaxud bu işin 1- ci çalışmasındakı qayda ilə ölçməli.
6. R , R_1 , Z və R_g -nin qiymətlərini (83) ifadəsində yerinə yazaraq, elementin daxili müqavimətini hesablamalı.
7. R və R_1 -in başqa qiymətləri üçün təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar edərək elementin daxili müqaviməti üçün orta qiymət tapmalı.
8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №15

ELEKTROLİTLƏRİN MÜQAVİMƏT VƏ ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN

KOLRAUŞ KÖRPÜSÜ VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ.

Ləvazimat: Kolrauş körpüsü, telefon, qalvanometr, cərəyan mənbəyi, müxtəlif elektrolitlər, voltmetr, induksiya makarası (zummer), dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Elektron keçiriciliyinə malik olan metallar və onların qarışıqları birinci növ keçiricilər adlanırlar.

Belə keçiricilərdən cərəyan keçərkən heç bir kimyəvi proses müşahidə olunmur.

İon keçiriciliyinə malik olan naqillərə ikinci növ keçiricilər deyilir. Yüklü atom və ya molekulara ion deyilir. İkinci növ keçiricilərdə gedən kimyəvi proseslər nəticəsində əmələ gələn müsbət və mənfi ionlar xarici elektrik sahəsinin təsiri altında istiqamətlənmiş hərəkət edərək cərəyan əmələ gətirir və elektrodlar (ikinci növ keçirici içərisinə salınmış metal və ya kömür lövhə elektrod adlanır) üzərinə

yığılır. Belə elektrik keçiriciliyinə malik olan naqillərə *elektrolitlər*, bunların keçiriciliyinə isə *elektrolitik keçiricilik* deyilir.

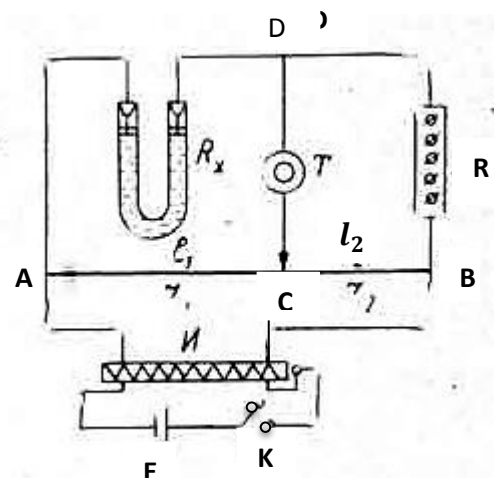
İkinci növ naqillər sırasına turşu, duz və əsasların sulu məhlulları, daha doğrusu ion keçiriciliyinə malik olan bütün mayelər və məhlullar daxildir.

Təcrübələr göstərir ki, hər hansı həlledici içərisində ixtiyari maddə həll olarkən o, ya tamamilə ya da qismən parçalanır - dissosiasiya edir. Bunun nəticəsində həll olunan maddənin molekulları iki əks işarəli ion əmələ gətirir. Dissosiasiya zamanı metal və hidrogenin atom və ya molekulları elektron itirdikləri üçün həmişə müsbət ionlar əmələ gətirir. Elektron qəbul etmiş qalan molekullar (turşu və duz qalıqları olan radikallar, hallogenlər, hidroksid qrupları və i. a.) mənfi ionlar əmələ gətirir.

Elektrolitlərdən sabit cərəyan keçərkən elektrodlar üzərinə maddə ayrılması hadisəsinə elektroliz deyilir.

Elektroliz zamanı mənfi elektroda (katoda) tərəf müsbət yüklü ionlar (bunlar kationlar adlanır), müsbət elektroda (anoda) tərəf isə mənfi yüklü ionlar (bunlar anionlar adlanır) hərəkət edir. Anoda çatan mənfi yüklü ionlar öz artıq elektronlarını yüklü lövhəyə verərək neytral halda onun üzərinə yığılır. Katoda gələn müsbət yüklü ionlar isə yüklü lövhədən elektron alaraq neytrallaşır. Elektrodları eyni metaldan olan elektrolitdən cərəyan keçdikdə elektrodlar üzərinə toplanan ionlar nəticəsində elektrodların simmetrikliliyi (eyniliyi) pozulur. Bunun nəticəsində bu elektrodlar, əsas cərəyanın əksinə yönəlmiş cərəyan verən e.h.q.-nə malik qalvanik element əmələ gətirir. Elektroliz zamanı elektrodlarda simmetrikliliyin pozulması nəticəsində əmələ gələn dəyişikliyə *elektrodların polyarizasiyası* deyilir. Bu halda yaranan elektrik hərəkət qüvvəsinə polyarizasiya elektrik hərəkət qüvvəsi deyilir.

Polyarizasiya nəticəsində məhlulda əsas cərəyanın əksinə yönəlmiş polyarizasiya cərəyanı əmələ gəlir. Bu cərəyan əsas cərəyanı zəiflətdiyinə görə məhlulun elektrik keçiriciliyi pisləşir, yəni məhlulun müqaviməti həqiqi müqavimətdən çox olur. Buna yol verməmək üçün dəyişən cərəyandan istifadə olunur.



Şəkil 86.

Məhluldan tezliyi məlum olan dəyişən cərəyan keçdikdə onun qiymət və istiqamətinin periodik olaraq dəyişməsi nəticəsində elektrodlarda polyarizasiya alınmır. Daha doğrusu, cərəyanın ani müddətdə bir istiqamətindəki axınında elektrodlarda baş verən dəyişikliklər, onun əks istiqamətindəki ani axınında yox edilir. Buna görə də, məhlulların müqavimət və xüsusi müqavimətlərini və eyni zamanda elektrik keçirciliyini düzgün təyin etmək üçün dəyişən cərəyanla işləyən Kolrauş körpüsündən istifadə olunur. Kolrauş körpüsünün sxemi 86-cı şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, bu körpü Uitston körpüsünə oxşayır. Başlıca fərq ondan ibarətdir ki, Uitson körpüsündəki sabit cərəyan mənbəyinə bu halda induktor (N) adlanan makara qoşulmuşdur. Bu induktor mexaniki kəsicisi olan zummerdən ibarətdir. Zummerin vəzifəsi dövrəyə veriləcək cərəyanı periodik olaraq müəyyən tezliklə verib kəsməkdən ibarətdir. Bu halda dövrədə dəyişən cərəyan əmələ gəlir (dövrəyə dəyişən cərəyan vermək üçün bəzən Rumkorf makarasından da istifadə olunur).

Uitston körpüsündəki qalvanometr əvəzinə isə telefon (T) daxil edilmişdir (qalvanometr sabit, telefon isə dəyişən cərəyan dövrəsində işləyir).

Kolrauş körpüsü induktor (N) adlanan makaradan, R - müqavimət mağazasından və AB - reoxordundan ibarətdir. Körpünün bu hissəsi qabaqcadan qurulmuş olur. Təcrübə zamanı körpünün AD - qoluna U - şəkilli boruda müqaviməti təyin ediləcək elektrolit daxil edilir. CD - qoluna isə telefon (T) birləşdirilir.

Əgər naqillərdən cərəyan keçərkən polyarizasiya hadisəsi baş vermirsə, keçiricilərin müqavimətini təyin edərkən Kolrauş körpüsündən Uitston körpüsü kimi də istifadə etmək olar. Bu halda dəyişən cərəyan verən N - induksiya makarası dövrədən çıxarılır və telefon qalvanometrlə əvəz olunur. (bax: şəkil 72). Naqillərdən cərəyan keçərkən polyarizasiya hadisəsi baş verirsə (elektrolitlər) keçiricinin müqavimətini təyin etmək üçün Kolrauş körpüsündən istifadə olunur və bu halda qalvanometr T - telefonu ilə əvəz olunmaqla dövrəyə 86-cı şəkildəki kimi induksiya makarası (N) daxil edilir. Bu makara dövrəni məlum tezlikli dəyişən cərəyanla təmin edir.

Təcrübə zamanı telefonda səsin kəsilməsi CD - qolundan cərəyanın keçmədiyini, eşidilməsi isə cərəyanın keçdiyini müəyyən edir.

Təcrübə zamanı K açarını qapadıqda dövrədən dəyişən cərəyan keçir. Sonra reoxord üzəri ilə sürüşən C kontaktını sağa və sola hərəkət etdirərək elə nöqtəyə gətirmək olar ki, telefonda səs tamamilə kəsilsin. Bu halda Uitston körpü üsulunda olduğu kimi müqavimətlər arasında aşağıdakı nisbəti yazmaq olar.

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2}, \quad (86)$$

burada R_x - elektrolitin müqaviməti, R - məlum müqavimət, l_1 və l_2 isə C sürgüsünün vəziyyətinə görə reoxord hissələrinin uzunluğudur. Kolrauş

körpüsündə l_1/l_2 nisbəti hazır şəkildə verilir. Beləliklə, R və l_1/l_2 nisbətini təcrübədən tapıb, qiymətlərini (86) ifadəsində yerinə yazmaqla elektrolitlərin müqavimətini hesablamaq olar.

Məlumdur ki, düzgün həndəsi formaya malik olan naqillərin müqavimətləri, xüsusi müqavimət və həndəsi ölçülərinə görə aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (87)$$

burada l - keçiricinin uzunluğu, S - en kəsiyinin sahəsi, ρ - isə xüsusi müqavimətdir. Elektrolitləri müəyyən həndəsi formalı (əsasən silindrik) qablara tökərək, (87) ifadəsindən istifadə etməklə, onların xüsusi müqavimətlərini hesablamaq olur. U şəkilli silindrik şüşə qaba tökülmüş elektrolitə salınmış elektrodlar arasında qalan maye sütununun uzunluğunu və onun en kəsiyinin sahəsini ölçərək, R - müqavimətini yuxarıda göstərilən qayda ilə təyin edib, məhlulun xüsusi müqavimətini və elektrik keçiriciliyini hesablamaq olar.

Vahid en kəsiyə və vahid uzunluğa malik naqilin müqavimətinə onun xüsusi müqaviməti deyilir. Xüsusi müqavimətin BS - də ölçü vahidi $om \cdot m$, praktik sistemdə isə $om \cdot sm$ - dir. Xüsusi müqavimətin tərs qiymətinə naqilin elektirik keçiriciliyi deyilir və σ ilə işarə edilir. Kolrauş körpüsündən istifadə edərək iki növ məhlulun müqavimətini ölçməklə nisbi üsulla bu məhlullardan birinin elektirik keçiriciliyi məlum olduqda digərinin elektirik keçiriciliyini hesablamaq olar. Bunun üçün U şəkilli boruya əvvəlcə məhlullardan birini, sonra isə digərini doldurub, Kolrauş korpusu ilə R_x və R_x^1 müqavimətlərini tapmaq lazımdır. Bu iki məhlul üçün

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2},$$

$$R_x^1 = R^1 \frac{l_1^1}{l_2^1}$$

Bunların nisbətindən

$$\frac{R_x}{R_x^1} = \frac{R l_1 l_2^1}{R^1 l_2 l_1^1} \quad (88)$$

alırıq. Bu bərabərliyin sağ tərəfindəki kəmiyyətlər bilavasitə təcrübədən tapılır. Digər tərəfdən məlumdur ki, ölçüləri eyni olan iki naqilin müqavimətləri nisbəti elektirik keçiriciliyi ilə tərs mütənəsibdir:

$$\frac{\sigma}{\sigma^1} = \frac{R_x^1}{R_x}, \quad (89)$$

yaxud

$$\frac{\sigma}{\sigma^1} = \frac{R^1 l_2 l_1^1}{R l_1 l_2^1}, \quad (90)$$

burada σ və σ^1 - məhlulların elektirik keçiriciliyidir. (90) ifadəsində sağ tərəfdəki kəmiyyətlər bilavasitə təcrübədən tapılan olduqlarından məhlullardan birinin

elektrik keçiriciliyini bilərək (etalon məhlul üçün) digərinin elektrik keçiriciliyini hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. 86.-cı şəkildə verildiyi kimi dövrə qurmalı.
2. Tədqiq olunan məhluldan U şəkilli boruya doldurub, ona elektrodlar daxil etməli və Kolrauş körpüsünün AD budağına daxil edərək dövrəyə qoşmalı.
3. Uitston körpüsündə olduğu kimi müqavimət mağazasından dövrəyə müəyyən R müqaviməti daxil edərək, K açarını qapamalı, sonra C kontaktını, sürüşdürməklə, telefonda səs kəsilməsini əldə etməli.
4. Səs kəsildikdə kontaktın reoxord üzərindəki vəziyyətinə görə l_1 / l_2 nisbətini qeyd etməli.
5. R müqavimətinin və l_1 / l_2 nisbətinin qiymətini (86) ifadəsində yazaraq, tədqiq olunan mayenin müqavimətini (R_x) hesablamaq.
6. Müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən R müqavimətini dəyişdirməklə təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək, R_x üçün orta qiymət tapmalı.
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.
8. Sonra U şəkilli boruda elektrodlar arasında qalan elektrolitin l uzunluğunu və S en kəsiyinin sahəsini ölçməli.
9. Məhlulun təcrübədən tapılan R_x müqaviməti, l uzunluğu və S en kəsiyi sahəsinə görə (87) ifadəsindən onun xüsusi müqavimətini hesablamaq.
10. Sonra həmin U şəkilli boruya elektrik keçiriciliyi məlum (σ^1) olan ikinci məhlulu töküüb, Kolrauş körpüsündə yuxarıdakı qayda ilə (86) ifadəsindən R_x^1 müqavimətini tapmalı.
11. Hər iki maye üçün təcrübədən tapılan R_x və R_x^1 müqavimətlərini (89) ifadəsində yazaraq, birinci mayenin elektrik keçiriciliyini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 16.

ELEKTROLİTLƏRİN MÜQAVİMƏTİNİN TEMPERATURDAN ASILILIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: universal körpü, telefon və ya qalvanometr, elektrik mənbəyi, müxtəlif elektrolitlər, U - şəkilli şüşə qab, termostat, qarışdırıcı, termometr, elektroliti qızdırmaq üçün peç, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa məzəri məlumat

Elektrolitlərin elektrik keçiriciliyi temperatur artdıqca onunla mütənasib olaraq artır. Bunun bir səbəbi temperaturun artması ilə məhlulların dissosiasiya dərəcəsinin artması, digər səbəbi isə mayenin qızması ilə ionların mütəhərrikliyinin

artması və özlülüyün azalmasıdır. *Məhsulun dissosiasiya etmə dərəcəsi, onun həcmində yaranan ionların sayı ilə xarakterizə olunur. İonların mütərərikliyi (yürüklüyü), sahə intensivliyi vahidə bərabər olduqda ədədi qiymətə ionların istiqamətlənmiş sürətlərinə bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.*

Məhlulun elektrik keçiriciliyi, onun bir kub santimetrində olan ionların sayından və onların müthərikliyindən asılıdır. Elektrolitlərin temperaturu artdıqca onların müqavimətləri azalır. Müqavimətin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə aşağıdakı təxmini düsturla ifadə etmək olar:

$$R_2 = R_1 (t - \alpha t), \quad (91)$$

Burada R_1 elektrolitin hər hansı t_1 temperaturundakı, R_2 isə t_2 temperaturundakı müqaviməti, t temperaturlar fərqi $t_2 - t_1$, α isə müqavimətin temperatur əmsalındır. Təcrübələr göstərir ki, (91) ifadəsi kiçik temperatur oblastında məhlulların müqavimətini hesablayarkən daha dəqiq nəticə verir.

Müxtəlif temperatur intervallarında α - əmsalı sabit qalmır. Verilmiş temperatur intervalında müqaviməti hesablayarkən uyğun temperatur əmsalından istifadə etmək lazımdır.

Elektrolitlərdə müqavimətin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə müəyyən etmək üçün, onu tədricən qızdırmaq, müxtəlif temperaturlarda müqavimətlərini universal körpü ilə ölçmək lazımdır. Üsulun nəzəri əsası 15 №-li işdə verilmişdir.

Müxtəlif temperaturlarda universal körpü ilə elektrolitlərin müqavimətini təyin edərkən, U şəkilli şüşə boruya doldurulmuş məhlulu termostata salıb, körpünün məchul müqavimət qoşulacaq budağına daxil etmək lazımdır. Sonra termostatdakı mayeni tədricən qızdırmaqla hər $10-15^{\circ}C$ -dən bir məhlulun müqavimətini ölçmək lazımdır. Təcrübədən tapılan müqavimətlərlə temperatur arasındakı asılılığı göstərən qrafik qurulur.

Məhlulun iki müxtəlif temperaturda təcrübədən tapılmış müqavimətlərindən istifadə edərək, (91) ifadəsi ilə həmin interval üçün onun müqavimətinin temperatur əmsalını (α) tapmaq olar. Bu məqsədlə məhlulun iki temperaturdakı müqavimətinin onun $0^{\circ}C$ -dəki müqaviməti ilə aşağıda verilmiş əlaqəsindən istifadə etsək,

$$R_1 = R_0 (l - \alpha t_1),$$

$$R_2 = R_0 (l - \alpha t_2),$$

burada R_0 məhlulun $0^{\circ}C$ -yə uyğun müqaviməti, t_1 —sıfırdan başlayaraq hesablanan birinci temperatur artımı, R_1 isə $t_1^{\circ}C$ - yə uyğun məhlulun müqaviməti, t_2 sıfırdan hesablanan ikinci temperatur artımı, R_2 isə ona uyğun məhlulun müqavimətidir. Sonuncu ifadələri tərəf-tərəfə bölüb α - nı tapsaq:

$$\alpha = \frac{R_1 - R_2}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \quad (92)$$

Deməli, tədqiq olunan elektrolitin t_1 və t_2 temperaturlarına uyğun R_1 və R_2 müqavimətlərini universal körpü vasitəsi ilə ölçərək (92) ifadəsində yazaraq müqavimətin temperatur əmsalını hesablamaq olar.

Həmin ifadədən göründüyü kimi, α - nın ölçü dərəcəsi dər.^{-1} - dir.

İşin gedişi

1. 86-cı şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı.
2. U şəkilli boruya tədqiq olunan məhlul tökərək, onu termostata salıb, dövrəyə daxil etməli.
3. Dövrəni qapayaraq, C sürgüsünü AB reoxordunun təxminən ortasında saxlamaqla, telefonda səs zəif eşidilənə qədər dövrəyə daxil edilən müqaviməti tədricən artırmalı. Sonra sürgünü sağa və sola hərəkət etdirərək elə nöqtəyə gətirməli ki, telefonda səs tamamilə kəsilsin. Səsin kəsildiyi hala uyğun sürgünün reoxord üzərindəki vəziyyətinə görə l_1 və l_2 uzunluqlarını qeyd etməli.
4. Müqavimət mağazasından dövrəyə daxil edilən R müqavimətinin və l_1/l_2 nisbətinin qiymətini (86) ifadəsində yazaraq, t_1 temperaturunda məhlulun R_1 müqavimətini hesablamaq.
5. Müqavimət mağazasından dövrəyə müxtəlif müqavimətlər daxil edərək, təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar etməli və R_1 müqaviməti üçün orta qiymət tapmalı.
6. Sonra termostatdakı mayeni qızdıraraq hər $10-15^\circ C$ - dən bir məhlulun müqavimətlərini, yuxarıda göstərilən qayda ilə ölçməli ($R_2, R_3, R_4 \dots$).
7. Məhlulun $t_1, t_2, t_3 \dots, t_n$ temperaturları ilə, bu temperaturlara uyğun, $R_1, R_2, R_3 \dots, R_n$ müqavimətlərin arasındakı asılılığı göstərən qrafik qurmalı.
8. Məhlulun iki temperaturu və ona uyğun müqavimətlərini (92) ifadəsində yazaraq, elektrolitin müqavimətinin temperatur əmsalını hesablamaq.
9. α - nın qiymətini başqa temperaturlara və onlara uyğun müqavimətlərə görə də hesablamaq. Müxtəlif temperatur intervallarında α - nın qiymətləri azda olsa bir - birindən fərqlənir.
10. U şəkilli borudakı məhlulun l - uzunluğunu və S - en kəsik sahəsini ölçərək $\rho = \frac{RS}{l}$ ifadəsinə əsasən müxtəlif temperaturalarda onun xüsusi müqavimətini hesablamaq (burada R verilmiş temperatura uyğun məhlulun müqavimətidir).
11. Təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 17

ÖZ- ÖZÜNƏ İNDUKSIYA ƏMSALININ TƏYİNİ

Ləvazimat: induksiya makarası (solenoid), sabit və dəyişən cərəyan ampermetrləri, sabit və dəyişən cərəyan voltmetrləri, reostat, ikiqütblü açar, düzləndirici, birqütblü açar, dövrə təşkil etmək üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Ümumi fizika kursundan məlumdur ki, makaranı (solenoidi) sabit cərəyan dövrəsinə daxil etdikdə onun müqaviməti makaranın formasından asılı olmayıb, yalnız hazırlandığı naqilin uzunluğu, en kəsik sahəsi və xüsusi müqavimətindən asılıdır. Naqillərin belə müqavimətləri *omik müqavimət* adlanır. Lakin, müəyyən omik müqaviməti olan makaranı dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil etdikdə, hadisə bir qədər başqa şəkildə gedir. Makaradan dəyişən cərəyan keçdikdə, onun ətrafında dəyişən maqnit seli yaranır və bu sel makaranı kəsdiyindən dəyişən induksiya e.h.q yaradır. Təcrübələr göstərir ki, dəyişən e.h.q - nin yaranması nəticəsində makaranın ümumi müqaviməti onun omik müqavimətinə nisbətən böyük olur.

Əgər tezliyi ν olan dəyişən cərəyan dövrəsinə omik müqaviməti R və öz - özünə induksiya əmsalı L olan makara (solenoid) daxil edilərsə, dövrədən keçən cərəyan şiddətinin effektiv qiyməti Om qanununa görə

$$I_{ef} = \frac{E_{ef}}{\sqrt{R^2 + (2\pi\nu L)^2}} \quad (93)$$

düsturu ilə hesablanır. Burada ω - dəyişən cərəyanın dairəvi tezliyi olub,

$$\omega = 2\pi\nu \quad (94)$$

düsturu ilə hesablanır. (93) ifadəsi tam dövrə üçün Om qanunu ilə müqayisə edilərsə məxrəcdəki ifadə dövrənin tam müqavimətini xarakterə edir. Bunu

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad (95)$$

ilə işarə edək. Burada R aktiv və ya omik müqavimətdir. Sabit cərəyan dövrəsinin bütün müqaviməti aktiv və ya omik müqavimət adlanır. Biz araşdırdığımız dövrə üçün R - tədqiq olunan hissənin (makaranın) omik müqavimətidir, $L\omega$ - isə dəyişən cərəyan dövrəsində makara qoşulmuş hissədə müqavimət rolu oynadığına görə buna induktivliyin zahiri və ya makaranın reaktiv müqaviməti deyilir. Çox vaxt sadəcə olaraq $L\omega$ – ya induktiv müqavimət deyilir.

Göründüyü kimi L - öz-özünə induksiya əmsalını henri, ω -nı isə san^{-1} vahidləri ilə ölçsək induktiv müqavimət om vahidi ilə alınır. ω -nın artması ilə induktiv

müqavimət də artar. Əgər dövrədən sabit cərəyan keçərsə $\omega = 0$ olar və makaranın induktiv (zahiri) müqaviməti müşahidə olunmaz, (95) ifadəsini (93) - də nəzərə alsaq:

$$I_{ef} = \frac{E_{ef}}{Z} \quad (96)$$

(95) ifadəsindən öz-özünə induksiya əmsalı

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega}$$

və ya

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{2\pi\nu} \quad (97)$$

olar. Son ifadədən görünür ki, öz-özünə induksiya əmsalını tapmaq üçün makaranın omik müqavimətini (R), dəyişən cərəyan keçərkən malik olduğu tam müqaviməti (Z) və dəyişən cərəyanın tezliyini (ν) bilmək lazımdır.

Makaranın omik müqaviməti, dövrədən sabit cərəyan keçərkən, cərəyan şiddətini və makaranın uclarındakı potensiallar fərqlərini ölçməklə *Om* qanununa əsasən

$$R = \frac{E_{sab}}{I_{sab}} \quad (98)$$

ifadəsindən tapılır.

Dövrədən dəyişən cərəyan keçdiyi halda da tam müqaviməti tapmaq lazımdır. Bunun üçün dəyişən cərəyan ampermetri və voltmetri ilə dövrədəki effektiv cərəyan şiddətini və effektiv gərginliyi ölçüb

$$Z = \frac{E_{ef}}{I_{ef}} \quad (99)$$

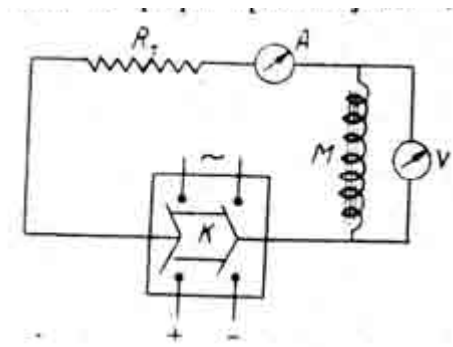
ifadəsində yerinə yazmaq lazımdır. Məişətdə istifadə olunan dəyişən cərəyanın ν tezliyi isə 50 Hz - dir.

İşin gedişi

1.87-ci şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı.

2. R_1 reostatı ilə dövrəyə müəyyən müqavimət daxil edərək, K açarı vasitəsi ilə sabit cərəyan mənbəyini (düzləndiricini) dövrəyə qoşmalı.

3. R_1 reostatının köməyi ilə cərəyan şiddətini bir neçə dəfə dəyişərək, müvafiq I_{sab} və E_{sab} qiymətlərini tapmalı.



Şəkil 87.

4. Hər dəfə I_{sab} , E_{sab} qiymətlərini (98) ifadəsində yazaraq, makaranın omik müqavimətini tapmalı və bu qiymətlərə əsasən R üçün orta qiymət hesablamalı.

5. Sonra dövrəni dəyişən cərəyan mənbəyinə birləşdirməli. Bu halda da müqavimətin müxtəlif qiymətlərində makara üçün E_{ef} və I_{ef} - in qiymətlərini tapmalı.

6. E_{ef} və I_{ef} - in uyğun qiymətlərini (99) ifadəsində yerinə yazaraq tam müqaviməti (Z) hesablamalı.

7. Dəyişən cərəyan tezliyini (ν) laboratoriya cədvəlindən götürməli, yaxud təcrübədən tapmalı (bax: 20 nömrəli iş). Məişətdə istifadə olunan dəyişən cərəyanın tezliyi $\nu = 50$ hersə bərabərdir.

8. R , Z və ν -nün qiymətlərini (97) ifadəsində yazaraq makaranın öz-özünə induksiya əmsalını hesablamalı.

9. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək, L üçün orta qiymət tapmalı.

10. Təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 18

DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ KONDENSATOR TUTUMUNUN TƏYİNİ

Ləvazimat: tutumu təyin ediləcək kondensator, reostat, dəyişən cərəyan ampermetri və açar, dəyişən cərəyan mənbəyi, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa məzəri məlumat

Sabit cərəyan dövrəsinə kondensator daxil edilərsə, kondensator dolana qədər cərəyan müşahidə olunduğu halda, sonra dövrədə cərəyan kəsilir. Kondensatoru dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil etdikdə isə dövrədən periodik olaraq dəyişən cərəyan keçir. Kondensatorun dövrəyə daxil edilməsi cərəyan şiddətinin qiymətinə müəyyən təsir göstərir.

Kondensatorun lövhələrindəki potensiallar fərqlinin eyni qiymətində, onun tutumu çox olduqca, lövhələrdəki yükün miqdarı artar və dövrədəki cərəyan şiddəti o nisbətdə böyük olar.

Təcrübələr göstərir ki, dəyişən cərəyan dövrəsinə kondensator daxil etdikdə, cərəyan şiddəti ilə kondensatorun lövhələrindəki gərginliyin fazası eyni olmur. Kondensator lövhələrində potensiallar fərqi maksimum olduqda, dövrədə cərəyan kəsilir, potensial fərqlinin azalması ilə cərəyan şiddəti artır, və cərəyanın istiqaməti dəyişir. Deməli, kondensator daxil olan dəyişən cərəyan dövrəsində gərginlik rəqsləri, cərəyan rəqslərindən fazaca $\frac{\pi}{2}$ qədər geri qalır.

Əgər kondensator lövhələri arasında potensiallar fərqlinin dəyişməsinə

$$E = E_0 \sin \omega t \quad (100)$$

qəbul etsək, kondensatorun lövhəsindəki yük

$$q = CE = CE_0 \sin \omega t,$$

Burada C - kondensatorun tutumudur. Bu dövrədəki cərəyan şiddəti

$$I = \frac{dq}{dt} = \omega CE_0 \cos \omega t$$

və yaxud

$$I = \omega CE_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

olar. Son ifadədə $I_0 = \omega CE_0$ cərəyanın amplitud qiyməti olduğundan, cərəyan şiddəti üçün

$$I = I_0 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (101)$$

alırıq.

Cərəyan şiddətinin amplitud qiymətini

$$I_0 = \omega CE_0 = \frac{E_0}{\frac{1}{C\omega}} \quad (102)$$

yazmaq olar.

Son ifadəni *Om* qanunu ilə müqayisə etdikdə, məxrəcdəki $\frac{1}{C\omega}$ -ya ifadəsi dəyişən cərəyan dövrəsində kondensator olan hissədə müqavimət rolu oynadığı üçün buna zahiri və ya kondensatorun reaktiv müqaviməti deyilir. Çox vaxt $\frac{1}{C\omega}$ -ya sadəcə olaraq tutum müqaviməti deyilir. Əgər kondensatorun tutumunu farad və ω - nı isə *san*⁻¹ vahidləri ilə ölçsək, tutum müqaviməti om-la ölçülər.

Kondensator sabit cərəyan dövrəsində olduqda $\omega=0$ olar və bu halda tutum müqaviməti sonsuz böyüyər. Deməli, sabit cərəyan kondensatordan keçə bilməz.

Kondensator dəyişən cərəyan dövrəsində olduqda isə $\omega \neq 0$ olar və bu halda kondensatordan cərəyan keçər. Göründüyü kimi, dəyişən cərəyanın tezliyi və kondensatorun tutumu çox olduqca tutum müqaviməti azalır.

Dəyişən cərəyan dövrəsinə kondensatorla ardıcıl omik müqavimət qoşularsa, belə dövrədəki cərəyan şiddəti (onun amplitud qiyməti) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}} = \frac{E_0}{Z} \quad (103)$$

burada

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2} \quad (104)$$

(104) ifadəsində R – omik, $\frac{1}{C\omega}$ - tutum, Z isə tam müqavimətlərdir. (104) ifadəsindən kondensatorun tutumunu tapaq:

$$C = \frac{1}{\omega \sqrt{Z^2 - R^2}} \quad (105)$$

Əgər dəyişən cərəyan dövrəsində omik müqavimət olmasa, ($R = 0$), tam müqavimət ($R=0$), tam müqavimət kondensatorun tutum müqavimətinə bərabər olar.

$$Z = \frac{1}{C\omega},$$

buradan

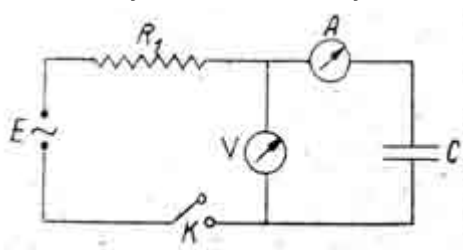
$$C = \frac{1}{\omega Z} \quad (106)$$

(103) - dən $Z = \frac{E_0}{I_0}$ olduğunu nəzərə alsaq, (106) ifadəsi

$$C = \frac{I_0}{\omega E_0} \quad (107)$$

şəklində yazılar.

Göründüyü kimi, (107) ifadəsi (102) ilə eynidir. (107) ifadəsinə əsasən dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil edilmiş kondensatorun tutumunu hesablamaq olar. Bunun üçün I_0 və E_0 -ı 88 - ci şəkildə verilmiş dövrədən istifadə edərək ampermetr



Şəkil 88.

və voltmetr vasitəsi ilə ölçmək dəyəridir. ω -nı isə $\omega = 2\pi\nu$ düsturundan hesablayıb (çox vaxt $\nu = 50$ hs olur) (107) ifadəsində yerinə yazmaq lazımdır.

Dəyişən cərəyan dövrəsinə kondensator daxil etdikdə onun tutumunu tapmaq üçün 88-ci şəkilindəki kimi dövrə qurmaq lazımdır.

Göründüyü kimi, dövrəyə, kondensator, reostat, ampermetr, açar və dəyişən cərəyan mənbəyi daxildir. Voltmetr kondensatora paralel qoşulmuşdur.

Kondensator köynəkləri arasında qısa qapanma və boşalmanın qarşısını almaq üçün, dövrəyə böyük müqavimətli reostat daxil edilmişdir.

İşin gedişi.

1. 88-ci şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı.
2. Reostatdan dövrəyə kifayət qədər böyük müqavimət daxil edərək, K - açarını qapamaqla dövrəyə dəyişən cərəyan mənbəyi daxil etməli.
3. R_1 reostatının köməyi ilə dövrəyə daxil edilmiş müqaviməti dəyişdirməklə hər dəfə $I_1, I_2, I_3, \dots$ cərəyan şiddətlərini və bunlara uyğun $E_1, E_2, E_3 \dots$ gərginlik düşgülərini ölçməli.
4. Hər dəfə ω, I_0 və E_0 -ın qiymətlərini (107) ifadəsində yazmaqla, kondensatorun tutumunu hesablamaq.
5. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edib kondensatorun tutumu üçün orta qiymət tapmalı.
6. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ №19

DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİ ÜÇÜN OM QANUNUNUN YOXLANILMASI

Ləvazimat: induksiya makarası, kondensator, reostat, ampermetr, voltmetr, ikiqütblü açar, dəyişən cərəyan mənbəyi, dövrə təşkil etmək üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Omik müqaviməti R , öz - özünə induksiya əmsalı L olan makaradan və tutumu C olan kondensatordan ibarət ardıcıl dövrəyə

$$E = E_0 \sin \omega t$$

periodik dəyişən elektrik hərəkət qüvvəsi verildikdə, həmin dövrədə dəyişən cərəyan alınır. Bu cərəyanın şiddəti

$$I = I_0 \sin(\omega t - \varphi),$$

burada

$$I = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}} = \frac{E_0}{Z} \quad (108)$$

cərəyan şiddətinin amplitud qiymətidir.

(108) ifadəsi dəyişən cərəyan dövrəsi üçün Om qanunudur. Gərginliklə cərəyan şiddətinin fazaları fərqi

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \quad (109)$$

Ifadəsindən tapılır.

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2} \quad (110)$$

dövrədəki tam müqavimətdir. Göründüyü kimi, tam müqavimət - omik (R), induktiv ($L\omega$) və tutum ($\frac{1}{C\omega}$) müqavimətlərindən ibarətdir. (108) ifadəsindən tam müqaviməti tapsaq:

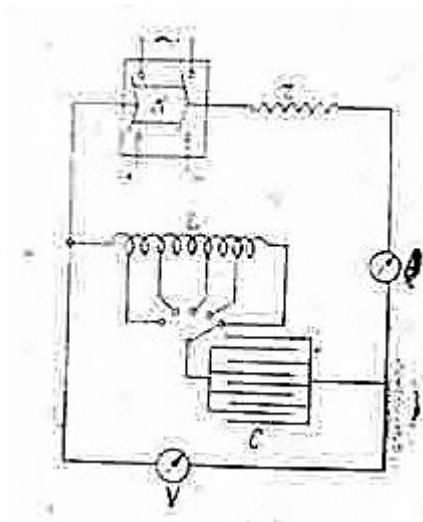
$$Z = \frac{E_0}{I_0} \quad (111)$$

Cərəyan şiddəti və gərginliyin ölçülən effektiv qiymətləri ilə amplitud qiymətləri arasındakı $E_0 = E_{e\phi} \sqrt{2}$ və $I_0 = I_{e\phi} \sqrt{2}$ asılılıqlar nəzərə alınarsa müqaviməti

$$Z = \frac{E_{e\phi}}{I_{e\phi}}. \quad (112)$$

və yaxud

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2} = \frac{E_{e\phi}}{I_{e\phi}}. \quad (113)$$



Şəkil 89.

kimi yazmaq olar. Bu ifadə dəyişən cərəyan dövrəsi üçün effektiv qiymətlərlə ifadə olunmuş Om qanunudur. Bu qanunun doğruluğunu yoxlamaq üçün 89 - cu şəkildə verilmiş dövrədən istifadə etmək lazımdır.

Qurğunun təsviri

Dövrə omik müqaviməti R olan induksiya makarası, kondensator (C), ampermetr (A), reostat (r) və açardan təşkil olunmuşdur. Kondensator və makaranın ardıcıl birləşdiyi dövrə hissəsinə voltmetr qoşulmuşdur. Dövrədən dəyişən cərəyan keçərkən ampermetr effektiv cərəyan şiddətini ($I_{e\phi}$), voltmetr isə makara və kondensatora məxsus hər üç müqavimətə (R -omik $L\omega$ induktiv və $\frac{1}{C\omega}$ tutum müqavimətlərinə) düşən effektiv gərginliyi ($E_{e\phi}$) ölçür. 89-cu şəkildə verilən dövrəni dəyişən cərəyan mənbəyinə birləşdirərək reostat vasitəsi ilə müxtəlif müqavimətlər daxil etməklə $I_{e\phi}$ üçün bir neçə qiymət tapmalı və onlara uyğun $E_{e\phi}$ -

in qiymətlərini qeyd etməli. Bu qiymətləri (112) ifadəsində yazıb Z - tam müqaviməti tapmalı. Eləcə də R , L , C , və ω -nın qiymətlərini (113) ifadəsində yazmaqla tam müqaviməti hesablamaq olar. Hər iki halda tapılan tam müqavimətlərin bir-birinə yaxın olması, dəyişən cərəyan dövrəsi üçün (108) və ya (113) - lə ifadə olunan Om qanununun doğru olduğunu göstərir. R , L , C və ω -ya görə tam müqaviməti hesablamaq üçün: a) induktiv makaranı sabit cərəyan dövrəsinə daxil edib, onun omik müqavimətini (R); b) həmin makaranı dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil edib, onun öz-özünə induksiya əmsalını (L); v) kondensatoru dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil edib, onun tutumunu (C) tapmaq lazımdır. Dəyişən cərəyanın dairəvi tezliyi isə $\omega = 2\pi\nu$ -dən ($\nu = 50\text{hs}$) hesablayıb, (110) və ya (113) ifadələrində yazmaq lazımdır.

İşin gedişi

- 1.89-cu şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı.
2. Reostatdan dövrəyə kifayət qədər böyük müqavimət daxil edib, K açarını qapamalı.
3. Sonra reostatla dövrədə cərəyan şiddətini dəyişərək 3 - 4 dəfə $I_{e\varphi}$ - i ölçməli.
4. Hər dəfə $I_{e\varphi}$ və $E_{e\varphi}$ - in uyğun qiymətlərini (113) ifadəsində yerinə yazaraq, tam müqaviməti (Z) hesablamaq.
5. Tam müqavimət üçün orta qiymət tapmalı.
6. Sonra makaranı sabit cərəyan dövrəsinə daxil edib onun omik müqavimətini (R) təyin etməli.
7. Kondensator və induksiya makarasını ayrılıqda dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil edib C tutumu və L öz-özünə induksiya əmsalını bundan əvvəlki işlərdə verilmiş qayda ilə təyin etməli.
8. $\omega = 2\pi\nu$ ifadəsindən $\nu = 50$ hers olduğunu nəzərə alaraq ω -nı tapmalı və R , L , C , ω -nın təcrübi qiymətlərini (113) ifadəsində yazıb tam müqaviməti hesablamaq.
9. Hər iki halda tam müqavimət üçün alınan qiymətləri müqayisə etməli.
10. Təcrübənin xətlərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ №20

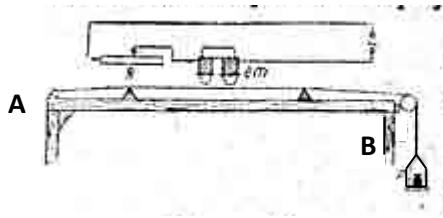
DƏYİŞƏN CƏRƏYAN TEZLİYİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: sanometr, çəki daşları, elektromaqnit, mikrometr, dəyişən cərəyan mənbəyi, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat və cihazın təsviri.

Təcrübədə dəyişən cərəyan tezliyini tapmaq üçün sanometr adlanan cihazdan istifadə olunur (şəkil 90). Bu cihaz, uzun AB taxta qutusu üzərində gərilmiş nazik polad teldən ibarətdir. Gərilmiş tel taxta qutu üzərində qoyulmuş iki mütəhərrik üçbucaqlı prizmaya söykənir. Telin üst tərəfində, ortada, dəyişən cərəyan keçən em elektromaqniti yerləşdirilmişdir.

Məlumdur ki, dəyişən cərəyanın şiddəti bir period müddətində iki dəfə maksimum qiymət alır. Odur ki, elektromaqnitdən dəyişən cərəyan keçdikdə o bir period



Şəkil 90.

müddətində polad teli iki dəfə özünə çəkib buraxır. Bu təkan nəticəsində tel periodik olaraq məcburi rəqs edər. Teli gərən mexaniki qüvvəni tədricən dəyişməklə (tərəzi gözüne qoyulan çəki daşlarını azaldıb- çoxaltmaqla) bu telin

prizmalar arasında qalan parçasını rezonansa gətirmək olar. Bu halda tel rəqsinin amplitudu maksimum olar (səs güclənər).

Məlumdur ki, telin rəqs tezliyi ilə onu məcburi rəqsə gətirən periodik qüvvənin (elektromaqnitin təsir qüvvəsi) tezliyi bərabər olduqda rezonans alınır. Elektromaqnit vasitəsi ilə rəqsə gətirilən teldə eninə dalğalar əmələ gəlir və bu dalğalar prizmadan qayıdarkən toplanaraq durğun dalğa verir. Məlumdur ki, durğun dalğalarda iki qonşu qarın və iki qonşu düyün nöqtələri arasındakı məsafə (L) dalğa uzunluğunun yarısına bərabər olar.

$$L = \frac{\lambda}{2}$$

Bu halda dalğanın yayılma sürəti

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu = 2L\nu,$$

buradan

$$\nu = \frac{v}{2L} \quad (114)$$

Məlumdur ki, eninə dalğaların yayılma sürəti

$$v = \sqrt{\frac{Pg}{SD}} \quad (115)$$

düsturu ilə hesablanır.

Burada P - teli gərən yükün çəkisi, g - sərbəst düşmə təcili, D - tel maddəsinin xüsusi çəkisi, S onun en kəsiyi sahəsidir. (115) ifadəsini (114) də nəzərə alsaq,

$$v = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{Pg}{SD}},$$

yaxud

$$v = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{Pg}{\pi r^2 D}} = \frac{1}{dL} \sqrt{\frac{Pg}{\pi D}} \quad (116)$$

alırıq (D - telin diametridir).

Rezonans alındıqda (116) ifadəsinə əsasən telin prizmalar arasında qalan L uzunluğunu ölçməklə, tərəzi gözüne qoyulmuş çəki daşlarının çəkisini bilərək, telin rəqs tezliyini hesablamaq olar. Bu tezlik, dəyişən cərəyanın tezliyinə bərabər olacaqdır.

İşin gedişi

1. Qurğunu 90-cı şəkildə verildiyi kimi başlanğıc vəziyyətə gətirməli. Tərəzi gözüne çəki daşları qoymaqla, teli gərilməmiş vəziyyətə gətirməli.
2. Elektromaqnit polad telin ortasında teldən təqribən 5-10 mm məsafədə yerləşdirib, onu dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil etməli.
3. Prizmaları hərəkət etdirməklə, rəqs edən telin güclü səs vermə halını əldə etməli. Bu rezonans hala uyğun vəziyyətdir.
4. Rezonans halında prizmalar arasındakı L məsafəsini ölçməli.
5. Telin diametrini mikrometrlə, bir neçə yerindən ölçüb, orta qiymət tapmalı.
6. Tel maddəsinin xüsusi çəkisini cədvəldən götürməli.
7. Tərəzi gözüne qoyulan çəki daşlarının çəkisini qeyd etməli.
8. P , d , D , L -in qiymətlərini (116) ifadəsində yazıb, dəyişən cərəyanın v tezliyini hesablamaq.
9. Tərəzi gözüne qoyulmuş çəki daşlarını tədricən dəyişdikcə buna uyğun L -məsafəsini ölçüb, təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli və v üçün orta qiymət tapmalı.
10. Təcrübənin mütləq və nisbi xəталərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 21

İKİELEKTRODLU ELEKTRON LAMPASININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: ikielektrodlu elektron lampası, potensiometr, reostat, 6-10 v və (100-120) volt gərginlikləri ölçmək üçün voltmetrlər, milliampmetr, e.h..q. 10 volt və 100-120 volt olan sabit cərəyan mənbələri, iki açar və dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Məlumdur ki, metalda olan sərbəst elektronlar adi şəraitdə onu tərk edə bilmir. Elektronun metaldan xaricə çıxması üçün onun kinetik enerjisi elektronun çıxış işindən çox olmalıdır. Metalın temperaturunu artırıqda elektronların kinetik enerjiləri artır və bu enerji çıxış işinə bərabər və ya ondan böyük olduqda elektron metaldan xaricə çıxa bilər. Vahid zamanda metaldan çıxan elektronların sayı onun temperaturu ilə mütənasib olaraq artır. Közərdilmiş metalların elektron buraxılması hadisəsinə termoelektron emissiyası deyilir. Emissiya cərəyanının katod temperaturundan asılılığı aşağıdakı düsturla (Riçardson düsturu) ifadə olunur.

$$i = BT^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{eV}{kT}}, \quad (117 \text{ a})$$

burada T - katod telinin mütləq temperaturu, eV - çıxış işi, k - Bolsman sabiti, B isə metalın 1 sm^3 - də olan, sərbəst elektronlar sayından asılı olan sabitdir. Termoelektron emissiyası nəticəsində metaldan çıxan elektronlar xarici elektrik sahəsində istiqamətlənmiş sürət alaraq cərəyan əmələ gətirir. Belə cərəyana *termoelektron cərəyanı* deyilir. Elektron lampalarının işləmə prinsipi termoelektronların vakuumda hərəkətinə əsaslanmışdır. Hal - hazırda texnikada iki və çox elektrodlu elektron lampalarından geniş istifadə olunur.

İki elektrodlu elektron lampasından əsasən dəyişən cərəyanları düzləndirmək üçün, üç elektrodlu lampadan isə həm gücləndirici, həm də generator kimi istifadə olunur. İki elektrodlu elektron lampaları diod, üç elektrodlu lampa isə triod adlanır. Üç elektrodlu elektron lampasında, diodda olduğu kimi katod və anod elektrodlarından başqa, tor adlanan üçüncü elektrod da vardır. Spiral şəkilli tor, katod teli ilə silindrik formalı anod divarı arasında yerləşir. Elektrovakuum cihazları içərisində quruluşuna görə ən sadəsi dioddur.

Diod havası yüksək tərtibdə ($10^{-5} - 10^{-7} \text{ mm Hg}$) sorulmuş, içərisində anod (A) və katod (k) elektrodları olan şüşə və ya metal balondan ibarətdir. (şəkil 91). Elektrodlar müxtəlif formada hazırlanır. Sadə halda katod (k) nazik düz volfram

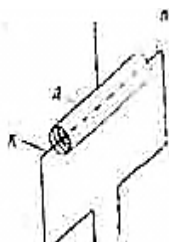
teldən, anod (A) isə katod teli ilə koaksial olan silindirik formaya malik metaldan hazırlanır. (şəkil 91 a).

Katod öz dövrəsindəki mənbə (E_k) vasitəsi ilə qızdırılır (şəkil 92). Katodun müəyyən temperaturunda termoelektron emissiyası baş verir. Bu halda katoddan çıxan elektronların sonrakı çıxışını ləngidir və dinamik tarazlıq yaranır.

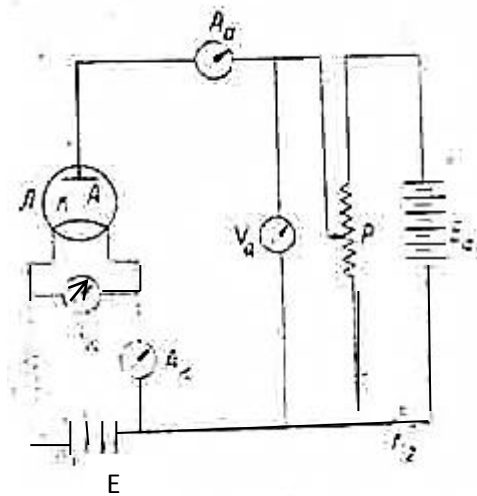
Katod dövrəsindəki cərəyan reostatla (R_k) tənzim olunur və ampermetr (A_k) vasitəsi ilə ölçülür. Katod telinin uclarındakı gərginlik isə voltmetrlə (V_k) ölçülür. Katod teli anod batareyasının (E_k) mənfi qütbünə, anod isə müsbət qütbünə birləşdirilir. K_2 açarını qapadıqda elektrodlara verilmiş potensiallar fərqi (buna anod gərginliyi də deyilir) uyğun elektrodlar arasındakı fəzada elektrik sahəsi yaranır.



Şəkil 91.



Şəkil 92.



Şəkil 93.

Anod gərginliyi potensiometr (P) vasitəsi ilə dəyişdirilir və voltmetr (V_a) ilə ölçülür. Anod dövrəsindəki cərəyan şiddəti isə ampermetrlə (A_a) ölçülür. Anodla katod arasında yaradılmış elektrik sahəsinin təsiri altında termoelektronlar anoda tərəf istiqamətlənmiş hərəkət edərək ona çatır və dövrədə cərəyan əmələ gətirir. Bu cərəyan anod cərəyanı (I_a) adlanır. Anod gərginliyinin (V_a) qiyməti artdıqca elektron buludundan anoda gedən elektronlar sayı və istiqamətlənmiş sürət artır və bunun nəticəsində anod cərəyanı da artır.

Təcrübələr göstərir ki, anod cərəyanının qiyməti (I_a) a) anodla katod arasına verilmiş potensiallar fərqi (anod gərginliyindən), b) katodun temperaturundan asılıdır.

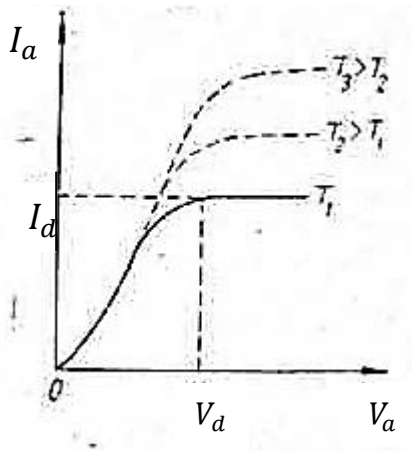
Katod temperaturunu sabit saxladıqda anod gərginliyinin artması ilə anod cərəyanı da (I_a) artır. Lakin bu asılılıq Ohm qanununa tabe olmayıb mürəkkəb xarakter daşıyır. Həmin asılılıq nəzəri olaraq ilk dəfə Boquslavski - Lenqmür tərəfindən öyrənilmiş və aşağıdakı düsturla ifadə edilmişdir:

$$I_a = \alpha (V_1 - V_2)^{3/2} \quad (117)$$

burada α - elektrodların formasından, onların yerləşdirilməsindən asılı olan sabit əmsaldır. Bu asılılıq “3/2” qanunu adlanır.

Təcrübələr göstərir ki, anod gərginliyini kiçik qiymətlərdən başlayaraq tədricən artırıdığca anod cərəyanı da artır. Anod cərəyanının anod gərginliyindən asılılığı (117) - düsturundan göründüyü kimi $V^{3/2}$ ilə mütənasib olub, 93-cü şəkildə verilmiş əyrilərlə ifadə olunur.

Anod gərginliyi artaraq V_d qiymətinə çatdıqdan sonra gərginliyin sonrakı artmasından asılı olmayaraq anod cərəyanının qiyməti sabit qalır. Bu halda sabit temperaturu katodun ətrafında olan elektron buludu tamamilə anoda çəkilmiş olur və katoddan vahid zamanda çıxan elektronların hamısı anoda çatır. Bu cərəyana doyma cərəyanı (I_d) deyilir.



Şəkil 93.

Katod telinin sabit temperaturunda anod gərginliyi ilə anod cərəyanı arasındakı asılılığı göstərən qrafikə lampanın voltamper və yaxud anod xarakteristikası deyilir. (şəkil 93)

Təcrübələr göstərir ki, katod telinin temperaturunu artırıdığca ondan vahid zamanda çıxan elektronlar sayı da artır. Demək anod gərginliyinin sabit qiymətində katodun temperaturunu artırmaqla doyma cərəyanının qiymətini artırmaq olar. Doyma cərəyanının katod temperaturundan asılılığının xarakteri 93

və 94-cü şəkillərdə verilmişdir. 93-cü şəkildəki əyrilər katod temperaturunun müxtəlif qiymətlərinə uyğundur. Göründüyü kimi katodun temperaturunu artırıdığca doyma cərəyanının qiyməti də uyğun olaraq artır. Bu asılılıq doyma cərəyanının katod temperaturundan asılılıq xarakteristikasıdır.

Xarakteristik əyrinin gedişinə lampanın növü, quruluşu, ölçüsü və katod telinin maddəsi təsir göstərə bilər. Diodun xarakteristik əyrilərinə əsasən onun hansı məqsəd üçün daha yararlı olduğunu müəyyən etmək olur.

İkielektrodlu lampa üçün təcrübi olaraq aşağıdakı xarakteristikaları çıxarmaq mümkündür.

1.Volt-amper (anod) xarakteristikasının qurulması.

92-ci şəkildə verilmiş sxem üzrə dövrə qurmalı. Anoda veriləcək gərginliyi tənzim etmək üçün potensiometrdən (P) istifadə olunur.

Katod temperaturunu sabit saxlayıb anod gərginliyini sıfırdan başlayaraq tədricən (hər dəfə 5-10 V) artırmaq lazımdır. Hər dəfə anod cərəyanı uyğun olaraq voltmetr

və milliampermetrlə ölçülür. Bu ölçmələr doyma cərəyanı alınana qədər davam etdirilir. Absis oxunda anod gərginliyini, ordinat oxunda isə anod cərəyanını göstərməklə diod lampasının volt-ampere xarakteristikası qurulur. Diod üçün volt-ampere xarakteristikasının ümumi görünüşü 93-cü şəkildə verilmişdir. Öyrinin absis oxuna paralel olan hissəsi doyma cərəyanına uyğundur.

Sonra katod temperaturunun başqa qiymətlərində də (katod dövrəsindəki cərəyanı dəyişdirməklə əldə edilir) anod cərəyanının anod gərginliyindən asılılıq qrafikini qurmaq olur. (şəkil 93)

2. Doyma cərəyanının katod temperaturundan asılılıq xarakteristikasının qurulması. 92- ci şəkildə verilmiş sxem üzrə dövrə qurmalı. Anod gərginliyini sabit saxlamaqla (təqribən 40 V) katod temperaturunu tədricən artırmalı.

Buna uyğun olaraq anod cərəyanı da artacaqdır.

Katoda verilən gərginliyin hər 0,2 volt artımına uyğun anod cərəyanının qiyməti milliampermetr ilə ölçülür. Katod gərginliyini lampa üzərindəki xarakteristik qiymətdən çox artırmaq olmaz.

Absis oxu üzərində katoda verilən gərginliyi (temperaturunu), ordinat oxunda isə anod cərəyanını göstərməklə qrafik qurmalı.

Təcrübəni eyni qayda ilə təkrar edərək bu qrafiki anod gərginliyinin başqa sabit qiymətlərində də qurmaq olar.

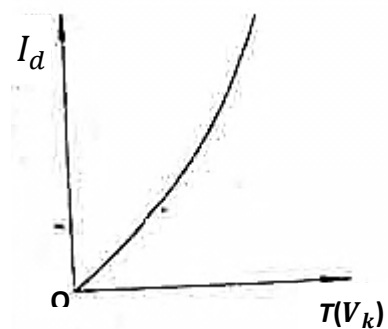
Termoelektron emissiyası verə bilən katod temperaturunun dəyişmə intervalında katod gərginliyini elə seçmək olar ki, həmin intervalda anod cərəyanı doyma qiymətinə çatmış olsun. Bu halda doyma cərəyanının katod gərginliyindən (katod temperaturundan) asılılıq qrafiki 94 - cü şəkildəki kimi olar.

İşin gedişi.

1.92-ci şəkildə verildiyi kimi dövrə qurmalı.

2. Katod telini E_k - cərəyan mənbəyi ilə birləşdirməli. Reostatın köməyi ilə katod gərginliyini təqribən 4 volta çatdırmalı. (Lampanın gərginliyini katod telinin növündən asılı olaraq dəyişdirmək lazımdır.) Bu halda katod gərginliyi dəyişmədikdə katod temperaturunun sabit qalması təmin olunur.

3. Anod gərginliyini hər dəfə 5-10 volt artırmaqla uyğun anod cərəyanlarını ölçməli və doyma cərəyanı alınana qədər bu ölçməni davam etdirməli.



Şəkil 94.

4. Anod gərginliyi ilə anod cərəyanı arasındakı asılılığı əks etdirən əyrini - anod xarakteristikasını qurmalı.
5. Katod temperaturunun (gərginliyinin) başqa sabit qiymətləri üçün də təcrübəni təkrar etməli.

IV HİSSƏ

OPTİKA

LABORATORİYA İŞİ №1

TOPLAYICI LİNZANIN BAŞ FOKUS MƏSAFƏSİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: tonlayıcı linza, optik skamya, ekran, işıq mənbəyi, xəyalı alınacaq cisim, millimetr bölgülü xətkəş.

Qısa nəzəri məlumat

Sferik və müstəvi sferik səthlərlə əhatə olunmuş şəfəf cismə linza deyilir. Linzalar iki növ olur: toplayıcı və səpici linzalar.

Linza maddəsinin sındırma əmsalı ətraf mühitin sındırma əmsalına nisbətən böyük olan hala baxaq. Bu halda ortası kənarlarına nisbətən qalın olan linzalar toplayıcı, əksinə ortası kənarlarına nisbətən nazik olan linzalar isə səpici linzalar olur.

Toplayıcı və səpici linzaların hər biri üç cür olur. Toplayıcı linzalar hər iki tərəfi qabarıq, müstəvi qabarıq, çökük qabarıq ola bilər. Səpici linzalar isə hər iki tərəfi çökük, müstəvi çökük, qabarıq çökük ola bilər.

Linzalara məxsus bəzi xarakteristik kəmiyyətlərlə tanış olaq. Linzanı əmələ gətirən kürə səthlərinin ayrilik radiuslarına linzanın ayrilik radiusları deyilir. Linza səthlərinin ayrilik mərkəzlərinə isə linzanın ayrilik mərkəzi deyilir.

Linzanı əhatə edən səthlərin ayrilik mərkəzlərindən və optik mərkəzdən keçən düz xəttə onun baş optik oxu deyilir. Linzanın optik mərkəzindən keçən hər hansı başqa düz xətt optik ox adlanır. Linzanın baş optik oxu ilə çox kiçik bucaq əmələ gətirən şüa dəstəsinə paraksial şüalar deyilir.

Toplayıcı linza üzərinə düşən paralel şüalar dəstəsi linzadan keçdikdə sınıraq arxasında baş optik ox üzərində bir nöqtədə toplanır. Bu nöqtəyə linzanın baş fokus nöqtəsi deyilir. Səpici linza üzərinə düşən paralel şüa dəstəsi linzadan keçdikdə sınıraq səpələnir. Həmin şüaların əks istiqamətdə uzantılarının kəsişdiyi nöqtəyə linzanın baş fokus nöqtəsi deyilir. Linzadan keçən şüa dəstəsi içərisində istiqamətini dəyişməyən şüalar da vardır. Bu şüalar linza daxilində baş optik ox üzərində olan bir nöqtədən keçir. Həmin nöqtəyə linzanın optik mərkəzi deyilir. Optik mərkəz, linza kənarlarını birləşdirən simmetriya xəttinin baş optik oxla kəsişmə nöqtəsidir.

Linzanın fokus nöqtəsindən, optik mərkəzinə qədər olan məsafəyə, fokus məsafəsi deyilir və F hərfi ilə işarə olunur.

Linzanın fokus məsafəsinin tərs qiymətinə onun optik qüvvəsi deyilir. Optik qüvvə vahidi olaraq dioptriya qəbul edilmişdir. Fokus məsafəsi bir metr olan linzanın optik qüvvəsinə bir dioptriya deyilir. Optik qüvvə D ilə işarə edilsə, $D = \frac{1}{F}$ olar. Dioptriyanın ölçü vahidi M^{-1} - dir.

Linzanın optik mərkəzindən cismə qədər olan məsafəyə cisim məsafəsi deyilir və d hərfi ilə işarə olunur. Linzanın mərkəzindən xəyalə qədər olan məsafəyə isə xəyal məsafəsi deyilir və f hərfi ilə işarə olunur.

Toplayıcı linzanın baş fokus məsafəsini təcrübi olaraq müxtəlif üsullarla təyin etmək olur. Bunlardan bəziləri ilə tanış olaq.

I üsul. Cisim və xəyal məsafələrinə görə qabarıq linzanın baş fokus məsafəsinin təyini. Optika kursundan məlumdur ki, toplayıcı linzanın fokus, cisim və xəyal məsafələri arasında aşağıdakı asılılıq vardır:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad (1)$$

Bu düsturdan fokus məsafəsini (F) təyin etsək

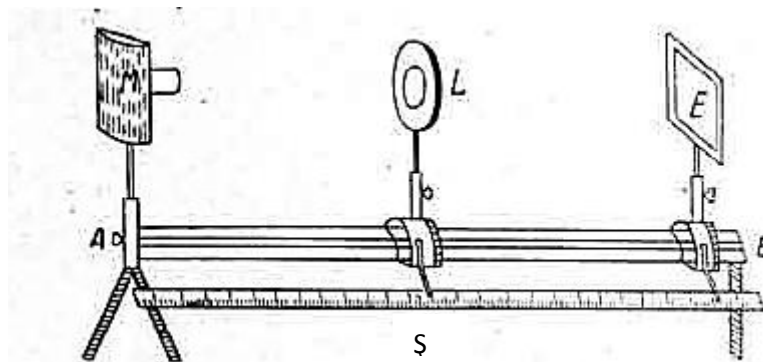
$$F = \frac{df}{d + f} \quad (2)$$

Laboratoriya şəraitində müxtəlif hallarda cisim və xəyal məsafələrini ölçərək (2) ifadəsində yerinə yazmaqla linzanın fokus məsafəsini tapmaq olar. (2) düsturu nazik linzalar üçün doğrudur. Qalınlığı linzanın əyrilik radiuslarına nisbətən çox kiçik olan linzalara nazik linzalar deyilir.

Qurğunun təsviri

İstifadə olunacaq qurğu 95 - ci şəkildə verilmiş optik skamyadan, bu skamya üzərində sürüşdürülə bilən E ekranından, L linzasından və M qutusunda ibarətdir. M qutusunun linza tərəf üzündə xəyalı alınacaq cisim yerləşdirilmişdir.

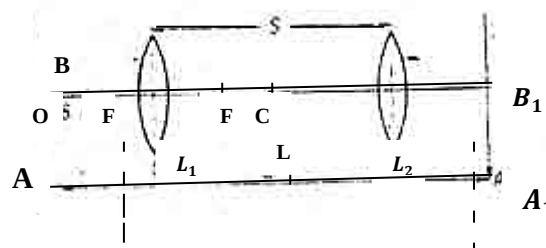
E ekranı, L linzası və M qutusu skamyadan eyni hündürlükdə yerləşdirilir. Toplayıcı linza ilə cismin bir-birinə nisbətən yerlərini dəyişdirməklə ekranda parlaq xəyallar almaq mümkündür. Alınan parlaq xəyallar linzada xəyalın qurulmasının müxtəlif hallarından üçünə (cisim linzanın əyrilik mərkəzindən uzaqda, əyrilik mərkəzində və



Şəkil 95.

əyrilik mərkəzi ilə fokus nöqtəsi arasında olduğu hallarda) aid ola bilər. Hər üç halda parlaq xəyal əldə etdikdən sonra cisim və xəyal məsafələrini ölçüb, qiymətlərini (2) ifadəsində yerinə yazmaqla toplayıcı linzanın fokus məsafəsini hesablamaq olar.

II üsul. Linzanın yerdəyişmə məsafəsinə görə baş fokus məsafəsinin təyini. Optik **II üsul.** Linzanın yerdəyişmə məsafəsinə görə baş fokus məsafəsinin təyini. Optik skamyaya üzərində cisimlə ekran arasındakı L məsafəsi (şəkil 96) linzanın fokus məsafəsinin dörd mislindən böyük olduqda ($L > 4F$), ekranla cisim arasında linzanın elə iki vəziyyətini tapmaq olar ki, bu vəziyyətlərin birində cismin parlaq xəyalı böyüdülmüş, çevrilmiş, həqiqi, digərində isə cismin parlaq xəyalı kiçildilmiş, çevrilmiş, həqiqi alınar.



Şəkil 96.

Birinci halda cisim linzanın əyrilik mərkəzi ilə fokus nöqtəsi arasında, ikinci halda isə linzanın əyrilik mərkəzindən uzaqda yerləşməlidir. Bu halda linzanın I vəziyyətindəki cisim məsafəsi onun II vəziyyətindəki xəyal məsafəsinə bərabər olur, yəni linzanın I və II vəziyyətləri O nöqtəsinə görə simmetrik olur. Cisimlə ekranın vəziyyəti dəyişmədiyi halda, ekranda alınmış iki parlaq xəyala uyğun linzanın I və II vəziyyəti arasındakı məsafəsini S qəbul etsək, L və S -i xəyal və cisim məsafələri ilə aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\begin{aligned} L &= f + d, \\ S &= f - d, \end{aligned}$$

Bu iki tənlikdən f və d -ni tapmaq olar:

$$\begin{aligned} f &= \frac{L+S}{2}, \\ d &= \frac{L-S}{2}, \end{aligned}$$

f və d -nin qiymətlərini (2) ifadəsində yerinə yazdıqda linzanın fokus məsafəsi üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$F = \frac{L^2 - S^2}{4L} \quad (3)$$

Sonuncu ifadəyə əsasən L və S məsafələrini ölçməklə toplayıcı linzanın fokus məsafəsini tapmaq olar.

III üsul. Cismin və xəyalın xətti ölçülərinə, habelə xəyal məsafəsinə görə toplayıcı linzanın fokus məsafəsinin təyini. Bunun üçün cismin linsada mümkün olan hallardan birinə əsasən parlaq xəyalını almaq lazımdır. Məsələn, 97 - ci şəkildən

göründüyü kimi, cisim toplayıcı linzanın əyrilik mərkəzi ilə fokus nöqtəsi arasında qoyulmuş və bu halda linzanın arxasında, əyrilik mərkəzindən uzaqda, çevrilmiş, böyüdülmüş və həqiqi xəyalı alınmışdır. ABC və A_1B_1C üçbucaqlarının oxşarlığından yazırıq:

$$\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{BC}{B_1C} \quad (4)$$

burada AB - cismin, A_1B_1 isə xəyalın xətti ölçüləridir. AB -ni l ; A_1B_1 -i isə L -lə işarə edək. BC və B_1C - cisim və xəyal məsafələridir. Onları, uyğun olaraq d və f ilə işarə edək. Onda (4) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

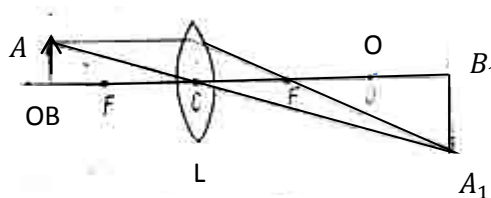
$$\frac{l}{L} = \frac{d}{f},$$

buradan d - ni tapıb, (1) düsturunda yerinə yazdıqda, toplayıcı linzanın fokus məsafəsi üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$F = f \frac{l}{l+L} \quad (5)$$

Təcrübə zamanı cismin və xəyalın xətti ölçülərini, həm də xəyal məsafəsini ölçməklə linzanın fokus məsafəsini hesablamaq olar.

IV üsul. Baxış borusu vasitəsi ilə toplayıcı linzanın fokus məsafəsinin təyini. Linzalarda xəyalın qurulması hallarından məlumdur ki, cisim linzanın fokus nöqtəsində olduqda, onun xəyalı linzanın arxasında sonsuzluqda alınır. Əgər sonsuzluğa yönəldilmiş baxış borusu ilə (bunun üçün baxış borusunu göy cisimlərindən birinə və ya uzaqda



Şəkil 97.

olan yer cisminə toxşlayaraq onun parlaq xəyalını almalı) linza arxasında yerləşdirilmiş cismə baxılırsa (linza baxış borusu ilə cisim arasında yerləşdirilir), cisim yalnız linzanın baş fokus nöqtəsində olduqda onun xəyalını aydın görmək olur. Deməli, linzanın qarşısındakı cismi hərəkət etdirməklə baxış borusunda onun aydın görünməsini əldə edərək, cismi fokus nöqtəsinə gətirmək olar. Bu halda cisim ilə linza arasındakı məsafə toplayıcı linzanın baş fokus məsafəsi olacaqdır.

İşin gedişi

Birinci üsul. 1. Toplayıcı linzanın fokus məsafəsini tapmaq üçün, optik skamyada üzərində linzanı ekran ilə cisim arasında, optik skamyadan eyni hündürlükdə yerləşdirməli.

2. Cisim ilə linzanın bir-birinə nəzərən yerini dəyişdirməklə (ekranın da yerini dəyişdirmək olar) ekran üzərində parlaq xəyalın alınmasını əldə etməli.
3. Cisim və xəyal məsafələrini dəqiq ölçərək, onların qiymətlərini (2) ifadəsində yerinə yazmaqla, linzanın fokus məsafəsini hesablamalı.
4. Həqiqi xəyalın alınmasının mümkün olan hallarında d və f -in müxtəlif qiymətləri üçün təcrübəni təkrar edərək, fokus məsafəsinin orta qiymətini tapmalı.

İkinci üsul.1 Birinci üsulda olduğu kimi linza, ekran və cismi optik skamyada yerləşdirilməli.

2. Ekranla cisim arasındakı L məsafəsini dəqiq ölçməli (bu məsafəni $4F$ -dən böyük götürməli.)
3. Linzanı hərəkət etdirərək ekranda cismin parlaq xəyalını almalı. Linzanın bu hala uyğun vəziyyətini qeyd etməli.
4. Sonra cisim ilə ekranın yerini dəyişmədən, linzanı hərəkət etdirməklə, yenidən cismin parlaq xəyalını almalı. Bu halda linzanın birinci vəziyyəti ilə ikinci vəziyyəti arasındakı S məsafəsini ölçməli.
5. L və S üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (3) ifadəsində yazaraq, toplayıcı linzanın fokus məsafəsini hesablamalı.
6. Cisim ilə ekran arasındakı L məsafəsinin başqa qiymətləri üçün ($L > 4F$ şərti ödənməklə) təcrübəni təkrar, edərək, fokus məsafəsini 3 - 4 dəfə təyin etməli və orta qiymət tapmalı.

Üçüncü üsul. 1. Ekran, linza və cismi optik skamya üzərində yerləşdirilməli və xəyalın qurulması hallarından birinə əsasən cismin parlaq xəyalını almalı. Xəyal məsafəsini (f) ölçməli.

2. Xəyal və cismin uzunluqlarını (L, l) ölçməli.

3. L, l və f üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (5) ifadəsində yazmaqla, linzanın fokus məsafəsini (F) hesablamalı.

4. Cisim, linza və ekranın yerlərini dəyişdirməklə, L, l və f - in başqa qiymətləri üçün təcrübəni təkrar edərək, fokus məsafəsini 3 - 4 dəfə təyin etməli və orta qiymət tapmalı.

Dördüncü üsul.1. Əvvəlcə baxış borusunu çox uzaqda olan (sonsuzluqdakı) cismə yönəltməli və cismin parlaq xəyalını almalı.

2. Optik skamya üzərində baxış borusunu, toplayıcı linzanı və cismi göstərilən ardıcılıqla yerləşdirməli.

3. Cismin yerini dəyişdirməklə baxış borusunda onun aydın görünməsini əldə etməli .

4. Həmin vəziyyətdə cisim və linza arasındakı məsafəsini ölçərək toplayıcı linzanın fokus məsafəsini tapmalı.

5. Eyni toplayıcı linzanın fokus məsafəsi üçün müxtəlif üsullarla tapılan qiymətlərini müqayisə etməli.

6. Üsulların hər biri üçün mütləq və nisbi xətalrı hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 2

SƏPİCİ LİNZANIN BAŞ FOKUS MƏSAFƏSİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: səpici linza, optik skamya, toplayıcı linza, ekran, işıq mənbəyi, millimetr bölgülü xətkəş, baxış borusu, xəyal alınacaq cisim.

Qısa nəzəri məlumat

Linzalara aid əsas məlumat 1 № li işdə verilmişdir. Səpici linzanın üzərinə düşən paralel şüa dəstəsi linsada sınıraq, səpələndiyi üçün linzanın arxasında kəşimirlər. Bu şüaların əks istiqamətdəki uzantıları cisim tərəfdə bir nöqtədə görüşürlər. Bu nöqtədə cismin mövhumi (zahiri) xəyalı alınır: Həmin nöqtəyə səpici linzanın fokus nöqtəsi deyilir.

Səpici linsada xəyal cisim tərəfdə alındığına görə xəyal və fokus məsafələri mənfi işarə ilə götürülür. Bu halda səpici linzanın fokus, xəyal və cisim məsafələri arasındakı asılılıq aşağıdakı kimi olar.

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f},$$

buradan fokus məsafəsini (F) tapmaq:

$$F = \frac{fd}{d-f} \quad (6)$$

Səpici linzanın fokus məsafəsini tapmaq üçün müxtəlif üsullar vardır.

I üsul. Cisim və xəyal məsafələrinə görə səpici linzanın fokus məsafəsinin təyini.

Optik skamya üzərində, cisim ilə ekran arasında toplayıcı linza yerləşdirilir. Sonra linzanı hərəkət etdirərək, ekran üzərində nöqtəvi cismin parlaq xəyalı alınır (şəkil 98). Bu halda cisim S nöqtəsində olduqda, toplayıcı linza (L_1) görə onun parlaq xəyalı S_1 -də alınır. Ekranla parlaq xəyalın alındığı bu vəziyyəti skamya üzərindəki xətkəşdə qeyd etdikdən sonra, ekranla toplayıcı linza arasında fokus məsafəsi təyin ediləcək səpici linza (L_2) yerləşdirilir. Bu halda S_1 xəyalı ilə səpici linza arasındakı məsafə səpici linzanın fokus məsafəsindən kiçik olmalıdır. Toplayıcı linsadan keçib S_1 -də toplanan şüalar bu halda S_1 -dən bir qədər uzaqda, baş optik ox üzərində hər hansı S_2 nöqtəsində toplanar. S_2 xəyalının yerini müəyyən etmək üçün cisim ilə toplayıcı L_1 linzasının vəziyyətini dəyişmədən ekranı tədricən uzaqlaşdıraraq, parlaq xəyal alındığı vəziyyətdə saxlamaq lazımdır. Deməli, S mənbəyindən çıxan şüalar hər iki linsadan keçərək, ekranda baş optik ox üzərində S_2 nöqtəsində xəyal vermişdir.

Linzaların vəziyyətini dəyişdirmədən S mənbəyini xəyalın alındığı S_2 nöqtəsinə gətirdikdə, onun parlaq xəyalı S -də qoyulmuş ekran üzərində alınar. Deməli, cisim S_2 -də olduqda, ondan səpici L_2 linzasına düşən şüalar linzadan keçdikdə səpələnmiş və bu şüaların əks istiqamətdəki uzantıları isə S_1 -də xəyal vermişdir. Bu halda S_1 nöqtəsi S_2 -nin mövhumu xəyalı olur. Odur ki, S_2 -dən səpici linzaya qədər olan məsafə cisim məsafəsi (d) və S_1 -dən səpici linzaya qədər olan məsafə isə xəyal məsafəsi (f) olar.

Deməli, səpici linzanın fokus məsafəsini tapmaq üçün əvvəlcə toplayıcı linzaya görə S_1 sonra isə səpici linza olan halda S_2 xəyalını tapmaq və hər iki xəyalıdan səpici linzaya qədər olan məsafələri (f və d) ölçmək lazımdır.

Cisim və xəyal məsafəsinin bu qiymətlərini (6) düsturunda yazmaqla, səpici linzanın fokus məsafəsini hesablamaq olar.

II üsul. Baxış borusu vasitəsi ilə səpici linzanın baş fokus məsafəsinin təyini. Sonsuzluğa yönəldilmiş baxış borusu, toplayıcı və səpici linzaların arxasında onlarla eyni 8 səviyyədə yerləşdirilməklə 98 - ci şəkildəki optik sistemə daxil edilir. Sonra cisim və linzaların yerlərini bir - birinə nisbətən dəyişdirməklə S cisminin baxış borusunda aydın xəyalını almalı və həmin vəziyyətdə səpici linzanın yerini qeyd etməli. Daha sonra cisimlə toplayıcı linzanın yerini dəyişməmək şərti ilə səpici linzanı ekranla əvəz edərək, onu toplayıcı linzadan tədricən uzaqlaşdırmaqla parlaq xəyal alınan S_1 nöqtəsinə tapmalı. Toplayıcı linzaya görə parlaq xəyal alınmış S_1 nöqtəsi ilə səpici linzanın qeyd olunmuş vəziyyəti arasındakı məsafə səpici linzanın fokus məsafəsidir.

İşin gedişi

Birinci üsul.1. Optik skamyada S nöqtəvi cismini, onun arxasında toplayıcı L_1 linzasını, daha sonra ekranı eyni səviyyədə yerləşdirməli.

2. Cisim, linza və ekranın bir - birinə nəzərən yerlərini tədricən dəyişdirməklə, S cisminin toplayıcı linzaya görə parlaq xəyalını (S_1) alıb, bu vəziyyəti qeyd - etməli.

3. Toplayıcı linza ilə ekran arasına fokus məsafəsi təyin ediləcək səpici linzanı (L_2) elə yerləşdirməli ki, bu linza ilə ekran arasındakı məsafə səpici linzanın fokus məsafəsində kiçik olsun. Bunun üçün səpici linzanı ekrana daha yaxın yerləşdirmək lazımdır. Bu halda ekranda alınmış xəyal (S_1) itəcək.

4. Sonra cisim ilə linzaların vəziyyətini dəyişmədən ekranı linzadan tədricən uzaqlaşdırmaqla cismin parlaq xəyalının alındığı vəziyyəti (S_2) qeyd etməli.

5. S_1 xəyalından səpici linzaya qədər olan məsafəni (xəyal məsafəsi - f) və S_2 xəyalından səpici linzaya qədər olan məsafəni (cisim məsafəsi - d) ölçməli.

6. d və f üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (6) ifadəsində yerinə yazaraq, səpici linzanın fokus məsafəsini hesablamaq.

7. Cisim və toplayıcı linzanın başqa vəziyyətləri üçün təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli və fokus məsafəsi üçün orta qiymət tapmalı.

İkinci üsul.1. Optik skamya üzərində S - cismini, onun arxasında toplayıcı L_1 sonra səpici L_2 linzalarını, daha sonra isə sonsuzluğa fokuslanmış baxış borusunu yerləşdirməli.

2. Cisim və linzaların vəziyyətlərini bir - birinə nəzərən elə dəyişdirmək lazımdır ki, baxış borusunda S nöqtəvi cisminin parlaq xəyalı alınsın. Bu halda linzalardan keçərək baxış borusuna düşən şüalar paralel şüa dəstəsi olmalıdır. Bu vəziyyətdə səpici linzanın (L_2) yerini qeyd etməli.

3. Cisim və toplayıcı linzanın yerini dəyişdirməmək şərti ilə səpici linzayı götürərək onun yerinə ekran yerləşdirməli. Həmin ekranı toplayıcı lindən tədricən uzaqlaşdıraraq S cisminin toplayıcı linzaya görə parlaq xəyalını (S_1) almalı.

4. Xəyalın səpici linzanın qeyd olunmuş vəziyyətinə qədər olan məsafəni ölçməli. Bu məsafə səpici linzanın fokus məsafəsi (F) olacaqdır.

5. Cisim və linzaların başqa vəziyyətləri üçün təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək, F üçün orta qiymət tapmalı.

6. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

7. Hər iki üsulla eyni səpici linza üçün təcrübədən tapılan fokus məsafələrini müqayisə etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 3

ÇÖKÜK GÜZGÜNÜN BAŞ FOKUS MƏSAFƏSİNİN

TƏYİNİ

Ləvazimat: optik skamya, çökük güzgü, işıq mənbəyi, xəyalı alınacaq cisim, ekran, millimetr bölgülü xətkəş.

Qısa nəzəri məlumat

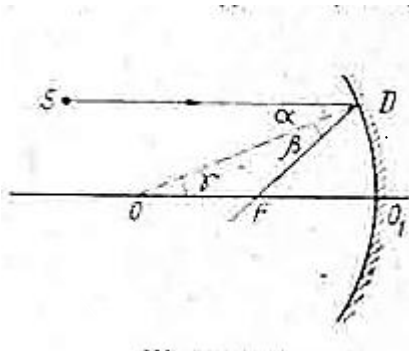
Üzərinə düşən şüa enerjisini praktik olaraq tam qaytaran səthlərə güzgü deyilir. Məsələn, cilalanmış metal səthləri təmiz civə, bir üzü cilalanmış, digər üzü qaraldılmış (xüsusi maddə ilə örtülür) şüşə səthləri və s. güzgü səthləridir. Şüaları qaytaran səth müstəvi, çökük və qabarıq olduqda belə güzgülər uyğun olaraq müstəvi, çökük və qabarıq güzgülər adlanır.

Çökük güzgünü kürə səthinə tamamladıqda alınan kürənin mərkəzinə güzgünün əyrilik mərkəzi deyilir. Bu kürənin radiusuna isə güzgünün əyrilik radiusu deyilir.

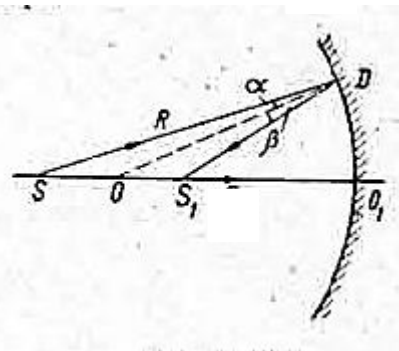
Çökük güzgünün təpəsindən və əyrilik mərkəzindən keçən düz xəttə baş optik ox, ona paralel olan xətlərə isə güzgünün oxları deyilir. Sferik güzgünün baş optik oxu ilə çox kiçik bucaq əmələ gətirən şüalara paraksial şüalar deyilir. Çökük güzgüyə düşən paralel şüalar qayıdarkən baş optik ox üzərində bir nöqtədə görüşür. Qabarıq güzgüdən qayıdan şüalar isə səpələnir və onların əks istiqamətdə uzantıları

güzgünün arxasında baş optik ox üzərində bir nöqtəyə toplanır. Hər iki halda şüaların görüşdüyü nöqtə sferik güzgünün baş fokus nöqtəsi adlanır və F hərfi ilə işarə olunur. Sferik güzgünün fokus nöqtəsindən güzgünün təpə nöqtəsinə qədər olan məsafəyə onun fokus məsafəsi deyilir.

Cisimdən sferik güzgüyə qədər olan məsafəyə cisim məsafəsi (d), xəyalan sferik güzgüyə qədər olan məsafəyə isə xəyal məsafəsi (f) deyilir. Linzalarda olduğu kimi sferik güzgülərdə də xəyalın qurulmasının müxtəlif halları vardır. İsbat etmək olar ki, çökük güzgünün fokus məsafəsi (F) təqribən onun əyrilik radiusunun yarısına bərabərdir. Şəkildən görüldüyü kimi, SD şüasının çökük güzgüyə düşdüyü D nöqtəsində güzgü səthinə çəkilmiş normal (DO) güzgünün əyrilik mərkəzindən keçir. Bu halda α – düşmə, β – qayıtma bucağı LO - əyrilik radiusu olar.



şəkil 99.



şəkil 100.

Digər tərəfdən baş optik oxa paralel gedən şüalar güzgüdən qayıdarkən, fokus nöqtəsindən keçər və qayıtma qanununa görə $\alpha = \beta$ olar. SD şüası OO_1 -ə paralel olduğundan, α və γ daxili çarpaz bucaqlarıdır. Deməli, $\alpha = \beta = \gamma$ olduğundan OFD üçbucağı bərabəryanlı üçbucaq olar. Bu üçbucaqda $OF = DF$ olar. Güzgüyə düşən şüa optik oxa yaxın olduğundan, $DF \approx FO_1$ olar. Onda təqribi olaraq

$$OF = DF \approx FO_1 = F$$

yazmaq olar (burada F - fokus məsafəsidir). 99 - cu şəkildən görüldüyü kimi,

$$OO_1 = R = OF + FO_1 \approx 2F$$

olduğundan

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

Deməli, çökük güzgünün fokus məsafəsi onun əyrilik radiusunun yarısına bərabərdir.

İndi də çökük güzgü üçün f, d və F arasında əlaqə yaradan əsas düsturu çıxaraq. Fərz edək ki, güzgünün baş optik oxu üzərində qoyulmuş ixtiyari S mənbəyindən güzgüyə SD şüası düşür və ondan qayıdaraq baş optik oxu S_1 nöqtəsində kəsir. Bu halda S mənbəyinin xəyalı S_1 nöqtəsində alınar (şəkil 100). Şüanın qayıtma qanuna görə $\alpha = \beta$ olar.

Bu halda SDS_1 üçbucağından

$$\frac{SO}{OS_1} = \frac{SD}{S_1D}$$

yazmaq olar;

$$SD = SO_1 = d; S_1D \approx S_1O_1 = f; OD = OO_1 = R$$

və

$$OF \approx FO_1 = F = \frac{R}{2} \quad (7)$$

və

$$SO = d - R, OS_1 = R - f$$

olduğundan (7) ifadəsini aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$\frac{d-R}{R-f} = \frac{d}{f}$$

buradan

$$2df = Rf + Rd$$

və hər tərəfini Rdf -ə böldükdə

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

alırıq.

$$R = 2F$$

olduğundan çökük güzgü düsturunu

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad (8)$$

şəkildə alırıq.

Güzgü qabarıq olduqda F və f məsafələri mənfi olur. (8) ifadəsindən çökük güzgünün fokus məsafəsi

$$F = \frac{df}{d+f} \quad (9)$$

olar. Sonuncu ifadədən, cisim və xəyal məsafələrini ölçməklə güzgünün fokus məsafəsini hesablamaq olar.

İşin gedişi.

1. Optik skamyada ekranı çökük güzgü ilə cisim arasında yerləşdirməli. Cismi güzgünün əyrilik mərkəzində ondan uzaqda və əyrilik mərkəzi ilə fokus nöqtəsi arasında yerləşdirməklə uyğun parlaq xəyallar almalı.
2. Hər bir hala uyğun cisim (d) və xəyal (f) məsafələrini ölçərək (9) ifadəsində yazmaqla güzgünün fokus məsafəsini hesablamaq.
3. Xəyalın qurulmasının göstərilən üç halına görə tapılan fokus məsafələri üçün orta qiymət tapmalı.
4. Təcrübələrin mütləq və nisbi xəталərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 4
LİNZANIN SINDIRMA ƏMSALININ SFEROMETR
VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: iki üzü qabarıq linza, müstəvi qabarıq linza, sferometr, müstəvi şüşə, optik skamya, ştankenpərgar, xəyalı alınacaq cisim, ekran, millimetr bölgülü xətkəş.

Qısa nəzəri məlumat

Məlumdur ki, nazik linzanın fokus məsafəsi, əyrilik radiusları və sındırma əmsalı arasında

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (10)$$

asılılığı vardır. Burada F - linzanın fokus məsafəsi, R_1 və R_2 əyrilik radiusları, n linza maddəsinin ətraf mühitə nəzərən sındırma əmsalı, D isə linzanın optik qüvvəsidir. (10) ifadəsindən linzanın nisbi sındırma əmsalı

$$n = 1 + \frac{1}{F \left(-\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} \quad (11)$$

olar. Sındırma əmsalı təyin ediləcək linza müstəvi qabarıq olarsa, onun müstəvi üzünün əyrilik radiusu sonsuz böyük olduğundan ($R_2 = \infty$) (11) ifadəsində $\frac{1}{R_2} = 0$ olar və müstəvi qabarıq linzanın nisbi sındırma əmsalı üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$n = 1 + \frac{R_1}{F} \quad (12)$$

Linza maddəsinin sındırma əmsalını hesablayarkən əyrilik radiuslarını (R_1, R_2) sferometr vasitəsi ilə ölçmək, baş fokus məsafəsini (F) isə 1 № li işdə verilmiş üsulların birindən istifadə edərək tapmaq lazımdır. R_1, R_2 , və F üçün tapılan qiymətləri (11) ifadəsində yazmaqla iki tərəfi qabarıq, R_1 və F -in qiymətlərini isə (12) ifadəsində yazmaqla müstəvi qabarıq linzanın sındırma əmsalını hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Sferometr, ştankenpərgar və müstəvi şüşədən istifadə edərək mexanika bölməsində 8 №- li işdə verilmiş üsulla tədqiq olunan müstəvi qabarıq linzanın R_1 əyrilik radiusunu tapmalı.
2. Optik skamya, ekran, baxış borusu, xətkəş və işıq mənbəyindən istifadə edərək həmin linzanın fokus məsafəsini tapmalı.
3. R_1 və F üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (12) ifadəsində yazmaqla tədqiq olunan linzanın sındırma əmsalını (n) hesablamaq.
4. Təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar edərək, sındırma əmsalı üçün orta qiymət tapmalı.
5. Təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 5

İŞİĞİN DALĞA UZUNLUĞUNUN DİFRAKSİYA QƏFƏSİ VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: optik skamya, monoxromatik işıq mənbəyi (civə və ya neon lampası, natrium alovu, qaz boşalma boruları), ekran, difraksiya qəfəsi, lupa.

Qısa nəzəri məlumat

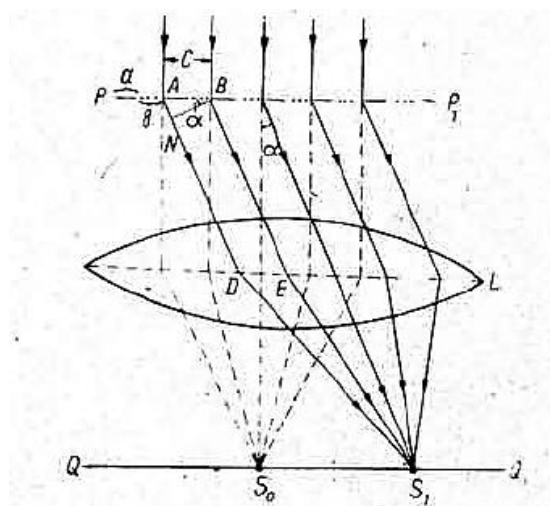
Əgər işıq mənbəyinin qarşısına, ortasında nazik yarığı olan lövhə və onun arxasında isə ekran qoyularsa, ekranda yarığın formasında, lakin həndəsi ölçüsünə görə nisbətən böyük işıqlı ləkə alınır. Bu ləkə, ekranı uzaqlaşdırdıqca böyüyür.

Təcrübələr göstərir ki, yarığın eni düşən işığın dalğa uzunluğuna nisbətən çox böyük olduğu hallarda yarıq eninin kiçilməsi ilə ekrandakı işıqlı ləkə də kiçilir. Yarığın eni dalğa uzunluğu tərtibinə çatdıqdan sonra kiçilmə davam etdikcə, ekrandakı işıqlı ləkə böyüməyə başlayır və parlaqlıq azalır. Bu hadisə işıq şüalarının yarıqdan keçərkən, düz xətt istiqamətindən meyl etməsi ilə izah olunur. Deməli, işıq şüaları yayıldığı istiqamətdə maneəyə rast gəldikdə, ilk istiqamətdən müəyyən qədər əyilərək maneə arxasına meyl edir ki, bu hadisəyə işığın difraksiyası deyilir.

Yarıqdan keçərkən difraksiya etmiş şüalar interferensiya verir. Ekranda yarığın bir - biri ilə növbələşən işıqlı və qaranlıq xəyalları alınır. Difraksiya hadisəsini yaxşı müşahidə etmək üçün difraksiya qəfəsindən istifadə olunur. Bir - birinə çox yaxın eyni ölçülü və paralel yarıqlar sisteminə difraksiya qəfəsi deyilir.

Praktikada difraksiya qəfəsi olaraq üzərində bir - birindən eyni məsafələrdə çoxlu paralel xətlər çəkilmiş şəfəf lövhədən istifadə olunur. Bu lövhədə xətlər çəkilmiş yerlər üzərinə düşən şüaları səpələyir və bu yerlərdən ekrana işıq düşür. Xətlərin arasında qalan yerlər isə yarıq rolu oynayaraq şüaların istiqamətini dəyişmədən özündən keçirir. Laboratoriyada istifadə olunan difraksiya qəfəslərində hər millimetr məsafədə (100 - 500) -ə qədər xətt olur. Hazırda SSRİ - də bir millimetrdə 1800 - 2400 yarıq olan difraksiya qəfəsləri hazırlanır. Hətta enerjisinin çox hissəsini istədiyimiz tərtib maksimumda toplamaq məqsədi ilə mişar formalı xüsusi profilli qaytarıcı difraksiya qəfəslərindən də geniş istifadə olunur.

Difraksiya qəfəsi üzərinə normal istiqamətdə paralel şüa dəstəsi düşdükdə, qəfəsin hər bir yarığı Hüygens prinsipinə görə yeni dalğa mənbəyi rolu oynayaraq özündən elementar dalğalar buraxır. Bu yeni dalğalar yayılarkən bir - biri ilə görüşərək interferensiya verir. Müəyyən istiqamətdə görüşüb interferensiya verən dalğalar yollar fərqiindən asılı olaraq bir - birini zəiflədir və yaxud gücləndirir.



Şəkil 101.

Zəifləmə yerlərində minimum işıqlanma (qaranlıq), güclənmə yerlərində isə maksimum işıqlanma (ışıq) alınır. Difraksiya qəfəsinə ağ işıq şa'uları düşərsə, interferensiya nəticəsində ekranda növbələşən rənglərə boyanmış işıqlı və qaranlıq zolaqlar alınır. Difraksiya qəfəsinə monoxromatik (bir rəngdə və ya eyni dalğa uzunluğu) şüalar düşdükdə ekranda növbə ilə gələn işıqlı və qaranlıq zolaqlar alınır. Işıqlı zolaq düşən şüa rəngində olar.

Difraksiya qəfəsinin qonşu yarıqlarının müvafiq hissələrindən çıxan şüaların interferensiyası nəticəsində yollar fərqi yarımdalğaların cüt sayına (tam sayda dalğalara) bərabər olduğu yerlərdə ekranda maksimum işıqlanma, yollar fərqi yarımdalğaların tək sayına bərabər olduğu yerlərdə isə minimum işıqlanma alınır.

Difraksiya qəfəsinə normal istiqamətdə düşərək, α bucağı altında difraksiya etmiş paralel AD və BE şüalarını nəzərdən keçirək (şəkil 101).

Qəfəsə düşən şüa istiqaməti ilə difraksiya etmiş şüa istiqaməti arasında qalan bucağa (α) difraksiya bucağı deyilir. PP_1 qəfəsində α çəkilən qeyri şəffaf xətlərin, b isə aralıqların şəffaf hissəsinin enini göstərir, a ilə b -nin cəmi ($a + b = c$) qəfəs sabiti adlanır. Yəni bir yarığın eni (b) ilə qonşu iki yarıq arasındakı məsafəsinin (a) cəminə qəfəs sabiti deyilir.

Difraksiya qəfəsindən çıxan şüaların qarşısına toplayıcı linza (L) qoymaqla difraksiya etmiş şüaları toplayaraq QQ_1 ekranına salmaq olar. 101 - ci şəkildən görüldüyü kimi, AD və BE şüalarının yollar fərqi AN - dir. ABN üçbucağından

$$\frac{AN}{AB} = \sin \alpha$$

və yaxud

$$AN = AB \sin \alpha$$

yazmaq olar,

$$AB = a + b = c$$

olduğundan

$$AN = c \sin \alpha$$

Digər tərəfdən işıqlı zolaq üçün

$$AN = k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

olduğundan

$$k\lambda = c \sin \alpha$$

yaxud

$$\lambda = \frac{c \sin \alpha}{k} \quad (13)$$

alırıq; burada c - qəfəs sabiti, α - difraksiya bucağı λ işıq dalğasının uzunluğu, k isə spektrin tərtibidir. Spektrin tərtibi - ekranda mərkəzi maksimumdan başlayaraq sıra nömrəsi qəbul edilir. Mərkəzi işıqlı zolağın nömrəsi sıfır qəbul edilir.

Bundan sağda və solda simmetrik olaraq işıqlı və qaranlıq zolaqlar yerləşir. S_0 mərkəzi zolaqdan istər sağda, istərsə solda alınan birinci qaranlıq və birinci işıqlı zolağın tərtibi bir, ikinci qaranlıq və işıqlı zolağın tərtibi iki və s. qəbul olunur. Ekranda mərkəzi zolaqdan uzaqlaşdıqca (spektrin tərtibi artdıqca) işıqlı zolaqların parlaqlığı azalır. İntensivliyin difraksiya bucağından asılılığı aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

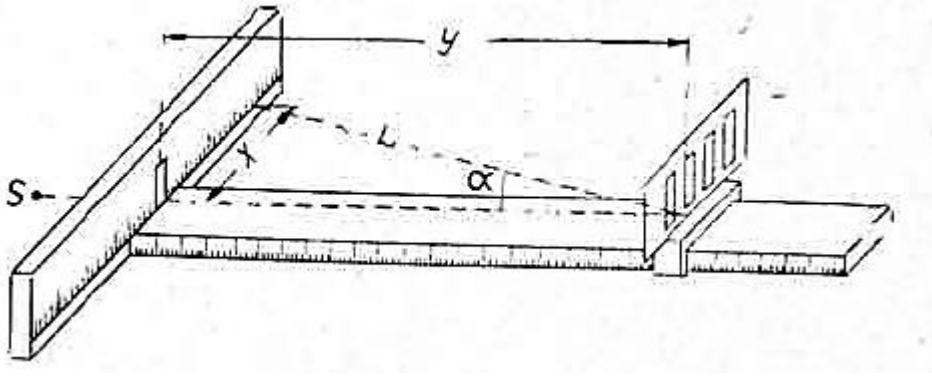
$$I = I_0 \left(\frac{\sin^2 \left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \alpha \right)}{\frac{\pi b}{\lambda} \sin \alpha} \right)^2$$

Burada, I_0 mərkəzi (sıfırıncı tərtib) maksimumun intensivliyidir. Bu ifadədən göründüyü kimi, difraksiya bucağı (yəni maksimumların tərtibi) böyüdükcə müvafiq maksimumların intensivliyi də kiçilir. (13) ifadəsindən göründüyü kimi, qəfəs sabiti (C) məlum olarsa, difraksiya bucağını (α) təcrübədə ölçərək, dalğa uzunluğu (λ) və yaxud əksinə, işıq şüasının dalğa uzunluğu verildikdə (monoxromatik şüanın dalğa uzunluğu cədvəldən götürülür) qəfəs sabitini tapmaq mümkündür.

Çalışma 1. Işığın dalğa uzunluğunun təyini.

Qurğunun təsiri.

102 - ci şəkildən göründüyü kimi, qurğu optik skamyadan, difraksiya qəfəsindən və ortasında kiçik yarığı olan millimetr bölgülü xətkəşdən ibarətdir. Xətkəş, şəkildəki kimi optik skamyanın bir kənarında ona perpendikulyar yerləşdirilmişdir. Xətkəşlə üzbəüz skamyanın digər kənarına



Şəkil 102.

yaxın difraksiya qəfəsi yerləşdirilir. Xətkeşdəki yarığın arxasında dalğa uzunluğu təyin ediləcək monoxromatik işıq mənbəyi (S) qoyulur. Belə mənbə olaraq çox vaxt natrium alovlu və ya daxilində müxtəlif qazlar olan Heysler boruları götürülür. Belə mənbələrin verdiyi şüalar təqribən monoxromatik olur.

S mənbəyindən gələn şüalardan yalnız yarıqdan keçənləri difraksiya qəfəsinə düşür. Difraksiya qəfəsindən xətkəşin yarığına baxdıqda, onun sağ və sol tərəfində simmetrik işıqlı zolaqlar görünür. Həmin işıqlı zolaqlardan hər hansının (məsələn, k tərtiblisinin) yarıqdan olan x məsafəsini və yarıqdan difraksiya qəfəsinə qədər olan y məsafəsini ölçərək, bu zolaqdan qəfəyə qədər olan L məsafəsini tapmaq olar:

$$L = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Şəkildən görünür ki,

$$\frac{x}{L} \sin \alpha,$$

buradan

$$\sin \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}. \quad (14)$$

Bunu (13) - də yerinə yazdıqda

$$\lambda = \frac{cx}{k\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{cx}{ky\sqrt{1 + \left(\frac{x}{y}\right)^2}}$$

alınar, x , y - ə nisbətən çox kiçik olduğundan $\left(\frac{x}{y}\right)^2$ çox kiçik kəmiyyət olar. Bu hədd nəzərə alınmasa,

$$\lambda = \frac{cx}{ky} \quad (15)$$

yazmaq olar.

(15) ifadəsi ilə monoxromatik işığın dalğa uzunluğunu hesablamaq olar. Bunun üçün qəfəs sabiti məlum olmalıdır.

İşin gedişi.

1. 102 - ci şəkildə verildiyi kimi difraksiya qəfəsini xətkəş və S işıq mənbəyini optik skamya üzərində yerləşdirməli.

2. Işıq mənbəyini Rumkorf makarası dövrəsinə daxil edərək şüalandırmalı.
3. Difraksiya qəfəsindən işıqlanmış xətkəş üzərindəki yarığa baxaraq, mərkəzi işıqlı zolağın sağ və sol tərəfində simmetrik yerləşmiş işıqlı xətlərin mərkəzi yarıqdan olan x məsafəsini ölçməli.
4. Xətkəşdən qəfəsə qədər olan y məsafəsini ölçməli.
5. (15) ifadəsində bütün kəmiyyətlərin qiymətlərini yerinə yazaraq, işığın dalğa uzunluğunu hesablamalı.
6. Həmin təcrübəni spektrin başqa tərtibləri üçün də təkrar etməli.
7. Monoxromatik işığın dalğa uzunluğu üçün orta qiymət tapmalı və təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamalı.
8. Mənbəyin verdiyi şüalar monoxromatik olmadıqda onun spektrlərində müxtəlif rənglər alınacaqdır. Təcrübəni eyni üsulla spektr edib, onun dalğa uzunluğunu tapmalı.

Çalışma 2. Difraksiya qəfəsi sabitinin təyini

(15) düsturundan difraksiya qəfəsi sabitini də hesablamaq olar. Bunun üçün də 102 – ci şəkildə verilmiş qurğudan istifadə olunur. Burada elə mənbə seçmək lazımdır ki, onun verdiyi şüaların dalğa uzunluğu məlum olsun. Bunun üçün adətən, natrium alovundan ($\lambda = 589 \text{ m}$) istifadə olunur.

Natrium alovu ilə işıqlandırılan xətkəş yarığına difraksiya qəfəsindən baxdıqda, yarığın sağ və solunda simmetrik alınan birinci, ikinci və üçüncü tərtib spektrlərin ($k= 1,2,3$) mərkəzi yarıqdan olan x_1, x_2 və x_3 məsafələri və eləcə də xətkəş ilə difraksiya qəfəsi arasındakı y məsafəsi ölçülərək qeyd edilir. Alınan qiymətləri (15) ifadəsində yerinə yazmaqla qəfəs sabiti (c) hesablanır.

Düsturda hər dəfə x - in və k - nın uyğun qiymətlərini yazmaqla, qəfəs sabiti üçün bir neçə qiymət almaq və onların orta qiymətini tapmaq lazımdır. Işın gedişi dalğa uzunluğunun təyininə olduğu kimi aparılır.

Qəfəs sabitini təyin edərkən təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 6

ŞÜŞƏ PRİZMANIN SINDIRMA ƏMSALININ VƏ DİSPERSİYASININ SPEKTROMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

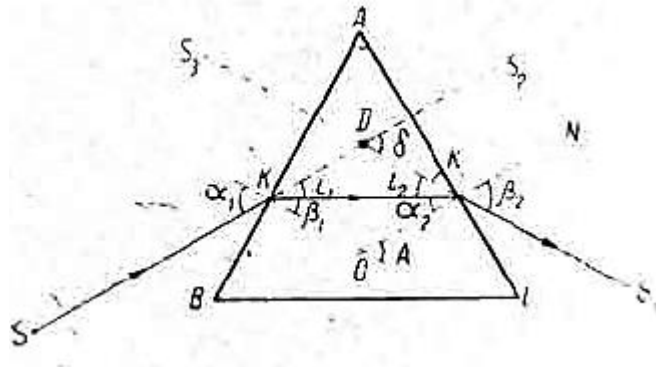
Ləvazimat: spektrometr, monoxromatik işıq mənbəyi, üçüzlü şüşə prizma.

Qısa nəzəri məlumat

İşıq şüaları optik sıxlığı eyni olan bircinsli mühitdə düz xətt boyunca yayılır. Optik sıxlıqları müxtəlif olan mühitlərin sərhədində isə sınaraq istiqamətini dəyişir. Təcrübələr göstərir ki, şüa optik sıxlığı az olan mühitdən çox olan mühitə keçərkən sınaraq səthin normalına yaxınlaşır. Əksinə, optik sıxlığı çox olan mühitdən az olan mühitə keçdikdə isə sınaraq normaldan uzaqlaşır. Şüanın düşmə bucağı α sınma bucağı isə β olarsa, sınma qanuna görə:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1} \quad (20)$$

burada n_1 - şüanın düşdüyü 1 - ci mühitin, n_2 isə sındığı 2 - ci mühitin mütləq sınma əmsallarıdır. $n_{2,1}$ - 2 - ci mühitin 1 - ciyə nəzərən nisbi sınma əmsalı adlanır. Şüşənin sınma əmsalını, həmin şüşədən hazırlanmış üçüzlü prizmada şüanın sınmasına görə tapmaq olar.



Şəkil 104.

Fərz edək ki, hava mühitində yerləşmiş ABC üçüzlü düzgün şüşə prizması verilmişdir (şəkil 104) S mənbəyindən prizmanın AB üzünə SK şüası düşürsə, sınma qanunlarına görə bu şüa prizma içərisində KK_1 , ondan çıxdıqda isə K_1S_1 istiqamətdə gedəcəkdir.

Verilmiş prizmada AB və AC üzləri şındırıcı üzlər, A bucağı şındırma bucağı, BC üzü isə prizmanın oturacağı adlanır.

Şəkildən görüldüyü kimi, N və N_1 - şındırıcı üzlərə çəkilmiş normallar, S_1 S_2 - düşən şüanın istiqaməti, S_1 S_3 isə prizmadan çıxan şüanın əks istiqamətdə uzantısıdır. α_1 və α_2 - düşmə, β_1 və β_2 - sınma bucaqlarıdır.

Prizmaya düşən şüa ilə ondan çıxan şüa istiqaməti arasında qalan δ bucağına meyl bucağı deyilir. Təcrübələr göstərir ki, meyl bucağının qiyməti düşmə bucağından (α), sındırma bucağından (A) və mühitin sındırma əmsalından (n) asılıdır. Bu asılılıqdan istifadə edərək prizmanın sındırma əmsalını tapmaq mümkündür.

(20) - yə əsasən prizmanın sındırma əmsalı üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$$

burada n_2 prizmanın, n_1 isə prizmaya düşən şüanın keçdiyi mühitin (bu halda havanın) sındırma əmsalıdır (məlumdur ki, boşluq üçün sındırma əmsalı vahid qəbul olunur, hava üçün isə vahidə çox yaxın olub, təqribən vahid götürülür), $n_1 = 1$ olduğundan

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = n_2$$

və ya ümumi şəkildə $n_2 = n$ ilə işarə etsək,

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1} = n$$

yazmaq olar. Son ifadədən göründüyü kimi, prizmanın sındırma əmsalını (n) tapmaq üçün düşmə (α_1) və sınma (β_1) bucaqlarını ölçmək lazımdır. Lakin bu bucaqları (xüsusilə prizma içərisindəki β_1 sınma bucağını) ölçmək çətin olduğundan, onları A və δ bucaqları ilə əvəz etmək əlverişli olur. Düzgün prizma daxilində şüa onun oturacağına paralel getdikdə meyl bucağı ən kiçik qiymət alır. Meyl bucağının bu qiymətini almaq üçün düşən şüanın istiqamətini dəyişmədən, üçüzlü prizmanın BAC üzünə perpendikulyar olan ox ətrafında bu prizmanı o qədər döndərmək lazımdır ki, prizmadan çıxan S_1 şüasının əks istiqamətində prizmaya tərəf baxdıqda S mənbəyi ilə eyni müstəvi üzərində olan S_3 xəyalı S mənbəyinə mümkün qədər yaxın olsun.

Bu vəziyyətdən sonra prizmanı istər sağa, istərsə də sola azca döndərdikdə, S_3 xəyalı S mənbəyindən uzaqlaşar. S_3 xəyalının S mənbəyinə ən yaxın vəziyyətində prizmanı saxladıqda meyl bucağının ən kiçik qiyməti alınır. Bu halda prizma daxilində şüa onun oturacağına paralel getdiyindən, prizmaya hansı bucaq altında düşürsə, həmin bucaq altında da ondan çıxar. Yəni

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \beta_2, \\ \alpha_2 &= \beta_1,\end{aligned}\quad (22)$$

104 - cü şəkildən $\delta_{\min}$ bucağı $kk_1 D$ üçbucağında xarici bucaq olduğundan

$$\delta_{\min} = i_1 + i_2 \quad (23)$$

yaza bilərik. Digər tərəfdən

$$\begin{aligned}i_1 &= \alpha_1 - \beta_1, \\ i_2 &= \beta_2 - \alpha_2\end{aligned}$$

olduğundan

$$\delta_{\min} = i_{1+} + i_2 = \alpha_1 - \beta_1 + \beta_2 - c_2$$

olar. (22) ifadəsini nəzərə alsaq

$$\delta_{\min} = 2\alpha_1 - 2\beta_1 \quad (24)$$

olacaqdır. Eyni zamanda kk_1 O üçbucağında A xarici bucaq olduğundan

$$A = \beta_1 + c_2 \quad (25)$$

olar. Buradan

$$\alpha_2 = \beta_1$$

olduğundan

$$A = 2\beta_1$$

və ya

$$\beta_1 = \frac{A}{2} \quad (26)$$

alınar. β_1 -in qiymətini (24)-də yazsaq

$$\delta_{\min} = 2\alpha_1 - A$$

və ya

$$\alpha_1 = \frac{A + \delta_{\min}}{2} \quad (27)$$

alarıq.

(26) və (27)-ni (21) ifadəsində yerinə yazsaq, prizmanın sındırma əmsalı üçün aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$n = \frac{\sin \frac{A + \delta_{\min}}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (28)$$

Prizmanın sındırma əmsalı, onun sındırma bucağı ilə ən kiçik meyl bucağı cəminin yarısının sinusunun prizmanın sındırma bucağı yarısının sinusuna olan nisbətində bərabərdir.

Prizmanın sındırma bucağı kiçik olduqda (28) ifadəsində bucaqların sinusları nisbətini, təxminən bucaqların nisbi ilə əvəz etmək:

$$n = \frac{A + \delta_{\min}}{A}$$

və yaxud

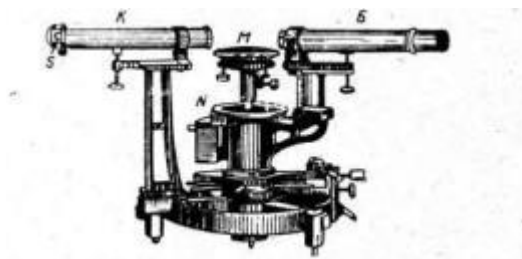
$$n = 1 + \frac{\delta_{\min}}{A} \quad (29)$$

Bu ifadəyə əsasən şüşə prizmanın sındırma əmsalını tapmaq üçün prizmanın sındırma əmsalını bucağını və şüanın prizmada ən kiçik meyl bucağını ölçmək lazımdır. Bunun üçün spektrometrdən istifadə olunur.

Cihazın təsviri

Prizmanın sındırma bucağını və şüanın meyl bucağını ölçmək üçün spektrometrdən və ya qaniometrdən istifadə edilir. Spektrometrin ümumi görünüşü 105 - ci şəkildə verilmişdir. Bu cihazın ən mühüm hissələri üçayaqlı ştativ üzərində

yerləşdirilmiş və şaquli ox ətrafında fırlana bilən dərəcələrə bölünmüş N dairəvi diskindən (dərəcələnmiş belə diskə limb deyilir), okulyarı önündə çarpaz şəkildə qeli olan B baxış borusundan, mikrovintlə genəlib darala bilən S diafraqması olan K kollimatorundan və M skamyasından ibarətdir.



Şəkil 105.

Baxış borusu və kollimatorun Efokus məsafələri eyni olan obyektivləri vardır. Tədqiq olunacaq prizma, kollimator ilə baxış borusunun obyektivləri arasında M skamyası üzərinə yerləşdirilir. Kollimator yarığının önündə qoyulmuş işıq mənbəyindən (Heysler boruları və yaxud natrium alovlu) düşən şüalar yarıqdan və kollimatorendan keçərək prizmaya düşür. Prizmaya şüaların paralel düşməsi üçün s yarığı k kollimator obyektivinin fokal müstəvisində yerləşməlidir. Bunun üçün yarığın yerləşdiyi qısa borunu kollimator borusu boyunca irəli və ya geri sürüşdürmək lazımdır. Baxış borusu (B) şaquli ox ətrafında fırlana bildiyindən, onun qarşılıqlı iki göstərici (noniusu) dairəvi diskin (N) dərəcələri üzrə hərəkət edir. Baxış borusunun obyektivi ilə onun okulyarı arasında, okulyarın fokal müstəvisində çarpaz şəkildə tel yerləşdirilmişdir. İstər xəyalın müəyyən bir yerini, istərsə də spektral xətlərdən hər hansı birini müşahidə edərkən, xəyal çarpaz tellərin kəsişmə nöqtəsinə gətirilir.

Spektrometrlə işləmək üçün əvvəlcə onu başlanğıc vəziyyətə gətirmək lazımdır. Bu məqsədlə baxış borusu, həm də kollimator sonsuzluğa yönəldilir. Bu halda hər iki borunun oxu eyni düzxətt üzərində olub, bu xətt dairəvi diskin fırlanma oxuna perpendikulyar olur.

Boruları sonsuzluğa yönəltmək üçün əvvəlcə baxış borusunu ayrıca sonsuzluqda olan bir cismə tuşlamaq, sonra isə onun okulyarını boru boyunca hərəkət etdirməklə, sonsuzluqdakı cismin parlaq xəyalını alıb, okulyar önündəki çarpaz tellərin kəsişmə nöqtəsinə gətirmək lazımdır. Kollimatoru sonsuzluğa yönəltmək üçün isə sonsuzluğa yönəldilmiş baxış borusundan istifadə olunur. Bu zaman hər iki borunun oxlarını bir düz xətt üzərinə gətirib, baxış borusu və kollimator yarıqlarından keçən şüalara görə cismin parlaq xəyalını almaq lazımdır (xəyalın parlaq alınması üçün kollimatorendəki yarıq yerləşən boru kollimator boyunca hərəkət etdirilir). Yarığın xəyalı parlaq alındığı vəziyyətdə boruların yerini müəyyən etməklə, baxış

borusunun noniuslarının göstərdiyi bucaqları qeyd etmək lazımdır. Bu halda kollimator sonsuzluğa yönəldilmiş olur. Buna spektrometrin başlanğıc vəziyyəti deyilir. Başlanğıc vəziyyətinə gətirilmiş spektrometrlə prizmanın sındırma və meyl bucaqlarını taparaq (28) ifadəsinə əsasən prizmanın sındırma əmsalını hesablamaq olar.

Prizmanın sındırma bucağını tapmaq üçün bir sıra üsullar vardır. Onlardan biri ilə tanış olaq.

Sındırma əmsalı təyin ediləcək prizmanı skamyanın üzərinə qoymalı. Sonra kollimatordan gələn şüalar prizmanın oturacağına perpendikulyar istiqamətdə onun tilinə düşənə qədər M skamyasını fırlatmalı (şəkil 106). Baxış borusunu əvvəlcə sındırıcı üzün birindən əks olunan şüalara tuşlayıb parlaq xəyal almalı və onu çarpaz tellərin kəsişdiyi nöqtəyə gətirməli. Bu halda noniusun göstərdiyi bucağı (a) qeyd etməli. Sonra isə baxış borusunu tədricən γ bucağı qədər fırladaraq ikinci sındırıcı üzdən əks olunan şüalara tuşlayıb, parlaq xəyal almalı və onu çarpaz tellərin kəsişdiyi nöqtəyə gətirməli. Bu halda da noniusun göstərdiyi bucağı (b) qeyd etməli. Bu halda γ aşağıdakı kimi hesablanır:

$$a - b = \gamma$$

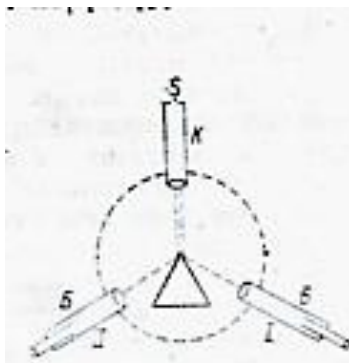
burada γ - baxış borusunun dönmə bucağıdır.

Prizmanın sındırma bucağı

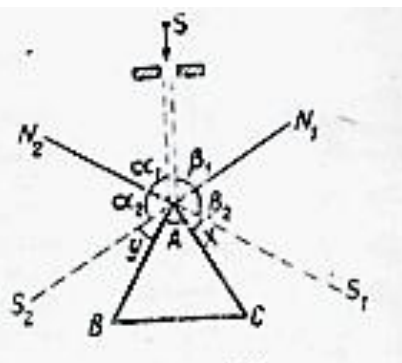
$$A = \frac{\gamma}{2} = \frac{a-b}{2} \quad (30)$$

ifadəsi ilə hesablanır.

Prizmanın sındırma bucağının dönmə bucağının yarısına bərabər olduğunu göstərək. Bunun üçün fərz edək ki, spektrometrin kollimatorunun S yarığından prizmaya paralel düşən şüalardan birinci üzdən qayıdanları S_1 , ikinci üzdən qayıdanlar isə S_2 -dir. N_1 və N_2 şüaların qayıtma nöqtəsində



Şəkil 106.



Şəkil 107.

Hər iki üzdən qayıdan şüalar arasındakı bucaq (baxış borusunun dönmə bucağı) $\gamma = x + A + y$ olar. Digər tərəfdən $x + \beta_2 = 90^\circ$ və $y + \alpha_2 = 90^\circ$ olacaqdır. Buradan

$$x + \beta_2 + y + \alpha_2 = 180^\circ \quad (31)$$

olar. Şəkil 107 - dən görünür ki, bir tam dövrdə rast gəlinən bucaqları toplayıb (31)-i nəzərə alsaq

$$A + \alpha_1 + \beta_1 = 180^\circ \quad (32)$$

(31) və (32) ifadələrində $\alpha_1 = \alpha_2$ və $\beta_1 = \beta_2$ olduğunu nəzərə alsaq yazı bilərik:

$$A = x + y \quad (33)$$

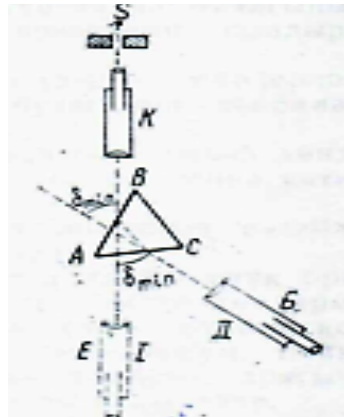
Onda

$$A + x + y = 2A = \gamma$$

$$A = \frac{\gamma}{2}$$

olduğu isbat edilmiş olur. Çox hallarda sındırma əmsalı təyin ediləcək üçüzlü prizma düzgün olduğundan, onun sındırma bucağı 60° olur. Bu zaman yalnız meyl bucağını tapmaq lazımdır.

İndi də prizmada şüanın ən kiçik meyl bucağının ($\delta_{\min}$) təyin edilməsi üsuluna baxaq: Bunun üçün əvvəlcə spektrometri başlanğıc vəziyyətə gətirmək lazımdır. Yəni bənəbdən gələn şüalardan (natrium alovundan) istifadə edərək baxış borusu ilə kollimator bir düz xətt boyunca yönəldilməlidir. Sonra parlaq xəyal alıb, onu çarpaz tellərin kəsişdiyi nöqtəyə gətirməli və noniusun göstərdiyi α bucağını qeyd etməli (şəkil 108).



Şəkil 108.

Bu zaman prizmanı optik skamya üzərinə elə qoymaq lazımdır ki, kollimatorlardan gələn şüa prizmanın sındırıcı üzlərindən birinə düşsün. Bu şüa prizmanın təpə bucağının tənböləni ilə 90° - yə yaxın iti bucaq əmələ gətirməlidir. Bu halda prizmadan keçən şüa müəyyən qədər meyl edəcəkdir. Sonra baxış borusunu prizmanın oturacağına tərəf o qədər döndərmək lazımdır ki, meyl etmiş şüaları

görmək mümkün olsun. Bu halda spektr xətlərindən birini çarpaz, tellərin kəsişmə nöqtəsinə salmaq lazımdır. Baxış borusunun bu vəziyyəti ilə başlanğıc vəziyyəti arasında qalan bucaq prizmada şüanın meyl bucağı olar. Lakin meyl bucağının minimum qiymətini almaq üçün prizmanı optik skamya ilə birlikdə hər iki tərəfə döndərərək elə vəziyyətə gətirmək lazımdır ki, prizmadan keçərək meyl etmiş şüaların spektrləri, şüanın kollimatordan gələn ilk istiqamətinə ən yaxın olsun. Bu halda baxış borusunu eyni spektr xəttinə yönəldərək, noniusun göstərdiyi b bucağını qeyd etməli. Baxış borusunun α və b vəziyyətləri arasındakı dönmə bucağı şüanın ən kiçik meyl bucağı olacaqdır:

$$\delta_{\min} = \alpha - b$$

Təcrübəni təkrar etmək məqsədi ilə prizmanı skamya ilə birlikdə o qədər fırlatmaq lazımdır ki, kollimatordan gələn şüalar prizmanın digər sındırıcı üzünə düşsün. Eyni qayda ilə bu üzə görə də $\delta_{\min}$ bucağını tapmaq lazımdır. Lakin unutmamalı ki, bu halda baxış borusu əvvəlkinin əksi istiqamətdə döndərilməlidir. Prizmanın hər iki üzünə görə tapılmış ən kiçik meyl bucağı qiymətlərindən orta qiymət tapmaq lazımdır. Prizmanın sındırma bucağı və şüanın meyl bucağı üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (28) və ya (29) ifadələrində yazmaqla, prizmanın nisbi sındırma əmsalını (n) hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Spektrometri başlanğıc (normal) vəziyyətə gətirməli. Bunun üçün Rumkorf makarasının birinci dolağını dəyişən cərəyan mənbəyinə, ikinci dolağını isə Heyslər borusuna birləşdirməli. Boşalma borusunun verdiyi şüalarla kollimator yarığını işıqlandırılmalı. Baxış borusu ilə kollimatoru bir düz xətt boyunca yönəldərək noniusun limbdə göstərdiyi vəziyyəti (α) qeyd etməli.

2. Prizmanı 106 və 107 - ci şəkillərdə göstərildiyi kimi optik skamya üzərində yerləşdirib, kollimatordan gələn şüalarla işıqlandırılmalı.

3. Baxış borusunu əvvəlcə prizmanın sındırıcı üzlərindən birindən, sonra ikincisindən əks olunan şüalara tərəf yönəldərək parlaq xəyal almalı. Noniusun hər iki hala uyğun göstərişlərindən baxış borusunun dönmə bucağını γ müəyyən edib, (30) ifadəsinə əsasən prizmanın sındırma bucağını tapmalı.

4. Prizmanı spektrometrin skamyası üzərinə elə yerləşdirməli ki, sının şüalar onun təpə bucağının tənböləni ilə 90^0 - yə yaxın bucaq əmələ gətirsin.

5. Baxış borusunu prizmanın oturacağına tərəf döndərərək, spektr xətlərini tellərin kəsişmə nöqtəsinə gətirməli.

6. Baxış borusunun bu vəziyyəti ilə başlanğıc vəziyyəti arasında qalan meyl bucağını (δ) ölçməli.

7. Meyl bucağının minimum qiymətini tapmaq üçün prizmanı optik skamya ilə birlikdə tədricən o qədər döndərmək lazımdır ki, spektrlərə görə alınmış xəyal, şüanın

kollimatordan gələn ilk istiqamətinə ən yaxın olsun. Baxış borusunun bu vəziyyəti ilə başlanğıc vəziyyəti arasında qalan bucaq, şüanın ən kiçik meyl bucağı ($\delta_{\min}$) olar.

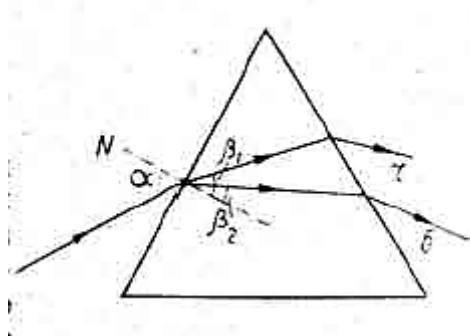
8. Prizmanı 180° -yə qədər fırladaraq, şüaları prizmanın ikinci üzünə salmalı. Təcrübəni təkrar edərək bu üzə görə də ən kiçik meyl bucağını tapmalı.

9. Prizmanın sındırma və ən kiçik meyl bucağı üçün orta qiymət tapmalı.

10. Sındırma və meyl bucaqları üçün tapılan orta qiymətləri (28) və ya (29) ifadələrində yazmaqla prizmanın nisbi sındırma əmsalını (n) hesablamalı.

Şüşə prizmanın dispersiyasının təyini

Məlumdur ki, maddənin sındırma əmsalı işığın dalğa uzunluğunun funksiyasıdır. Buna işığın dispersiyası deyilir. Udma oblastından uzaqlarda dalğa uzunluğu artdıqca sındırma əmsalı azalır. Bu asılılığı təcrübə olaraq müşahidə etmək olar. Fərz edək ki, üçüzlü şüşə prizmanın üzərinə



Şəkil 109.

ağ (təbii) işıq şüaları düşür. Ağ işıq prizmadan keçərkən, görünən yeddi rəngə (bənövşəyi, göy, mavi, yaşıl, sarı, narıncı, qırmızı), yəni öz tərkib hissələrinə ayrılır. İşığın dispersiyası, sındırma əmsalının dalğa uzunluğundan asılı olaraq hansı sürətlə dəyişməsinə xarakterizə edir. 109 - cu şəkildən göründüyü kimi, şüşə prizmaya ağ işıq şüaları düşdükdə, dalğa uzunluğu kiçik olan bənövşəyi şüalar çox, dalğa uzunluğu böyük olan qırmızı şüalar ən az sınırlar. Bənövşəyi ilə qırmızı rəng arasında digər dalğa uzunluqlu görünən şüalar yerləşir.

Prizmada spektrlərə ayrılmış rəngli şüaların hər birinə görə prizmanın sındırma əmsalını tapmaq olar:

$$n_r = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta_1},$$

$$n_b = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta_2},$$

burada α - ağ şüanın düşmə, β_1 və β_2 isə uyğun olaraq qırmızı və bənövşəyi şüaların sınma bucaqlarıdır. Hər iki ifadəni müqayisə etsək, eyni prizma üçün $n_b > n_r$ və qırmızı ilə bənövşəyi şüalar arasındakı digər şüalar da nəzərə alınarsa, analogi olaraq

$$n_g > n_g > n_m > n_j > n_s > n_n > n_q$$

yazmaq olar.

Dispersiyanın ölçüsü olaraq orta dispersiya

$$(n_F - n_C) \quad (34)$$

və yaxud nisbi dispersiya

$$\left(\frac{n_F - n_C}{n_D - 1} \right) \quad (35)$$

qəbul edilmişdir. Burada n_C, n_D, n_F uyğun olaraq C, D, F Fraunhofer xətlərinə uyğun sındırma əmsallarıdır. Günəş spektrində C xətti dalğa uzunluğu $\lambda_C = 6563 \text{ Å}$ olan narıncı, D xətti dalğa uzunluğu $\lambda_D = 5893 \text{ Å}$ olan sarı, F xətti isə dalğa uzunluğu $\lambda_F = 4865 \text{ Å}$ olan göy rənglərə uyğun gəlir. Bəzi hallarda dispersiyanın ölçüsü olaraq nisbi dispersiyanın tərs qiyməti götürülür ki, buna dispersiya əmsalı deyilir. Onda

$$N = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (36)$$

Rənglərə görə prizmanın sındırma əmsallarını tapıb, (34), (35) və (36) ifadələrində yazmaqla dispersiyanı hesablamaq olar.

İşin gedişi.

1. Dispersiyası təyin ediləcək prizmanın sındırma bucağını (A) tapmalı.
2. Həmin prizmanı spektrometrin skamyası üzərinə qoyub, şüaları onun üzərinə salmalı. Bu şüalar prizmadan keçdikdə spektrlərə ayrılır.
3. Spektrlərin ayrı - ayrı xətləri (rəngləri) üçün meyl bucağını ($\delta_{\min}$) tapmalı.
4. Prizmanın sındırma bucağına və hər bir spektr xəttinə görə tapılan meyl bucağına əsasən rənglərə görə sındırma əmsallarını tapmalı.
5. Heysler borusunda işıqlanan qazın spektr xətlərinin dalğa uzunluqlarını cədvəldən yazmalı.
6. Spektr xətlərinə görə sındırma əmsalları ilə həmin rənglərin dalğa uzunluqları arasındakı asılılığı qrafiki olaraq göstərməli.

Spektr xətlərinə görə sındırma əmsalları üçün tapılan qiymətləri (34), (35) və (36) ifadələrində yazıb, prizmanın dispersiyasını xarakterizə edən kəmiyyətləri hesablamaq olar.

LABORATORİYA İŞİ № 7

MOLEKULUN XƏTTİ ÖLÇÜLƏRİNİN REFRAKTOMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Abbe refraktometri, Vestfad tərəzisi, piknometr, tərəzi və çəki daşları, tədqiq olunan və etalon meyələr, suçəkən kağız, yumşaq parça.

Qısa nəzəri məlumat

İlk dəfə Lorens - Lorents elektron nəzəriyyəsinə əsasən təmiz mayələrin sıxlığı, sındırma əmsalı və molekulyar çəkiliəri arasında aşağıdakı asılılığın olduğunu müəyyən etmişlər:

$$\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{\mu}{\rho} = R, \quad (64)$$

burada ρ - sıxlıq, n - sındırma əmsalı, μ –molekulyar çəki, R - molekulyar refraksiyadır.

Molekulyar refraksiya - bir qram - molekul maddənin yüksək tezlikli elektromaqnit sahəsində elektron polyarizasiyasını (refraksiyanı) xarakterizə edən kəmiyyətdir.

Təcrübələr göstərir ki, molekulyar refraksiya mayenin temperaturundan, təzyiqindən və onun aqreqat halının dəyişməsindən asılı olmayan sabit kəmiyyət olub, molekulun orta polyarizasiya dərəcəsini göstərir. Digər tərəfdən hesablamalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, molekulyar refraksiya ilə molekulun xətti ölçüləri arasında (xətti ölçü dedikdə əsasən onun radiusu nəzərdə tutulur)

$$R = \frac{4}{3} \alpha n N \quad (65)$$

asılılığı vardır. Burada N - Avogadro ədədi, α - molekulun xətti ölçüsünün kubu ilə ($\alpha = r^3$) ölçülən kəmiyyətdir.

Deyilənləri nəzərə alaraq (64) ifadəsindən molekulun xətti ölçüsü üçün aşağıdakı ifadəni yazmaq olar:

$$r = 10^{-8} \sqrt{\frac{\rho(n^2-1)}{2,54\rho(n^2+2)}} \quad (66)$$

Deməli, maye molekulunun radiusunu tapmaq üçün mayenin sındırma əmsalını (n), sıxlığını (ρ) və molekulyar çəkisini (μ) bilmək lazımdır. Sındırma əmsalını Abbe refraktometri ilə, mayenin sıxlığını Vestfal tərəzisi və ya piknometrlə (mexanika bölməsində 4 - №li və 2№ - li işlərə bax) molekulyar çəkini isə kimyəvi tərkibinə görə əsasən hesablamaq lazımdır. Məsələn, su (H_2O) etil spirti (C_2H_5O) və amil spirtinin ($C_5H_{12}O$) molekul çəkisini kimyəvi tərkibinə görə hesabladıqda uyğun olaraq 18,46 və 88 alınır.

İşin gedişi

1. 13 №-li işdə göstərilən ardıcılıqla Abbe refraktometri vasitəsi ilə tədqiq olunan mayenin sındırma əmsalını (n) təyin etməli.
2. Vestfal tərəzisi və yaxud piknometrlə həmin mayenin sıxlığını təyin etməli.
3. Mayenin kimyəvi tərkibinə görə molekulyar cəkisini hesablamalı (yaxud cədvəldən götürməli).
4. n , ρ və μ üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (66) ifadəsində yazaraq molekulun radiusunu hesablamalı.
5. Təcrübəni eyni qayda ilə 3 - 4 dəfə təkrar edib, molekulun radiusu üçün orta qiymət tapmalı və xətalari hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 8

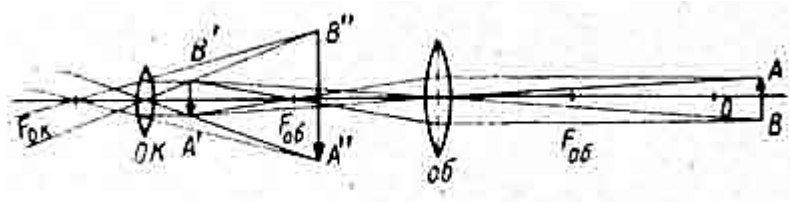
BAXIŞ BORUSUNUN BÖYÜTMƏSİNİN VƏ GÖRÜŞ SAHƏSİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: baxış borusu, ortasında deşiyi olan diafraqma, miqyas xətkəsi, rulet.

Cihazın təsviri və qısa nəzəri məlumat.

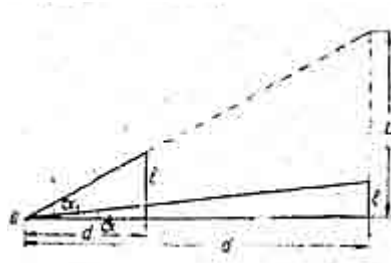
Baxış borusu vasitəsi ilə onun obyektivinin əyrilik mərkəzindən uzaqda yerləşdirilmiş cisimlərin nisbətən böyüdülmüş xəyalını almaq olur. Bu boru iki toplayıcı linza sistemindən əmələ gəlmiş optik cihazdır. Linzalardan biri (cisim tərəfdəki) obyektiv, digəri isə okulyar adlanır. Obyektiv və okulyar eyni metal boruda yerləşir. Müşahidə olunan cisim obyektivin əyrilik mərkəzindən uzaqda olur (şəkil 124)

Məlumdur ki, cisim obyektivin əyrilik mərkəzindən uzaqda olduqda onun xəyalı obyektivin arxasında fokus nöqtəsi ilə əyrilik mərkəzi arasında çevrilmiş, kiçildilmiş və həqiqi alınır. Obyektivə görə alınmış bu kiçik xəyal ($A'B'$) okulyar üçün cisim vəzifəsini görür. Bu xəyal okulyar ilə onun fokus nöqtəsi arasında yerləşdiyinə görə (lupada olduğu kimi) xəyal yenidən okulyar tərəfindən böyüdülmür və $A''B''$ mövhumu xəyalı alınır. Baxış boruları cisimlərin çox böyük xəyalını verə bilmir. Bu boru ilə uzaqda olan cisimlər müşahidə olunduğu üçün onun obyektivi



Şəkil 110.

uzun fokuslu linzalardan hazırlanır. Xəyal nisbətən az böyüdülür və yaxınlaşdırılır. Baxış borusu ilə cismin parlaq xəyalını almaq üçün onun okulyarını boru boyunca hərəkət etdirən dişli çarx (kremalyer) vardır. Bu çarx okulyarın yan tərəfində borunun tərpənməyən hissəsinə bərkidilmişdir.



Şəkil 111.

Böyüdücü optik cihazların (lupa, baxış borusu, mikroskop) subyektiv və xətti olmaqla iki cür böyütməsi vardır. Bu cihazlarla hər hansı cismə baxarkən xəyalın görüş bucağı, həmişə cismin görüş bucağından böyük olur. Xəyalın görüş bucağı tangensinin cismin görüş bucağının tangensinə olan nisbətində cihazın subyektiv böyüməsi, xəyalın xətti ölçüsünün cismin xətti ölçüsünə olan nisbətində isə cihazın xətti böyütməsi deyilir.

Fərz edək ki, baxış borusunda müşahidəçidən (okulyardan) d məsafədə olan l ölçülü cisim böyüdülərək l_1 boyda alınmışlar (şəkil 125). l_1 xəyalının okulyardan olan məsafəsi d_1 , cismin görüş bucağı α , onun xəyalının görüş bucağı α_1 olsun. Onda baxış borusunun subyektiv böyütməsi:

$$G_0 = \frac{\operatorname{tga}_1}{\operatorname{tga}} \quad (67)$$

Şəkildən yazı bilərik:

$$\operatorname{tga} = \frac{l}{d} \text{ və } \operatorname{tga}_1 = \frac{l_1}{d_1}$$

onda

$$G_0 = \frac{l_1 d}{l d_1} \quad (68)$$

l_1 xəyalının cisim müstəvisindəki proyeksiyası, yəni l_1 xəyalından gözə gələn şüaları əks istiqamətdə cisim, müstəvisinə qədər uzatdıqda onun xəyalı, həmin müstəvidə L boyda görünür. Şəkildən göründüyü kimi, L - nin və l_1 -in görüş bucaqları α_1 -dir. Odur ki, $\operatorname{tga}_1 = \frac{L}{d}$ kimi də yazmaq olar. Buna əsasən subyektiv böyütmə aşağıdakı kimi olar:

$$G_0 = \frac{L}{l} \quad (69)$$

Baxış borusunun böyütməsini təcrübi olaraq təyin edərkən cisim əvəzinə hər bir bölgüsünün qiyməti l olan xətkəşdən istifadə olunur. Aydın ki, vahid miqyas

qəbul edilmiş hər l bölgüsünün cisim yerləşdiyi müstəvi üzərindəki proyeksiyasının ölçüsü L olar.

Xətkeşdən elə parça seçmək olar ki, bu parçada vahid miqyas qəbul edilmiş l uzunluğu n dəfə, onun proyeksiyası olan L isə N dəfə yerləşsin. Bu halda:

$$n l = NL (L > l \text{ və } n > N).$$

buradan

$$\frac{L}{l} = \frac{n}{N}$$

Deməli,

$$G_0 = \frac{L}{l} = \frac{n}{N} \quad (70)$$

Bu bərabərlikdən baxış borusunun böyütməsini hesablamaq olar.

İşin gedişi.

1. Miqyas xətkəşini baxış borusunun obyektivindən 3 - 4 m məsafədə şaquli vəziyyətdə yerləşdirərək onun parlaq xəyalını almalı.
2. Bir gözlə baxış borusundan, digər gözlə cihazsız bilavasitə xətkəşə baxmaqla xətkəşi və onun boruda alınan xəyalını eyni vaxtda görməyə çalışmalı. Bu bir qədər çətin olsa da nail olmaq mümkündür.
3. Sonra xəyalın neçə bölgüsünün (N), xətkəşin neçə bölgüsünə (n) uyğun gəldiyini qeyd etməli.
4. N və n üçün müşahidədən tapılan qiymətləri (70) ifadəsində yazaraq, baxış borusunun böyütməsini hesablamaq.
5. Xətkeşlə onun xəyalının uzunluqlarına uyğun gələn digər N və n bölgüləri üçün təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar etməli.
6. Baxış borusunun böyütməsi üçün orta qiymət tapmalı, təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamaq.

Baxış borusunun görüş sahəsinin təyini

1. Baxış borusunu bir neçə metr məsafədə qoyulmuş bölgülü xətkəşə tuşlayaraq, onun parlaq xəyalını almalı.
2. Baxış borusunun görüş sahəsində xətkəşin neçə bölgüsü (n) yerləşdiyini qeyd etməli.
3. Xətkeşdən obyektivə qədər olan məsafəni (S) rulet vasitəsi ilə ölçməli.
4. Baxış borusunun dərəcələrlə ifadə olunan görüş sahəsini (α) aşağıdakı düsturla hesablamaq:

$$\alpha = 57,3 \frac{n}{S}$$

LABORATORİYA İŞİ № 10

OPTİK CİHAZLARIN BÖYÜTMƏSİNİN TƏYİNİ

Çalışma 1. Proyeksiya fənəri və onun böyütməsinin təyini

Ləvazimat: proyeksiya fənəri, diapozitivlər, ekran, millimetr bölgülü xətkəş.

Cihazın təsviri və qısa nəzəri məlumat

Proyeksiya fənəri, müxtəlif cisimlərin və şəkillərin ekran üzərində böyüdülmüş və həqiqi xəyalını almaq üçün işlədilən optik cihazdır. Bu cihazla cisim toplayıcı linzanın fokus nöqtəsi ilə əyrilik mərkəzi arasında yerləşdirilir. Cismin xəyalı isə linzanın arxasında əyrilik mərkəzindən uzaqda, çevrilmiş, böyüdülmüş və həqiqi alınır. Cisim fokus nöqtəsinə yaxın olduqca onun xəyalı əyrilik mərkəzindən bir o qədər uzaqda və böyük alınır. Lakin xəyal tədricən böyüdükcə onun işıqlanması tədricən azadlığından, bu cihazla xəyalın böyüdülməsi müəyyən qiymətə qədər davam etdirilə bilər. Proyeksiya fənərinin böyütməsini iki yolla hesablamaq olar: a) xəyal məsafəsinin cisim məsafəsinə olan nisbəti kimi;

$$G_{np} = \frac{f}{d} \quad (72)$$

burada d - cisim, f isə xəyal məsafəsidir. Cisim obyektivin fəkal müstəvisinə çox yaxın qoyulduğundan cisim məsafəsinə az xəta ilə obyektivin fokus məsafəsinə (F) bərabər götürmək olar. Onda alırıq:

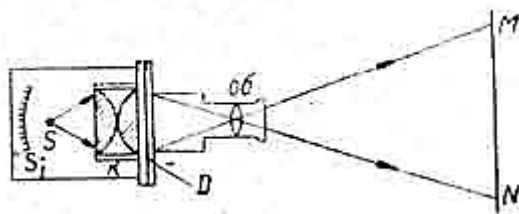
$$G_{np} = \frac{f}{F} \quad (73)$$

b) xəyalın xətti ölçüsünün, cismin xətti ölçüsünə olan nisbəti kimi:

$$G_{np} = \frac{L}{l} \quad (74)$$

burada L - xəyalın, l isə cismin xətti ölçüsüdür. Bu nisbətə optik cihazın xətti böyütməsi deyilir. Praktikada proyeksiya fənərinin böyütməsini (73) ifadəsinə görə tapmaq əlverişlidir.

Proyeksiya fənərinin quruluşu sxematik olaraq 126 - cı şəkildə verilmişdir. Şəkildə S - işıq mənbəyi, K - kondensor, D - diapozitiv (cisim), ob - obyektiv, MN isə ekrandır. Ekranla xəyalın aydın alınması üçün cihazı yaxşı fokusa gətirməklə bərabər, güclü işıq mənbəyindən istifadə etmək lazımdır. Bu məqsədlə elektrik qövsündən, ya da 300 - 500 vt gücü olan xüsusi proyeksiya lampalarından istifadə edilir. Kondensor iki qısa fokuslu müstəvi qabarıq linzadan ibarət olub, S - mənbəyindən gələn şüaları toplayaraq D cisminin üzərinə salır. Işıq mənbəyi kondensor linzasının fokal müstəvisinə elə yaxın qoyulmalıdır ki, kondensor və cisimdən keçən şüalar obyektivin optik mərkəzinə düşsün D cismi (diapozitiv) kondensorla obyektiv arasında,



Şəkil 112.

obyektivin fokal müstəvisinə yaxın qoyulur. Diapozitiv xüsusi çərçivəyə salınaraq cihaza daxil edilir. Cihazın obyektivi onun əsas hissəsi olub, optik ox istiqamətdə hərəkət etdirilə bilər və bu MN ekranında parlaq xəyal alınmasına imkan verir. Bu əməliyyata cihazın fokusa gətirilməsi deyilir. Çox vaxt xəyalın daha parlaq alınması və S mənbəyinin şüa enerjisindən daha səmərəli istifadə edilməsi üçün (F , $\bar{l}$, Θ - nin artması) bu mənbəyin arxa tərəfində çökük güzgü (S_1) qoyulur. Bu güzgü elə yerləşdirilir ki, S mənbəyi onun fokal müstəvisinə düşsün. Bu halda mənbədən arxa tərəfə gedən şüalar, S_1 güzgüsündən paralel qayıdaraq kondensora düşər və D cismi daha parlaq işıqlanır.

Hazırda ən çox işlədilən və təkmilləşdirilmiş proyeksiya fənərləri epidiaskop adlanır. Bununla nəinki şəfəf cisimlərin (diapozitivlərin), hətta qeyri - şəffaf cisimlərin də (məsələn, qrafiklərin, foto - şəkillərin, kitab şəkillərinin və s.) böyüdülmüş xəyalını almaq olur.

İşin gedişi

1. Diapozitivi kondensorla obyektiv arasında yerləşdirməli.
2. Işıq mənbəyi vasitəsi ilə diapozitivi işıqlandırmaqlı.
3. Obyektivi hərəkət etdirməklə cismin ekranda parlaq xəyalını almaqlı.
4. Cisim (diapozitiv) və onun xəyalının uzunluğu ($\bar{l}$ və L) ölçməli.
5. $\bar{l}$ və L - in təcrübədən tapılan qiymətlərini (74) ifadəsində yerinə yazaraq, cihazın G_{np} böyütməsini hesablamalı.
6. Təcrübəni müxtəlif diapozitivlər üçün təkrar edərək, cihazın böyütməsini 4 - 5 dəfə tapmalı.
7. Proyeksiya fənərinin böyütməsi üçün orta qiymət tapmalı. Təcrübənin mütləq və nisbi xətaqlarını hesablamalı.
8. Cihazın böyütməsi üçün tapılan qiymətin nə dərəcədə doğru olduğunu müəyyən etmək üçün G_{pr} -ni (73) ifadəsinə görə də hesablamaqlı lazımdır. Bunun üçün obyektivin fokus məsafəsini (F) cədvəldən götürərək obyektivlə ekran arasındakı xəyal məsafəsini (f) bilavasitə ölçməqlı lazımdır.
9. (73) və (74) ifadəsinə görə tapılmış böyütmələrin qiymətcə yaxın alınması təcrübənin dəqiqliyi göstərir.

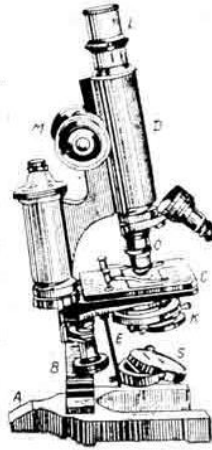
Çalışma 2. Mikroskopun böyütməsinin təyini

Ləvazimat: mikroskop, mikrometrik şkala, ştativ, stolüstü lampa, yarımşəffaf şüşə lövhə, millimetr bölgülü xətkəş və ya rulet.

Cihazın təsviri və qısa nəzəri məlumat

Müşahidə olunan cisim üzərində bir - birinə yaxın iki nöqtəni közünlə optik mərkəzi ilə birləşdirən düz xətlər arasında qalan bucaq (görmə bucağı) bir dəqiqədən böyük olduqda bu nöqtələri göz ayırd edə bilər. Cisimlə göz arasındakı məsafə tədricən kiçildikdə görmə bucağı artır və cisim üzərindəki həmin nöqtələr daha yaxşı ayırd edilir. Lakin bu məsafənin elə qiyməti vardır ki, cisim həmin məsafədə ən aydın görünür.

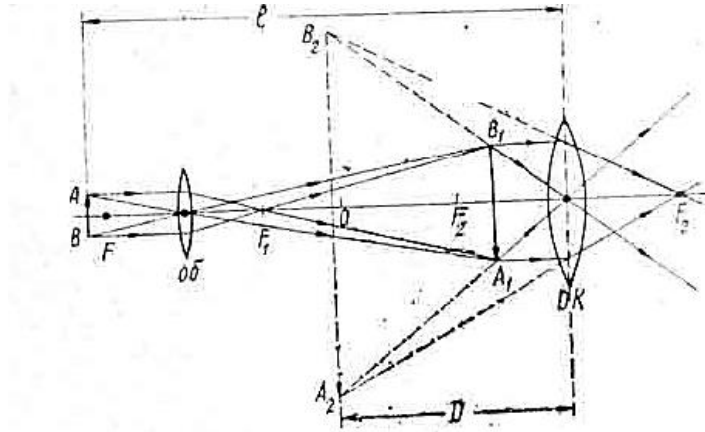
Çox kiçik cisimlərə gözlə baxarkən görmə bucağı çox kiçik olduğundan onları aydın görmək qeyri mümkün olur və suni olaraq görmə bucağını böyütmək lazım gəlir. Bu məqsədlə mikroskopdan istifadə olunur. Tədris və tədqiqat laboratoriyalarında geniş istifadə olunan mikroskoplar cismi 2000 dəfəyə qədər böyüdə bilər. Lakin hazırda 25 - 30 A^0 xətti ölçüyə malik ($1 A^0 = 10^{-8} \text{ sm}$ – dir) olan cisimləri görməyə imkan verən elektron mikroskopları da vardır. SSRİ – də ilk elektron mikroskopu akademik A. A. Lebedevin rəhbəliyi altında qurulmuşdur. İndi isə geniş tətbiq olunan optik mikroskopun böyütməsini öyrənərək.



Şəkil 113.

Mikroskop cisimlərin böyüdülmüş xəyalını almaq üçün işlədilən optik cihazdır. Bu cihaz mexaniki və optik hissələrdən ibarətdir. (şəkil 127). Mexaniki hissə ştativdən (buraya **A** oturacağı, **B** qolu və **C** cisim skamyası daxildir), **D** tubusundan və skamya altındakı **S** güzgüsünü istiqamətləndirən **E** dayağından ibarətdir. Optik hissə isə cihazın tubusunu işıqlandıran **S** güzgüsü ilə **K** kondensorundan, **O** obyektivi və **L** okulyarından ibarətdir. Obyektiv və okulyar linzalar sistemindən təşkil edilmişdir.

Okulyar tubusun müşahidəçi, obyektiv isə cisim tərəfində yerləşir. Okulyar uzun fokuslu, obyektiv isə qısa fokusludur.



Şəkil 114.

Mikroskopda AB cismi onun obyektivinin fokus məsafəsindən azca uzaqda yerləşdirilir (şəkil 128). Bu halda cismin $A_1 B_1$ xəyalı obyektivin arxasında, əyrilik mərkəzindən uzaqda, çevrilmiş, böyüdülmüş və həqiqi alınır. Bu xəyal okulyar üçün cisim rolu oynayır (lupada olduğu kimi) və okulyarın fokus nöqtəsi ilə optik mərkəzi arasında (fokus nöqtəsinə yaxın) alınır. $A_1 B_1$ xəyalı okulyar tərəfindən ikinci dəfə böyüdülərək onun $A_2 B_2$ mövhumu xəyalı alınır. Nəticədə AB cisminin həm obyektiv, həm də okulyar tərəfindən böyüdülmüş xəyalı alınır. Onda mikroskopun xətti böyütməsi:

$$G_M = \frac{A_2 B_2}{AB}, \quad (75)$$

burada $A_2 B_2$ - xəyalın, AB isə cismin xətti ölçüləridir. Son ifadənin surət və məxrəcini $A_1 B_1$ -yə vuraq:

$$G_M = \frac{A_1 B_1}{AB} \cdot \frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} = g_{ob} \cdot g_{ok} \quad (76)$$

burada $\frac{A_1 B_1}{AB} = g_{ob}$ - obyektivin, $\frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} = g_{ok}$ okulyarın böyütməsidir. Deməli, mikroskopun böyütməsi obyektiv ilə okulyarın böyütmələri hasilinə bərabərdir. Şəkildən üçbucaqların oxşarlığından yazmaq olar:

$$g_{ob} = \frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{f_1}{F_{ob}},$$

$$g_{ok} = \frac{A_2 B_2}{A_1 B_1} = \frac{f_2}{F_{ok}},$$

burada f_1 - obyektivdən $A_1 B_1$ xəyalına, f_2 isə okulyardan $A_2 B_2$ xəyalına qədər olan məsafə, F_{ob} və F_{ok} obyektiv və okulyarın fokus məsafələridir. Cisimlər (AB və $A_1 B_1$) linzaların fokus nöqtələrinə çox yaxın olduqlarından az xəta ilə cisim məsafələri uyğun fokus məsafələri ilə əvəz edilmişdir. f_2 məsafəsi yaxşı görmə məsafəsidir (D) - onda

$$g_{ob} = \frac{f_1}{F_{ob}}$$

$$g_{ok} = \frac{D}{F_{ok}}$$

Mikroskopun xətti böyütməsi:

$$G_M = \frac{Df}{F_{ob} \cdot F_{ok}} \quad (77)$$

Mikroskopun subyektiv böyütməsi isə:

$$G_M^I = \frac{tg \alpha_1}{tg \alpha},$$

burada α_1 - xəyalın, α isə cismin görünmə bucaqlarıdır. 128 - ci şəklə əsasən

$$tg \alpha_1 = \frac{A_2 B_2}{2D},$$

$$tg \alpha = \frac{AB}{2l},$$

burada l - cisimdən okulyara qədər olan məsafədir. Onda mikroskopun subyektiv böyütməsi

$$G_M^I = \frac{A_2 B_2}{AB} \frac{l}{D}$$

yaxud (75) - i nəzərə alsaq

$$G_M^I = G_M \frac{l}{D} \quad (78)$$

(78) düsturu mikroskopun xətti böyütməsi ilə subyektiv böyütməsi arasında əlaqə yaradır.

İşin gedişi

1. (76) ifadəsinə görə xətti böyütməni tapmaq üçün mikrometrlə cismin xətti ölçüsünü (AB) təyin etməli.
2. Diametri yüzdə bir millimetr dəqiqliklə ölçülmüş nazık teli və ya 0,01 mm bölgülərə malik şüşə lövhəni mikroskopun skamyası üzərində yerləşdirib, onun parlaq xəyalını almalı.
3. Mikroskopun yan tərəfində, onun oxundan ən yaxşı görmə məsafəsində millimetr bölgülü xətkəsi ştativə şaquli vəziyyətdə bərkitməli.
4. Mikroskopun okulyarına cihazın oxu 45^0 bucaq əmələ gətirən şüşə lövhəni elə qoymalı ki, müşahidəçi cismin və kənardakı xətkəşin bir - birini perpendikulyar kəsən xəyallarını aydın görə bilsin.
5. Bu halda cismin böyüdülmüş xəyalının ($A_2 B_2$) xətkəş üzərində neçə bölgüyə uyğun gəldiyini qeyd etməli.
6. $A_2 B_2$ və AB üçün tapılan qiymətləri (75) ifadəsində yazıb cihazın xətti böyütməsini hesablamalı.
7. Mikroskopun böyütməsi üçün tapılan qiyməti obyektiv və okulyar üzərində qeyd olunmuş böyütmələrin hasili ilə (76 - cı düstura bax.) müqayisə etməli.
8. Mikroskopun subyektiv böyütməsini tapaq.

Qeyd edildiyi kimi müşahidə olunan şüşə lövhənin səthi 0,01 mm ölçülü bölgülərə malikdir. Tubus içərisində xətkəş bölükləri ilə şüşə lövhənin xəyalındakı bölgülər müqayisə edilərkən şüşənin xəyalındakı N_2 sayda tam bölgünün xətkəşdə N_1 sayda bölgüyə uyğun gəldiyini qəbul etsək və şüşə lövhənin bir bölgüsü $\beta_2 \text{ mm}$ - ə, xətkəşin bir bölgüsü isə $\beta_1 \text{ mm}$ -ə bərabərdisə, onda $N_2 \beta_2$ və $N_1 \beta_1$ alarıq (bu işdə $\beta_2 = 0,01 \text{ mm}, \beta_1 = 1 \text{ mm} - \text{dir}$). Onda mikroskopun subyektiv böyütməsi

$$G_M^I = \frac{N_1 \beta_1}{N_2 \beta_2} = \frac{N_1}{N_2} 100 \quad (79)$$

Demək təcrübə zamanı tubus içərisində şüşə lövhənin xəyalındakı N_2 sayda bölgünü və xətkəşdə buna uyğun gələn N_1 sayda bölgünü bilməklə (79) ifadəsinə əsasən subyektiv böyütməni hesablamaq olar.

LABORATORİYA İŞİ № 11

MƏHLULUN KONSENTRASIYASININ DAİRƏVİ POLYARİMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

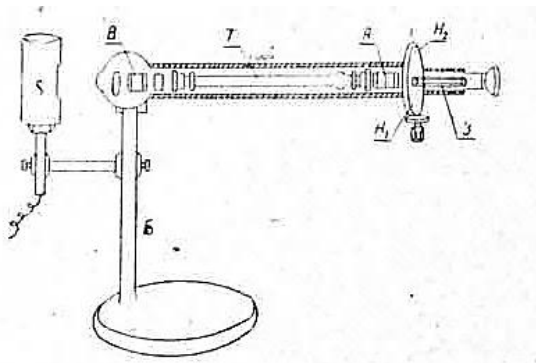
Ləvazimat: dairəvi polyarimetr, konsentrasiyaları müxtəlif olan optik - aktiv məhlullar, təmiz su, yumşaq parça, millimetr bölgülü xətkəş.

Cihazın təsviri və qısa nəzəri məlumat

Dairəvi polyarimetrdən, şəffaf optik - aktiv məhlulların işığın polarizasiya müstəvisini fırlatmasına əsasən həmin məhlulun konsentrasiyasını təyin etmək üçün istifadə olunur.

Cihaz, analizator (*A*), pelyarizator (*B*), işıq mənbəyi (*S*), ştativ (*B*), və məhlulu doldurmaq üçün şüşə borudan (*T*) ibarətdir (şəkil 129). Analizatorun başlığında tərpənməyən dairəvi limb (*Q*) vardır. Limbin üzəri 360° - yə bölünmüşdür. Limbin diametri boyunca hər birinin 20 bölgüsü olan iki noniusu (H_1 və H_2) vardır. Bunun hər bölgüsü $0,05^\circ$ - dir. Limb və noniusların köməyi ilə optik aktiv maddənin şüanın polarizasiya müstəvisini nə qədər fırlatdığını müəyyən etmək olar. Bundan başqa analizator başlığında baxış borusu (3) vardır. Bu boru obyektiv və okulyardan ibarət olub, üç hissəyə ayrılmış görüş sahəsini (ekranı) müşahidə etmək üçündür. Tədqiq olunacaq aktiv maye şüşə boruya doldurulur və analizatorla pelyarizator arasındakı metal boruya yerləşdirilərək qapaqla örtülür. *S* mənbəyindən gələn şüalar kondensordan, pelyarizatordan, mayedən və analizatordan keçərək ekrana düşür. Tədqiq olunan mayenin aktivlik dərəcəsi, konsentrasiyası və polarizasiya

müstəvisini fırlatma bucağı üç hissəyə ayrılmış ekranın bərabər işıqlandırılmasına əsasən tapılır.



Şəkil 115.

Əvvəlcə cihazı başlanğıc vəziyyətə gətirmək lazımdır. Bunun üçün şüşə borunu cihazdan çıxarmaqla baxış borusunu elə yönəltmək lazımdır ki, üç hissəyə ayrılmış ekranın sərhəd xətləri aydın görünsün. Sonra limbin aşağısındakı kiçik vintlə analizatoru tədricən fırladaraq, görüş sahəsində ekranın üç hissəsinin bərabər işıqlanmasını əldə etməli. Bu halı 4 - 5 dəfə təkrar edərək hər dəfə roniusun göstərişini yazmaqla orta qiymət tapmalı. Bu hal cihazın başlanğıc vəziyyətini xarakterizə edəcəkdir. Başlanğıc vəziyyətində olan cihazın analizatoru ilə polyarizatoru arasına şüşə borudakı aktiv maddəni yerləşdirdikdə ekranın bərabər işıqlanması pozulur. Yenidən limbin altındakı vintlə analizatoru fırlatmaqla ekranın bərabər işıqlanmasına nail olmaq lazımdır. Analizatorun döndüyü bucaq tədqiq olunan aktiv maddənin işığın polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağı olur. Deməli, noniusun aktiv maddənin olduğu və olmadığı hallara uyğun iki göstərişinin fərqi bu maddənin polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağına bərabər olur.

Fərz edək ki, həll olan aktiv maddə miqdarı p , həlledicinin miqdarı q , məhlulun sıxlığı d - dir. Onda bu məhlulun 100 sm^3 həcmindəki həll olan maddənin miqdarı (konsentrasiyası)

$$C = \frac{100 p}{p + q} d \quad (80)$$

düsturu ilə müəyyən olunur. Bu məhlul ilə uzunluğu L (desimetrlərlə ifadə olunmuş) olan borunu doldurub, cihaza yerləşdirdikdə ekranın bərabər işıqlanması üçün analizatorun $\alpha_D^{20^\circ}$ bucağı qədər döndüyünü qəbul etsək, bu bucaq

$$\alpha_D^{20^\circ} = |\alpha|_D^{20^\circ} \frac{p}{p + q} dL = |\alpha|_D^{20^\circ} \frac{LC}{100} \quad (81)$$

düsturu ilə hesablanır.

Burada $|\alpha|_D^{20^\circ}$ polyarizasiya müstəvisinin xüsusi fırlanmasıdır. 20°C - də həcmi 100 sm^3 olan məhlulda həll olunan maddə miqdarı 100 qram olduqda belə məhlulun bir desimetr qalınlığının polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağına xüsusi fırlatma deyilir. Fırlatma bucağının indeksindəki D hərfi bu bucağın natrium alovunun D

xəttinə görə hesablandığını göstərir. (81) ifadəsindən konsentrasiya aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$C = \frac{100\alpha_D^{20}}{|\alpha|_D^{20} L} = k\alpha_D^{20}, \quad (82)$$

burada k - mütənəsiblik əmsalı olub,

$$k = \frac{100}{L|\alpha|_D^{20}} \quad (83)$$

ifadəsindən hesablanır. Göründüyü kimi k təcrübə borusunun uzunluğundan və məhlulun polyarizasiya müstəvisini xüsusi fırlatmasından asılıdır. Odur ki, müəyyən məhlul üçün L və $|\alpha|_D^{20}$ -ni elə seçmək olar ki, $k=1$ olsun. Məsələn, şəkər məhlulu üçün $L = 1,9009 \text{ dm}$, $|\alpha|_D^{20} = 52,6^0$ götürüldükdə $k=1$ alınır. Bu halda (82) ifadəsindən göründüyü kimi, məhlulun konsentrasiyası qiymətə onun polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağı ilə təyin olunur. Deməli, hər hansı məhlul üçün $k=1$ seçmək mümkün olsa, konsentrasiyanı tapmaq asanlaşar. Lakin ölçüləcək müxtəlif məhlullar üçün $k=1$ seçilməsi borunun müvafiq uzunluğunun seçilməsi ilə əlaqədar olduğundan, bu üsul həmişə əlverişli olmur. Odur ki, konsentrasiyanı tapmaq üçün qrafik üsuldan istifadə olunur. Əvvəlcə konsentrasiyaları məlum olan bir neçə məhlulun polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucaqları ölçülür. Sonra isə konsentrasiya (C) ilə polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucaqları α_D^{20} arasındakı asılılığın qrafiki qurulur. Təcrübə zamanı tədqiq olunan məhlulun polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağını ölçərək, qrafikdən buna uyğun konsentrasiyanı tapırlar.

İşin gedişi.

1. Polyarimetri başlanğıc vəziyyətə gətirib, noniusun limb üzrə göstərişini qeyd etməli.
2. Əvvəlcə boruya konsentrasiyaları məlum olan məhlullardan növbə ilə doldurub analizatorla polyarizator arasında yerləşdirməli.
3. Hər dəfə limb vintinin köməyi ilə ekranın bərabər işıqlanmasına nail olub, nonius göstərişlərini qeyd etməli.
4. Noniusun başlanğıc və son göstərişlərinin fərqinə görə hər məhlulun işığın polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağını tapmalı.
5. Məhlulların polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucaqları ilə həmin məhlulların məlum konsentrasiyaları arasındakı asılılığı əks etdirən qrafiki qurmalı.
6. Boruya yenidən tədqiq olunan məhlul doldurmalı və borunun xarici səthini təmiz silib analizatorla polyarizator arasında yerləşdirməli.
7. Yenidən limbin altındakı vintin köməyi ilə ekranda hər üç hissəsinin bərabər işıqlanmasına nail olmalı. Bu hal üçün noniusun göstərişini qeyd etməli.
8. Noniusun iki göstərişinin fərqinə görə məhlulun polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağını tapmalı .

9. Bucağın bu qiymətinə uyğun konsentrasiyanı dərəcələnmə qrafikindən tapmalı.
10. Əgər məhlulun xüsusi fırlatma bucağı $|\alpha|_D^{20^\circ}$ məlum olarsa, təcrübə borusunun desimetrlərlə ifadə olunmuş uzunluğu (L) ölçərək, (82) ifadəsindən məhlulun konsentrasiyasını hesablamaq olar.
11. Eyni məhlul üçün təcrübəni üç dəfə təkrar edərək, konsentrasiya üçün orta qiymət tapmalı və təcrübənin mütləq, nisbi xətlərini hesablamaq olar.

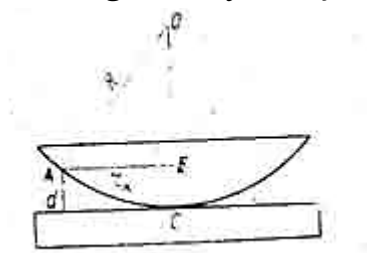
LABORATORİYA İŞİ № 12

IŞIĞIN DALĞA UZUNLUĞUNUN VƏ LİNZANIN ƏYRİLİK RADIUSUNUN NYUTON HALQALARI VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: müstəvi - qabarıq linza, şüşə lövhə, monoxromatik işıq mənbəyi (natrium alovu), xətkəş və sferometr.

Qısa nəzəri məlumat

Əyrilik radiusu çox böyük olan (bir neçə metr) müstəvi qabarıq linza, qabarıq üzü ilə paralel üzlü şüşə lövhənin üzərinə qoyularsa, linza ilə müstəvi lövhə arasında nazik paz şəkində hava təbəqəsi qalar (şəkil 131). Linza üzərinə perpendikulyar istiqamətdə monoxromatik şüa düşdükdə, hava təbəqəsinin üst və alt səthlərindən qayıdan şüalar görüşərkən interferensiya mənzərəsi verir. Eyni yollar fərqinə müvafiq nöqtələrin həndəsi yeri, mərkəzləri müstəvi lövhə ilə linzanın toxunma nöqtəsində olan konsentrik çevrələr olur. İstər qayıdan və istərsə də keçən şüaların interferensiyası nəticəsində mərkəzləri linzanın müstəvi lövhəyə toxunduğu nöqtədə olan konsentrik çevrələr üzrə işıqlı və qaranlıq zolaqlar alınır (bərabər qalınlığın interferensiya zolaqları). Bu zolaqlara Nyuton halqaları deyilir. Sistem üzərinə ağ işıq düşərsə, onda Nyuton halqaları əlvan rənglərə boyanmış zolaqlardan ibarət olur.



Şəkil 116.

Hava təbəqəsinin alt səthindən qayıdan şüalar optik sıxlığı çox olan şüşə mühitindən qayıtdığı üçün yarım dalğa itkisi baş verdiyindən hava qatının alt və üst səthlərindən qayıdan şüaların yolları fərqi $\frac{\lambda}{2}$ əlavə olunur. Bu səbəbdən də qayıdan şüaların verdiyi interferensiya mənzərəsində mərkəzdə qaranlıq zolaq alınır. Sistemdən qayıdan şüalar kimi ondan keçən şüalar da interferensiya verir.

Linzadan keçən şüalara baxdıqda mərkəzdə işıqlı, onun ətrafında qaranlıq və işıqlı Nyuton halqaları görünür. Beləliklə, sistemdən qayıdan şüaların hər bir işıqlı zolağına, ondan keçən şüaların qaranlıq zolağı uyğun gəlir. İnterferensiya hadisəsindən məlumdur ki, görüşən şüaların yollar fərqi (Δ) yarımdalğaların cüt sayına bərabər olduqda, yəni

$$\Delta = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (87)$$

($k = 0, 1, 2, 3, \dots$) dalğalar bir birini gücləndirir, yəni amplitudlar toplanaraq maksimum (ışıqlı zolaq) alınır. İnterferensiya verən şüaların yollar fərqi yarımdalğaların tək sayına bərabər olduqda isə, yəni

$$\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (88)$$

qaranlıq zolaq alınır.

İndi də paz şəkilli hava təbəqəsinin eyni qalınlıqlı nöqtələrdə üst və alt səthlərindən qayıdan şüaların yollar fərqi tapaq. 131 - ci şəkildən görüldüyü kimi, hava təbəqəsinin bərabər qalınlıqlarını birləşdirən çevrə boyunca, onun birinci və ikinci üzlərindən qayıdan şüaların yollar fərqi, paralel üzlü lövhələrdə interferensiya hadisəsinə əsasən hava təbəqəsi qalınlığının iki mislinə bərabər olar. Hava təbəqəsinin qalınlığını d ilə işarə etsək yazarıq:

$$\Delta = 2d$$

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, dalğa hava təbəqəsinin birinci üzündən (şüşə - hava sərhədindən) qayıdarkən heç bir faza dəyişməsi vermədiyi halda, ikinci üzdən (hava - şüşə sərhədindən) qayıdarkən π faza dəyişməsi verir. Fazanın π qədər dəyişməsi dalğa uzunluğunun yarısına bərabər yollar fərqinə uyğundur. Bunu nəzərə aldıqda birinci və ikinci üzdən qayıdan şüaların yollar fərqi

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} \quad (90)$$

olar (kontakt nöqtəsində $d \ll \lambda$ olduğundan $\Delta \frac{\lambda}{2}$ olur).

Hava təbəqəsinin d qalınlığını şəkildən tapaq:

$$R^2 = r_k^2 + (R - d)^2$$

və yaxud

$$r_k^2 = (2R - d) d = 2Rd - d^2$$

Burada R - linzanın əyrilik radiusu, r_k isə k - cı Nyuton halqasının radiusudur. R və r_k - ya nisbətən d çox kiçik olduğundan d^2 -ni nəzərə almamaq olar. Onda son ifadəni

$$r_k^2 = 2 R d$$

kimi yazmaq olar; buradan

$$d = \frac{r_k^2}{2R} \quad (91)$$

d - nin qiyməti (90) - da yerinə yazılırsa, yollar fərqi

$$\Delta = \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} \quad (92)$$

Qayıdan şüalar üçün (92) ifadəsi ilə tapılan yollar fərqi $2k \frac{\lambda}{2}$ - yə bərabər olduqda maksimum (ışıqlı) $(2k + 1) \frac{\lambda}{2}$ - yə bərabər olduqda isə minimum (qaranlıq) zolaqlar (Nyuton halqaları) alınacaqdır. Deyilənlərə görə ışıqlı zolaq üçün

$$\frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2} \quad (93)$$

qaranlıq zolaq üçün

$$\frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (94)$$

alınar.

(93) - dən k - cı ışıqlı zolağın radiusu

$$r_k = \sqrt{\left(k - \frac{1}{2}\right) R \lambda} \quad , \quad (95)$$

(94) - dən isə k - cı qaranlıq zolağın radiusu

$$r_k = \sqrt{k R \lambda} \quad (96)$$

Təcrübə zamanı linzanın əyrilik radiusu məlum olduqda zolağın radiusunu (r_k) bilavasitə ölçməklə düşən işığın dalğa uzunluğunu və ya əksinə, monoxromatik işıq üçün dalğa uzunluğu məlum olduqda (natrium alovu üçün $\lambda = 589 \text{ m}\mu$) linzanın əyrilik radiusunu (R) hesablamaq olar. R və λ - ni daha asan tapmaq üçün ixtiyari iki halqanın (ışıqlı və ya qaranlıq) radiusunu ölçmək lazımdır. K - ci və n - ci ışıqlı zolaqların radiusları uyğun olaraq r_k və r_n olsun. Onda (95) ifadəsi bu zolaqlar üçün

$$r_k = \sqrt{\left(k - \frac{1}{2}\right) R \lambda} \quad \text{və} \quad r_n = \sqrt{\left(n - \frac{1}{2}\right) R \lambda}$$

olar. Bu iki ifadəni kvadrata yüksəldilib, tərəf - tərəfə çıxaraq:

$$\lambda = \frac{r_k^2 - r_n^2}{(k - n)R} = \frac{(r_k + r_n)(r_k - r_n)}{(k - n)R} \quad (97)$$

Qaranlıq zolaqların ixtiyari ikisi üçün (96) ifadəsini yazıb, eyni yolla λ - nı tapdıqda yenə (97) ifadəsi alınır. Bu ifadə ilə ixtiyari rəngin dalğa uzunluğunu tapmaq olar.

İşin gedişi

1. Dalğa uzunluğu 589 nm olan natrium alovu ilə sistemi işıqlandırılmalı natrium alovu almaq üçün sadəcə olaraq xörək duzunu spirt lampasında közərtmək lazımdır.
2. Qayıdan və ya keçən şüalara görə alınmış Nyuton halqalarının ixtiyarı iki (k və n nömrəli) zolağının r_k və r_n radiuslarını ölçməli.
3. Natrium alovu üçün λ məlum olduğundan k , n , r_k və r_n üçün tapılan qiymətləri (97) ifadəsində yerinə yazaraq, linzanın R əyrilik radiusunu hesablamalı.
4. Təcrübəni başqa işıqlı zolaqlar üçün də təkrar edərək R üçün orta qiymət tapmalı.
5. Sonra linzanın əyrilik radiusunu məlum hesab edərək, ixtiyari işıq mənbəyinin qarşısına filtr (rəngli şüşə) qoymaqla monoxromatik şüaların dalğa uzunluğunu təyin etməli.
6. Müxtəlif zolaqlar üçün təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edərək, k üçün orta qiymət tapmalı.
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 13

ŞƏKƏR MƏHLULUNUN KONSENTRASIYASININ VƏ XÜSUSİ FIRLATMA BUCAĞININ SAXARİMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: saxarimetr, müxtəlif konsentrasiyalı şəkər məhlulları, işıq mənbəyi, təmiz su, təmiz parça.

Qısa nəzəri məlumat

İşığın dalğa nəzəriyyəsinə görə işıq eninə elektromaqnit dalğalarıdır. İşığın elektrik və maqnit vektorları şüanın yayılma istiqamətinə perpendikulyar olmaqla, bir-birinə perpendikulyar müstəvilər üzərində rəqs edirlər. Təbii şüada rəqslər bu şüadan keçən bütün müstəvilər üzərində olur. Belə şüanı bəzi kristal və məhlullardan keçirdikdən sonra onun rəqslərinin bir müstəvi üzərində olduğu müşahidə olunur. Bunun əsas səbəbi, işığın keçdiyi maddənin (kristal və yaxud məhlul) quruluşundan asılı olaraq yalnız bir müstəvi üzərində olan elektrik rəqslərinin keçməsidir. Qalan müstəvilərdəki rəqslər isə udulur. Bu hadisəyə işığın polyarizasiyası (p o l y a r i z a s i y a s ı) deyilir.

Müstəvi polarizalanmış şüa bəzi kristallardan keçərkən onun elektrik vektorunun rəqs müstəvisi müəyyən α bucağı qədər dönür. Bu hadisəyə polarizasiya müstəvisinin fırlanması, belə kristallara isə optik - aktiv maddələr deyilir.

Optik - aktiv maddələr polarizasiya müstəvisini müxtəlif istiqamətdə fırlada bilər. Polarizasiya müstəvisini saat əqrəbi hərəkəti istiqamətində fırladan maddə müsbət, əks istiqamətdə fırladan maddə isə mənfi fəal maddə adlanır.

Belə kristallara çox vaxt sağ və sol fırlanma verən aktiv maddələr də deyilir. Elə kristallar da vardır ki, (məsələn, kvars) onların müxtəlif kəsikləri polarizasiya müstəvisini müxtəlif istiqamətdə fırlada bilər.

Optik fəal məhlullarda polarizasiya müstəvisinin fırlanma bucağı (α) məhlulun konsentrasiyası (C), şüanın məhlulda getdiyi yolun uzunluğu (l) (uzunluq desimetrlərlə ölçülür) və məhlulun sıxlığı (p) ilə mütənasibdir:

$$\alpha = [\alpha] l C p \quad (98)$$

burada $[\alpha]$ - aktiv məhlulun polarizasiya müstəvisini xüsusi fırlatması adlanır.

Məlumdur ki, məhlulun konsentrasiyası həll olan maddə miqdarının məhlulun ümumi miqdarına olan nisbəti ilə ölçülən kəmiyyətdir:

$$C = \frac{m_1}{m} \quad (99)$$

burada m_1 - həll olunan maddənin, m isə məhlulun qramlarla miqdarıdır. Digər tərəfdən sıxlıq

$$p = \frac{m}{V} \quad (100)$$

kimi hesablanır. Burada m - məhlulun qramlarla miqdarı, V isə onun həcmidir. (99) və (100) ifadələrindən alırıq:

$$C_p = \frac{m_1}{V} = C^1$$

burada C^1 - məhlulun vahid həcmində həll olan maddənin miqdarıdır. p C - nin qiymətini (98) - də yerinə yazdıqda alırıq:

$$\alpha = [\alpha] l C^1$$

buradan $[\alpha]$ - nı tapaq:

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{l C^1} \quad (101)$$

Vahid konsentrasiyalı (yəni 1 sm^3 həcmdə bir qram aktiv maddə həll olunan) məhlulun bir desimetr qalınlığının polarizasiya müstəvisini fırlatma bucağına xüsusi fırlatma bucağı deyilir. Adətən - məhluldan 1 sm^3 həcm əvəzinə 100 sm^3 götürülür. Bu halda (101) - aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$[\alpha] = \frac{100\alpha}{l C^1} \quad (102)$$

Məhlulun $[\alpha]$ xüsusi fırlatma bucağını tapmaq üçün konsentrasiyası məlum olan l qalınlıqda məhlul götürüb, saxarimetr vasitəsi ilə polarizasiya müstəvisini fırlatma

bucağını (α) tapmaq lazımdır. Qoyulmuş şərtlər daxilində C^1 və l məlum olduqda α - nın

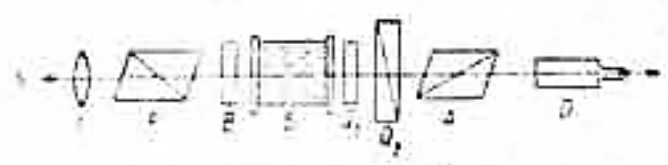
$$\alpha = 0,34657 x \quad (103)$$

ifadəsindən hesablandığını nəzərə alsaq, (102) ifadəsindən hesablandığını nəzərə alsaq, (102) ifadəsindən aktiv məhlulun xüsusi fırlatma bucağını tapmaq olar. (103) ifadəsindəki x - polyarizasiya müstəvisinin fırlanmasına uyğun olan və saxarimetr şkalasından götürülən ədəddir.

Məhlulun konsentrasiyasını (C^1) tapmaq üçün isə bir neçə məlum konsentrasiyalı məhlulların polyarizasiya müstəvisini, fırlatma bucaqlarını saxarimetr vasitəsi ilə tapıb, konsentrasiya ilə fırlatma bucaqları (α) arasındakı asılılığı əks etdirən qrafiki qurmaq lazımdır. Sonra (103) ifadəsinə əsasən yuxarıda göstərilən qayda ilə məchul konsentrasiyalı məhlulun polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağını tapıb, buna uyğun konsentrasiyasını qrafikdən tapmaq olar.

Cihazın təsviri

Saxarimetr polyarimetrlərin bir növü olub, geniş tətbiq olunan optik cihazdır. Bununla məhlulun (α) xüsusi fırlatma bucağını və onun konsentrasiyasını (C^1) tapmaq olur. 117-ci şəkildə saxarimetrin quruluş sxemi verilmişdir.



Şəkil 117.

İşıq mənbəyi (S) toplayıcı linzanın (L) fokusunda yerləşdirilmişdir. Linzadan paralel çıxan şüalar polyarizatorndan (P) keçərək, onun baş kəsiyinə perpendikulyar olan müstəvi üzrə polyarizalanır. Polyarizalanmış şüa bikvars lövhədən (B) keçərək, B borusundakı şəkər məhluluna düşür. Optik - aktiv məhluldan çıxan şüaların polyarizasiya müstəvisi müəyyən bucaq qədər dönür və sonra Q_1 və Q_2 kompensatorlarına, daha sonra A analizatoru üzərinə düşərək oradan O baxış borusuna daxil olur. Bikvars lövhə, qalınlığı $3,75 \text{ mm}$ olan və diametri boyunca bir - birinə yapışdırılmış iki yarımdairəvi kvars lövhədən ibarətdir. Bunlardan biri sağ, digəri sol fırlanma verir. Odur ki, polyarizatorndan çıxan şüa bikvars lövhəyə (B) düşdükdə lövhənin bir hissəsi sağ, digər hissəsi sol fırlatma verdiyindən B borusu, Q_1 və Q_2 kompensatorları olmadığı halda görüş sahəsindəki ekranın hər iki yarımdairəsini

bərabər işıqlandırır. Ölçü borusunda şəkər məhlulu olduqda isə O, bikvars lövhədən çıxan şüanın polyarizasiya müstəvisini müəyyən bucaq qədər döndərir və ekranda sahənin bərabər işıqlanması pozulur. Yenidən ekranın bərabər işıqlanmasını almaq üçün Q_1 və Q_2 kompensatorlarından istifadə olunur. Q_1 - in qalınlığı sabit qalır. C_2 - nin qalınlığını tədricən dəyişdirməklə ekranın bərabər işıqlanmasına nail olmaq olur. C_2 kvars lövhəsi qalınlığının dəyişməsi polyarizasiya müstəvisinin məhlul tərəfindən döndərildiyi bucağa uyğundur. Onu dərəcələnməmiş şkaladan tapmaq olur.

İşin gedişi.

1. Saxarimetmə məhlul doldurulmuş ölçü borusunu yerləşdirməmiş analizatoru fırlatmaqla görüş sahəsindəki ekranın hər iki yarım dairələrinin bərabər işıqlanmasını (və ya tam qaranlıq halını) əldə etməli. Görüş sahəsindəki dairəvi ekran ortadan bir xətlə iki yarım dairəyə ayrılmış olur) Bu vəziyyətə uyğun noniusun şkala üzərindəki göstərişini qeyd etməli. Bu saxarimetren başlanğıc vəziyyəti adlanır.
2. Bir neçə məlum konsentrasiyalı şəkər məhlullarını növbə ilə ölçü borusuna doldurub cihaza yerləşdirməli. Bu halların hər birində görüş sahəsindəki ekranın bərabər işıqlanması pozulacaqdır. Analizatorun köməyi ilə yenidən ekranın bərabər işıqlanmasını əldə etməli. Hər məhlul üçün şkaladan bu vəziyyətə uyğun x ədədini tapıb, (103) ifadəsinə əsasən məhlulların polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucaqlarını (α) tapmalı.
3. Məhlulların məlum konsentrasiyaları ilə ona uyğun təcrübədən tapılan α fırlatma bucaqları arasındakı asılılığı əks etdirən qrafiki qurmalı.
4. Ölçü borusunu boşaldıb, təmiz su ilə yuyub qurutmalı və yenidən tədqiq olunan şəkər məhlulu ilə doldurub, cihaza yerləşdirməli.
5. Əvvəl qeyd etdiyimiz kimi yenə də ekranda görüş sahəsinin bərabər işıqlanmasını əldə edib buna uyğun x - ədədini qeyd etməli. x -in bu qiymətini (103) ifadəsində yazaraq məchul konsentrasiyalı məhlulun α polyarizasiya müstəvisini fırlatma bucağını hesablamalı.
6. Bucağın qiymətinə görə qrafikdən tədqiq olunan məhlulun konsentrasiyasını tapmalı.
7. Eyni məhlul üçün təcrübəni müxtəlif uzunluqlu ölçü boruları ilə 3 - 4 dəfə təkrar edərək, konsentrasiya üçün orta qiymət tapmalı.
8. Məlum konsentrasiyalı məhlullardan biri üçün polyarizasiya müstəvisinin (α) xüsusi fırlatma bucağını tapmaq olar.
9. Ölçü borusunun l uzunluğunu (desimetrlərlə), α və C^1 -in qiymətlərini (102) ifadəsində yerinə yazaraq, məhlulun xüsusi fırlatma bucağını hesablamalı.
10. Eyni məhlul üçün təcrübəni 3 - 4 dəfə təkrar edərək, polyarizasiya müstəvisinin xüsusi fırlatma bucağı üçün orta qiymət tapmalı.

CƏDVƏLLƏR

I . Astronomik kəmiyyətlər

1.	Yerin orta radiusu.....	6.371 km
2.	Yerin kütləsi.....	$5,96 \cdot 10^{27}$ q
3.	Günəşin radiusu.....	90000 km
4.	Günəşin kütləsi.....	$1,97 \cdot 10^{33}$ q
5.	Yerin Günəşdən orta məsafəsi.....	149600000 km
6.	Ayın radiusu	173 km
7.	Ayın kütləsi.....	$7,3 \cdot 10^{23}$ q
8.	Ayın yerdən orta məsafəsi.....	384.000 km

2. Orta sürətlər

Hərəkət edən cisim	Sürət m. san	Hərəkət edən cisim	Sürət m. san
Piyada	1,5	Sərnişin təyyarəsi	125
At (yeriş zamanı)	3,5	Reaktiv təyyarə	300
At (qaçış zamanı)	8	Səs (havada PC - də)	332
Velosiped	5	Səs (havada 15 °C - də)	340
Yük qatarı	10	Yer ekvatorundakı nöqtə(sutkalıq hərəkətdə)	465
Sürət qatarı	33		1000
Külək (bərk əsərkən)	10	Ay (orbiti boyunca)	
Mina gəmiləri	17,5	Günəş ekvatorundakı nöqtə	
Yük avtomobili	17,5	(Günəş öz oxu ətrafında fırlanarkən)	2000
Minik avtomobili			$\{ 29,8 \times$
Moskviç	25	Yerin Günəş ətrafındakı hərəkəti	$\times 10^2$
Volqa	36		
Çayka	45	İşıq	$3,10^3$

3. İş və enerji əlaqəsi

- a) $1\text{ c} = 0,239\text{ kal} = 6,242 \cdot 10^{18} \cdot \text{ev}$
 b) $1\text{ kQm} = 9,80665\text{ c} = 9,8\text{ c}$
 c) $1\text{ kal} = 4,185\text{ c} = 2,612 \cdot 10^{19}\text{ ev}$
 d) $1\text{ ev} = 1,602 \cdot 10^{-12}\text{ erq} = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ c} = 1663 \cdot 10^{-20}\text{ kQm}$
 e) $1\text{ l}\cdot\text{am} = 101,3\text{ c} = 24,1\text{ kal}$

4. Bəzi bərk cisimlərin sıxlığı (q/sm^3 ilə $15 - 18^\circ\text{C} - də$)

Alebastr	2,25 - 2,87	Kvars	2,65
Almaz	3,4 - 3,6	Kəhraba	1,8
Alminum	2,69	Konstantan	8,8
Alminum (tökmə)	2,56	Kükürd (romb)	2,07
Alminum (kimyəvi təmiz)	2,58	Kükürd (monoklin)	1,96
Azbest	1,2 - 2,8	Gümüş	10,42 - 10,57
Babit (ağ)	7,1	Latun	8,3 - 8,7
Bor	2,4	Mantar	0,24
Brom	3,12	Manqan	8,4
Bismut	9,76 - 9,93	Mərmər	2,52 - 2,84
Bürünc	8,7	Mis (tökmə)	8,0 - 8,9
Beton	2,25	Mis (elektrolitik)	8,88 - 8,96
Buz	0,88 - 0,92	Mum	0,95 - 0,99
Volfram	19,1	Natrium	0,97
Qayın ağacı (quru)	0,51 - 0,77	Naşatır	1,52
Qalay	7,59	Nikel	8,4 - 9,2
Qənd	1,59	Parafin	0,87 - 0,93
Qranit	2,4 - 2,8	Palıd (ağacı quru)	0,7 - 1,03
Qrafit	1,9 - 2,3	Platin	21,2 - 21,7
Qurğuşun	11,22 - 11,44	Polad (tökmə)	7,7 - 8,0
Qızıl	19,3	Sink	6,86 - 7,24
Kips (kristal)	2,17 - 2,31	Slyuda	2,63 - 3,20
Kips (yamlışı)	1,8	Sürmə (antimon)	6,6
Daş kömür (parça)	1,2 - 1,5	Sümük	1,6 - 2
Daş duz	2,28 - 2,41	Tabaşir	1,8 - 2,6
Dəmir (kimyəvi təmiz)	7,86	Farfor	2,3
Dəmir (tökmə)	7,85	Fosfor	1,8
Dəmir (qaynaq üçün)	7,8	Fısdıq ağacı (quru)	0,62 - 0,83
Ebonit	1,8	Xörək duzu	2,08 - 2,20
Əhəng şpatı	2,71	Şüşə	2,4 - 2,6
Kauçuk	0,92 - 0,96	Şüşə (flint)	3,0 - 5,9
Kalium	0,86	Şam ağacı	0,35 - 0,60

5. Bəzi mayelərin sıxlığı (q/sm³ ilə)

Alm	Kimyəvi düsturu	Sıxlıq	
		qiyməti	Temperatur °C
1	2	3	4
Amil spirti.....	C ₅ H ₁₂ O	0,815	0
Anilin.....	C ₆ H ₂ N	1,015	0
Aseton.....	C ₃ H ₆ O	0,792	20
Benzol.....	C ₆ H ₆	0,879	20
Benzin.....	—	0,70	18
Qleserin.....	C ₂ H ₆ O ₃	1,260	0
Etil spirti.....	C ₂ H ₆ O	0,789	0
Kerosin.....	—	0,8	0
Kisilol.....	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	0,85	18
Karbon - sulfid.....	CS ₂	1,263	0
Kükürd (etil) efiri....	C ₄ H ₁₀ O	0,716	0
Metil spirti.....	C ₂ H ₅ O	0,792	0
Nitrobenzol.....	C ₆ H ₅ NO ₂	1,21	18
Skipidar.....	C ₁₀ H ₁₀	0,858	16
Sirkə turşusu.....	C ₂ H ₄ O ₂	1,049	18
Su.....	H ₂ O	1,000	4
Toluol.....	C ₇ H ₈	0,87	18
Xloroform.....	CHCl ₃	1,483	18
Civə.....	Hg	13,596	0

6. Suyun müxtəlif temperaturalarda sıxlığı (q/sm^3 ilə)

$^{\circ}\text{C}$	Sıxlıq	$^{\circ}\text{C}$	Sıxlıq	$^{\circ}\text{C}$	Sıxlıq	$^{\circ}\text{C}$	Sıxlıq
0	0,99987	25	0,99707	50	0,98807	75	0,97489
1	0,99993	26	0,99081	51	0,98762	76	0,97429
2	0,99997	27	0,99654	52	0,98715	77	0,97368
3	0,99999	28	0,99626	53	0,98669	78	0,97307
4	1,00000	29	0,99597	54	0,98621	79	0,97245
5	0,99999	30	0,99567	55	0,98573	80	0,97183
6	0,99997	31	0,99537	56	0,98525	81	0,97121
7	0,99993	32	0,99505	57	0,98475	82	0,97057
8	0,99988	33	0,99472	58	0,98425	83	0,96994
9	0,99981	34	0,99440	59	0,98375	84	0,96930
10	0,99973	35	0,99406	60	0,98324	85	0,96865
11	0,99963	36	0,99371	61	0,98272	86	0,96800
12	0,99952	37	0,99336	62	0,98220	87	0,96734
13	0,99940	38	0,99300	63	0,98167	88	0,96668
14	0,99927	39	0,99262	64	0,98113	89	0,96601
15	0,99913	40	0,99224	65	0,98059	90	0,96534
16	0,99807	41	0,99186	66	0,98005	91	0,96467
17	0,99880	42	0,99147	67	0,97950	92	0,96399
18	0,99862	43	0,99107	68	0,97894	93	0,96330
19	0,90843	44	0,99066	69	0,97838	94	0,96261
20	0,99823	45	0,99024	70	0,97781	95	0,96192
21	0,99802	46	0,98933	71	0,97723	96	0,96122
22	0,99780	47	0,98940	72	0,97666	97	0,96051
23	0,99757	48	0,98896	73	0,97607	98	0,96508
24	0,99732	49	0,98852	74	0,97548	99	0,95009
						100	0,95838

**7. Müxtəlif temperaturalarda suyun daxili sürtünmə əmsalı
($q - \text{sm}^{-1} \text{san}^{-1}$ ilə)**

1°C	$\eta-10$	$+^01 \text{ c} - \text{yə}$	$t^{\circ}\text{C}$	$\eta-10^4$	$^01 \text{ c} - \text{yə}$	$t^{\circ}\text{C}$	$\eta-10^4$	$+^01 \text{ c} - \text{yə}$	1°C	$\eta-10^4$	$+^01 \text{ c} - \text{yə}$
0	1797	-56	19	1029	-25	30	803	-15	100	284	-2,8
5	1518	-42	20	1004	-24	40	655	-10	110	256	-2,4
10	1307	-33	21	980	-23	50	551	-8,1	120	232	-2,0
15	1140	-30	22	957	-21	60	470	-6,3	130	212	-1,6
16	1110	-28	23	936	-21	70	407	5,0	140	196	-1,2
17	1082	-27	24	915	-20	80	357	-4,0	150	184	-1,0
18	1055	-26	25	895	-18	90	317	3,3	160	174	
19	1029		30	803		100	284				

8. Dəniz səviyyəsində müxtəlif coğrafi en dairələrində g - nin qiymətləri ($sm \cdot san^{-2}$ ilə)

En dairəsi ilə	g	En dairəsi ilə	g	En dairəsi ilə	g
0	978,030	35	979,730	70	982,606
5	978,069	40	980,166	75	982,866
10	978,186	45	980,616	80	983,058
15	978,376	50	981,066	85	983,176
20	978,634	55	981,503	90	983,216
25	978,952	60	981,914	Moskva	981,523
30	979,321	65	982,285	Leningrad	981,908

9. Elastiklik modulu / $E - kQ / mm^2$ ilə /

Alminum.....	7000	Mis.....	12000
Ağac.....	1000 – 1700	Polad.....	22000
Bürünc.....	1000	Sink.....	1500
Qurğuşun.....	1700	Çuğun.....	10000
Dəmir.....	21000	Şüşə.....	5000- 8000

10. Suyun müxtəlif temperaturlarda istilik tutumu

$$\left(C - \frac{kal}{q \cdot \partial \partial r} \text{ ilə} \right)$$

1^0C	C	1^0C	C
0	1,0091	55	0,9982
5	50	60	88
10	20	65	94
15	1,0000	70	-1,0001
20	0,9987	75	07
25	78	80	14
30	73	85	21
35	71	90	28
40	71	95	35
45	73	100	1,0043
50	0,9977		

11. Misin müxtəlif temperaturlarda istilik tutumu ($C - kal/q - \partial \partial r$ ilə)

Temperatur 0C ilə	0	100	200	30	400	500	600
İstilik tutumu	0,0910	0,0940	0,0975	0,1008	0,1038	0,1070	0,1090

12. Bəzi maddələrin qaynam temperaturu(normal təzyiqdə, °C ilə)

Azot (maye).....	-190	Mis.....	2582
Alminium.....	2330	Naftalin.....	218
Ammonyak (maye).....	-33,5	Neom (maye).....	-245
Arqon (maye).....	-186	Oksigen (maye).....	-182,6
Benzin	150	Parafin.....	390
Benzol	80,2	Su.....	100
Brom	58,7	Solyar.....	400
Qalay	2337	Skipidar.....	160
Qliserin	290	Spirt(metil)	64,7
Qurğuşun	1750	Spirt (etil)	78,3
Qızıl	2710	Sink.....	907
Dəmir	3050	Xlor (maye)	-33,8
Efir	35	Hava (maye)	-193
Kətan yağı	316	Helyum (maye)	-268,9
Kükürd	444,60	Hidrogen (maye)	-252,7
Liqroin	200	Civə.....	357

13. Doymuş su buxarının müxtəlif temperaturlarda təzyiqi (P –mm.c.sm ilə) və sıxlığı (m – q/m³ ilə)

1 ⁰ C	P	m	1 ⁰ C	P	m	1 ⁰ C	P	m
-30	0,28	0,33	0	4,58	4,84	30	31,82	30,3
-29	0,31	0,37	1	4,93	5,22	31	33,70	32,1
-28	0,35	0,41	2	5,29	5,60	32	35,66	33,9
-27	0,38	0,46	3	5,69	5,98	33	37,73	35,7
-26	0,43	0,51	4	6,10	6,40	34	39,90	37,6
-25	0,47	0,55	5	6,54	6,84	35	42,18	39,6
-24	0,52	0,60	6	7,01	7,3	36	44,56	41,8
-23	0,58	0,66	7	7,51	7,8	37	47,07	44,0
-22	0,64	0,73	8	8,05	8,3	38	49,69	46,3
-21	0,70	0,80	9	8,61	8,8	39	52,44	48,7
-20	0,77	0,88	10	9,21	9,4	40	55,32	51,2
-19	0,85	0,96	11	9,84	10,0	45	71,88	65,4
-18	0,94	1,05	12	10,52	10,7	50	92,5	83,0
-17	1,03	1,15	13	11,23	11,4	55	118,0	104,3
-16	1,13	1,27	14	11,99	12,1	60	149,4	130
-15	1,24	1,38	15	12,79	12,8	65	187,5	161
-14	1,36	1,51	16	13,63	13,6	70	233,7	198
-13	1,49	1,65	17	14,53	14,5	75	289,1	242
-12	1,63	1,80	18	15,48	15,4	80	355,1	293
-11	1,78	1,96	19	16,48	16,3	85	433,6	293
-10	1,95	2,14	20	17,54	17,3	90	525,8	354
-9	2,13	2,33	21	18,65	18,3	95	633,9	424
-8	2,32	2,54	22	10,83	19,4	100	760,0	505
-7	2,53	2,76	23	21,07	20,6			598
-6	2,76	2,99	24	22,38	21,8			
-5	3,01	3,24	25	23,76	23,0			
-4	3,28	3,51	26	25,21	24,4			
-3	3,57	3,81	27	26,74	25,8			
-2	3,88	4,13	28	28,35	27,2			

-1	4,22	4,47	29	30,04	28,7			
----	------	------	----	-------	------	--	--	--

14. Suyun 0° - dən 80° –yə qədər temperaturalarda səthi gərilmə əmsalı α –dn/sm ilə)

Temperatur °C ilə	Səthi gərilmə σ əmsalı	Temperatur °C ilə	Səthi gərilmə σ əmsalı
0	75,49	45	68,6
5	74,75	50	67,8
10	74,01	55	66,9
15	73,26	60	66,0
20	72,53	65	65,1
25	71,78	70	64,2
30	71,03	75	63,3
35	70,29	80	62,3
40	69,54		

15. Bərk cisimlərin bəzi istilik sabitləri:

- 1) Genişlənmə əmsalı α (dər⁻¹) 0°-100°C - də, 2) İstilik tutumu C kal q⁻¹ dər.⁻¹) 18° C - də,
3) İstilikkeçirmə əmsalı α (kal. sm⁻¹ san⁻¹× dər⁻¹) 4) Ərimə temperaturu T_a (°C ilə) 5) ərimə istiliyi Q_a (kal/q).

Cisimlər	α 1°C	C	x	T _a	Q _a
1	2	3	4	5	6
Ağac	0,04-0,58	0,33	0,0005	—	—
Alminum	0,238	0,214	0,48	658,7	76,8
Bismut	0,135	0,031	0,019	271	12,64
Buz	0,51	0,50	0,006	0	79,63
Bürünc	0,171-0,212	0,104	0,14	900	—
Bud ərintisi	—	0,04	0,3	65,5	8,4
Volfram	0,045	0,037	0,38	3338	—
Qalay	0,230	0,055	0,157	231,9	14,0
Qızıl	0,145	0,032	0,70	1063	15,9
Qurğuşun	0,293	0,03	0,083	327	5,36
Qrafit	0,079	0,16	0,037	-	—
Dəmir	0,121	0,119	0,14	1530	23,33
Ebolit	0,84	0,34	0,0004	-	—
İridium	0,066	0,032	0,14	2350	—
Kalium	0,83	0,17	0,23	62,3	15,7
Karbon (almaz)	0,0118	0,11	—	—	—
Kvars (oxa I)	0,134	0,19	0,016	1700	—
Kvars (oxa II)	0,08	0,19	0,033	—	—
Konstantan	0,1523	0,10	0,054	—	—
Kükürd	1,18	0,175	0,0005	106,8-119,2	9,37
Gümüş	0,197	0,056	1,01	960,5	21
Latun	0,183-0,193	0,0917	0,26	900 -ə qədər	—
Mantar	—	0,69	0,001	—	—
Maqnezium	0,261	0,25	0,38	651	72
Manqavin	0,181	0,10	0,052	—	—
Mis	0,167	0,094	0,92	1083	42
Mum	7,1–15,2	—	—	63	42,3
Natrium	2,26	0,295	0,32	97,5	31,7

Nikel	0,128	0,11	0,14	1452	58,3-73
Nixrom	0,123	—	—	1100-ə qədər	—
Parafin	1,07-4,7	0,77	0,0005	38-56	35,10
Polad	0,106	0,12	0,11	1300	—
Platin	0,091	0,028	0,166	1770	27
Sink	0,291	0,093	0,265	419,4	28,1
Tantal	66	0,038	0,13	2800	—
Çuğun (ağ)	0,114	0,13	0,12	1100	33
Civə	1,82	0,033	—	—38,8	3
Şüşə (kron)	0,09	0,16	0,0016	—	—
Şüşə (lint)	0,079	0,12	0,0014	—	—

16. Mayelərin bəzi sabitləri

- 1) Səthi gərilmə əmsalı α (dm /sm ilə) 18°C - də, 2) daxili sürtünmə əmsalı η (q/sm - san ilə) 18°C - də, 3) genişlənmə əmsalı β (edər $^{-1}$) 18°C - də, 4) xüsusi istilik tutumu C_p (kal.q.dər ilə) 18°C -də 5) ərimə nöqtəsi 0°C ilə, 6) xüsusi ərimə istiliyi ρ (kal/q ilə), 7) qaynama nöqtəsi $\tau^{\circ}\text{C}$ ilə, 8) xüsusi buxarlanma istiliyi λ (kal/q ilə), 9) böhran temperaturu $t^{\circ}\text{C}$ ilə, 10) böhran təzyiqi P (am - lə)

Mayelər	α	η -40	β	C_p		p			t	P
Anidin	43	4,6	0,85	0,50	-6,2	21	184,2	104	126	52,3
Aseton	23,3	0,337	137	0,52	-94,3	-	56,7	125	235	47
Benzol	29,0	0,673	124	0,407	+5,50	30,4	80,2	94	280	47,7
Brom	44	1,02	112	0,11	-7,3	16,2	63,0	43	362	131
Su	72,8	1,05	018	0,999	0	79	100,0	539,1	374	218
Qliserin	66	1393	050	0,58	-20	42	290	-	-	-
Ksilol (m)	28,4	0,647	101	0,40	-49,3	39	138,5	81	350	27
Neft	26	-	092	0,51	-	-	-	-	-	-
Pentan	-	0,244	160	0,52	-160	-	27,9	-	201	33,7
Civə	$5 \cdot 10^2$	1,59	181	0,033	-38,9	28	356,7	68	1470	-
Karbon –sulfid	32	0,382	121	0,24	-112	-	46,2	85	273	73
Spirt (metil)	22,8	0,632	122	0,60	-97	-	64,7	265	210	78,7
Spirt (etil)	22,0	1,22	110	0,58	-114	-	78,3	202	213	63
Spirt (propil)	23,6	2,39	095	0,57	-127	-	96	163	200	49,9
Toluol	28,6	0,613	109	0,41	-95,1	-	110,8	87	326	41,6
Sirkə turşusu	26	1,27	107	0,50	+16,6	45	118,5	90	322	57,2
Xloroform	27	0,579	126	0,23	-63,7	47	61,2	58	260	—
Etil efiri	17,0	0,238	163	0,56	-110,3	27	34,6	202	194	35
Skipidar	—	—	067	0,42	-10	-	160	70	—	—

17. Qazların bəzi sabitləri.

- 1) Sıxlıq ρ (q/l ilə) 2) Maye halında sıxlığı $\rho_m(q/sm^3$ ilə) 3) Təzyiqin termik əmsalı α (dər⁻¹), 4) Xüsusi istilik tutumu $C_p(kal/q.dər$ ilə) 18⁰ C-də 5) $\frac{C_p}{C_v}$ 0⁰ C - də, 6) Daxili sürtünmə əmsalı η ($q/sm, san$ ilə) 18⁰ C-də, 7) İstilikkeçirmə əmsalı α ($\frac{kal}{sm.san.dər}$) 18⁰ C-də, 8) Ərimə nöqtəsi θ^0C ilə, 9) Qaynama temperaturu η^0C ilə, 10) Xüsusi buxarlanma istiliyi $\lambda \frac{kal}{q}$. 11) Böhran təzyiqi P ($am.$ ilə) 12) Böhran temperaturu t^0C ilə

Qazlar	ρ	P_m	α	C_p	C_p/C_v	η	x	0	τ	λ	P	t	
Azot	1,2507	0,79	0,00	3674	0,249	1,40	0,000	0,000	-209,9	-195,8	48	33,5	-147
Ammonyak	0,7708	0,68	3802	0,52	1,31	093	049	-78	-33,5	327	112	132	
Hidrogen	0,0899	0,06	3662	3,41	1,41	084	376	-259	-252,7	110	12,8	-240	
Hava(CO ₂ -si olmayan)	1,2928	-	3674	0,241	1,40	172	0565	-	-193	50	37,2	-141	
Helium	0,1786	0,15	3660	0,25	1,65	189	338	-272	-268,8	-	2,25	-268	
Azot iki oksid	1,9777	-	368	0,210	1,28	138	0351	-102	-90	-	71,7	36	
Oksigen	1,4290	1,13	3674	0,218	1,40	192	0572	-218	-183,0	51	50	-119	
Metan	0,7168	0,47	-	0,53	1,31	104	074	-184	-161,5	-	46	-83	
Azot oksidi	1,3402	-	-	0,242	1,38	172	0555	-167	-150	-	65	-994	
Karbon oksidi	1,2504	0,79	367	0,250	1,40	167	052	-199	-190	-	35	-139	
Karbon qazı	1,9768	-	3726	0,202	1,30	140	0,331	-57	-78,5	142	73	31	
Xlor	3,214	1,56	-	0,124	1,63	129	0183	-100	-34,5	675	76	144	

18. Bəzi maddələrin dielektrik sabiti (18⁰ C-də)

Maddələr		Maddələr	
Ağac (quru)	2,8	Mika	6-9
Azot	1,000006	Nitrobenzol	36
Aseton	21	Oksigen	1,000547
Kerosin	2	Parafin	2
Bakelit	3,9	Parafin yağı	2,2
Benzol	2,3	Putil	170
Daş duz	5,6	Su	81
Ebonit	2,7	Sullüloid	3,9
Kağız	2 - 2,5	Spirt (metil)	33
Kaçuk	2,2 - 3	Spirt (etil)	26
Kvars (oxa II)	4,7	Farfor	6
Kvars (oxa I)	4,4	Hava	1,000590
Kvars (ərinmiş)	3,7	Helyum	1,000074
Ksilol	2,2 - 2,6	Hidrogen	1,000264
Kükürd	3,6 - 4,3	Çini	6
Karbon qazı	1,00097	Şellak	3 - 3,7
Karbon sulfid	2,6	Şifer	12 - 50
Kəhraba	2,8	Şüşə (adi)	5 - 7
Gənəgərçək yağı	4,67	Şüşə (optik)	10 - dək
Mərmər	8,3		

19. Elektrokimyəvi ekvivalentlər (smq / k ilə)

Alminum (Al ^{III})	0,093	Mis (Cu ^{II})	0,33
Qurğuşun(Pb ^{II})	1,074	Natrium (Na ^I)	0,238
Qızıl (Au ^{III})	0,68	Nikel(Ni ^{II})	0,30
Dəmir (Fe ^{II})	0,29	Oksigen(O ^{II})	0,0829
Dəmir (Fe ^{III})	0,19	Snik(Zn ^{II})	0,34
Gümüş (Ag ^I)	1,118	Xlor (Cl ^I)	0,367
Mis (Cu ^I)	0,66	Hidrogen (H)	0,01045

1 α cərəyanının ayırdığı maddə miqdarı (mq - larla)

Zaman	Gümüş	Mis	Su	hidrogen
1 saniyədə	1,118	0,3294	0,0933	0,01036
1 dəqiqədə	67,08	19,76	5,60	0,6215
1 saatda	4025	1186	335,9	37,29

20. Bəzi metalların xüsusi müqaviməti (18⁰ C-də om.sm ilə)

Saf metal və ərintilər	$\rho \cdot 10^4$	Saf metal və ərintilər	$\rho \cdot 10^4$
1	2	3	4
Gümüş	0,16	Platin	0,107
Mis	0,17	Qalay	0,113
Qızıl	0,023	Tantal	0,12
Alminum	0,029	Qurğuşun	0,21
İridium	0,053	Manqanin	0,43
Volfram	0,056	Antimon	0,45
Radium	0,060	Konstantan	0,50
Sink	0,060	Civə	0,958
Nikel	0,070	Bismut	1,20
Kalium	0,076	Natirium	0,049
Latun	0,08	Kalium	0,070
Dəmir	0,086	Nikelin	0,42
Kobalt	0,090	Nixrom	1,10
Palladium	0,107		

21. Bəzi metal və ərinti müqavimətlərinin temperatur əmsalları ($\alpha \cdot 10^3$ dər⁻¹)

İzolyatorlar	ρ	İzolyatorlar	ρ
Şifer	$1 \cdot 10^8$	Mikanit	$1 \cdot 10^{15}$
Fibra	$5 \cdot 10^9$	Şellam	$1 \cdot 10^{16}$
Mərmər	$1 \cdot 10^{10}$	Kvars (oxuna perpendikulyar)	$3 \cdot 10^{17}$
Sellüloid	$2 \cdot 10^{10}$	Kükürd	$1 \cdot 10^{17}$
Şüşə	$5 \cdot 10^{13}$	Ebonit	$1 \cdot 10^{18}$
Kavars (oxuna paralel)	$1 \cdot 10^{14}$	Parafin	$3 \cdot 10^{18}$

22. Bəzi metal və ərinti müqavimətlərinin temperatur əmsalları ($\alpha \cdot 10^3 \text{ dər}^{-1}$)

Alminum	+1,2	Latun.....	+2
Bürünc	-0,5	Manqanın.....	+0,006
Volfram	+4,3	Mis.....	+4,1
Qızıl	+3,9	Nikelin.....	+0,3
Qurğuşun	+4,2	Nikel.....	+6,2
Dəmir	+6,0	Nixrom.....	+0,15 - 0,4
Konstantan	+0,002	Platin.....	+3,9
Gümüş	+4,2	Civə.....	+0,27

23. Yer maqistizminin üfüqi toplananın CGS sistemində qiyməti

Şimal en dairəsi (dərəcə ilə)	Kriviç meridianından şərti uzunluq dairəsi										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
45	0,125	0,216	0,217	0,218	0,219	0,220	0,221	0,222	0,223	0,225	0,226
46	0,210	0,211	0,212	0,212	0,213	0,214	0,215	0,216	0,217	0,219	0,221
47	0,205	0,206	0,206	0,207	0,209	0,219	0,210	0,211	0,213	0,214	0,216
48	0,201	0,202	0,202	0,203	0,204	0,205	0,206	0,207	0,209	0,210	0,211
49	0,197	0,198	0,198	0,199	0,200	0,201	0,202	0,203	0,204	0,205	0,207
50	0,192	0,193	0,193	0,194	0,195	0,196	0,197	0,198	0,199	0,201	0,203
51	0,187	0,188	0,188	0,189	0,190	0,191	0,192	0,193	0,194	0,195	0,197
52	0,183	0,184	0,184	0,185	0,186	0,187	0,188	0,189	0,190	0,191	0,192
53	0,180	0,181	0,182	0,183	0,184	0,185	0,186	0,186	0,186	0,186	0,187
54	0,176	0,177	0,177	0,178	0,178	0,179	0,180	0,182	0,183	0,182	0,183
55	0,172	0,173	0,173	0,174	0,174	0,175	0,176	0,176	0,177	0,178	0,179

24. Bəzi maddələrin havaya nisbətən sındırma əmsalları $-n$

Adı	Kimyəvi düsturu	1°C	n
Daş duz.....	NaCl	-	1,54
Şüşə.....	-	-	1,5 – 1,8
Hava.....	-	-	1,00029
Almaz.....	C	-	2,42
Kvars.....	-	-	1,54
Buz.....	H_2O	-	1,31
Aseton.....	CH_3COCH_3	20	1,359
Anilin.....	$C_6H_5NH_2$	20	1,586
Benzol.....	C_6H_6	20	1,501
Su.....	H_2O	20	1,333
Yodlu metilen....	$C H_2J$	19	1,742
Kanada balzamlı...	-	-	1,53
Ksilol.....	$C_6H_4(CH_2)_2$	17,5	1,33
Metil spirti....	$CH_3(OH)$	18	1,553
Nitrobenzol.....	$C_6H_5NO_2$	20	

Sulfat turşusu..	H_2SO_4	23	1,429
Karbon - sulfid.....	CS_2	15,7	1,631
Xlor turşusu.....	HCl	10,5	1,254
Dörd xlor karbon....	CCl_4	20	1,460
Etil spirti....	C_2H_5OH	17,5	1,362
Monobromiaftalin....	$C_{10}H_7Br$	20	1,65820

25. 127 və 220 V gərginlikli şəbəkəyə qoşulmuş müxtəlif lampalar üçün ondan keçən cərəyanın ümumi gücü ilə lampanın işıq şiddəti arasındakı əlaqə

№	127 V şəbəkədə		№ №	220 V şəbəkədə	
	W vattla	beyn.şam		W vattla	beyn.şam
1.	15.	9,9	1.	25	15,2
2.	25.	17,9	2.	40	26,8
3.	40.	30,3	3.	60	43,0
4.	60.	51,4	4.	100	79,6
5.	100.	101,0	5.	150	136,0
6.	150.	173,0	6.	200	200,0
7.	200.	243,0	7.	300	326,0
8.	300.	388,0	8.	400	458,0
9.	400.	538,0	9.	500	602,0
10.	500.	695,0			

26. Spektrin mühüm xətlərinə uyğun dalğa uzunluqları (mmk - da)

Kalium (bənövşəyi).....	405
Kalsium (bənövşəyi).....	114
Kalium (qırmızı).....	708
Gümüş (yaşıl).....	546 - 521
Litium (qırmızı).....	708
Natrium (sarı).....	589
Stroisium (mavi).....	461
Tallium (yaşıl).....	536
Hidrogen (qırmızı).....	656
Hidrogen - mavi (yaşıl).....	468
Hidrogen - (bənövşəyi).....	410
Hidrogen - (göy).....	433

27. Elektromaqnit dalğalarının növləri və dalğa uzunluqları

Elektromaqnit dalğaları	Dalğa uzunluqları			
	sm - də	μ (mk -la)	m μ (mk -la)	A ilə
1. Radio dalğaları	$3 \cdot 10^{-6} - 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-10} - 10^2$	$3 \cdot 10^{13} - 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{14} - 10^{-6}$
2. İnfraqırmızı şüalar	$3 \cdot 10^{-2} - 7,6 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-2} - 7,6 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^5 - 7,6 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^6 - 7,6 \cdot 10^{-2}$
3. Gözlə görünən işıq şüaları	$7,6 \cdot 10^{-5} - 4 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-1} - 4 \cdot 10^{-1}$	$7,6 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^2$	$7,6 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^2$
4. Ultrabənövşəyi şüalar	$4 \cdot 10^{-5} - 6 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^2 - 6 \cdot 10^0$	$4 \cdot 10^2 - 6 \cdot 10^1$
5. Rentgen şüaları	$10^{-6} - 10^{-10}$	$10^{-2} - 10^{-6}$	$10 - 10^{-3}$	$10^2 - 10^{-2}$
6. Qamma - şüalar	10^{-9} və daha qısa	10^{-5} və daha qısa	10^{-2} və daha qısa	10^{-1} və daha qısa

28. Müxtəlif kəmiyyətlər

Uzunluq: Mikron (μ) $\mu = 10^{-6}m$;

Uzunluq: Anqsterm (A^0) $1 A^0 = 10^{-8}sm$

Həcm; litr (l) $1 l = 10^3sm^3$ (dəqiq götürdükdə 1000; 028 sm^3);

İşıqlıq: lüks və fot : $1lk = 10^{-4}\phi$;

Pardaqlıq; nit və stilb: $1 nit = 10^{-4}sb$;

İstilikkeçirmə: $1 kkal/m.saat. dər = 2,178 \cdot 10^{-3} kkal/sm \cdot san \cdot dər = 1,162 \times 10^{-2} vt/sm \cdot dər$

29. Triqonometrik funksiyların natural qiymətləri cədvəli

Bucaq	Sin	tg	ctg	cos	Bucaq
1	2	3	4	5	6
0^0	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	90^0
1	0,0175	0,0175	0,9998	0,9998	89
2	0,0349	0,0349	0,9994	0,9994	88
3	0,0523	0,0524	0,9986	0,9986	87
4	0,0698	0,0699	0,9976	0,9976	86
5	0,0872	0,0875	0,9962	0,9962	85
6	0,1045	0,1051	0,9945	0,9945	84
7	0,1219	0,1228	0,9925	0,9925	83
8	0,1392	0,1405	0,9903	0,9903	82
9	0,1564	0,1584	6,314	0,9877	81
10	0,1736	0,1763	5,671	0,9848	80
11	0,1908	0,1944	5,145	0,9816	79
12	0,2079	0,2126	4,705	0,9781	78
13	0,2250	0,2309	4,331	0,9744	77
14	0,2419	0,2493	4,011	0,9703	76
15	0,2588	0,2679	3,732	0,9659	75
16	0,2756	0,2867	3,487	0,9613	74
17	0,2924	0,3057	3,371	0,9563	73

18	0,3090	0,3249	3,078	0,9511	72
19	0,3256	0,3443	2,904	0,9455	71
20	0,3420	0,3640	2,747	0,9397	70
21	0,3584	0,3839	2,605	0,9336	69
22	0,3746	0,4040	2,475	0,9272	68
23	0,3907	0,4245	2,356	0,9205	67
24	0,4067	0,4452	2,246	0,9135	66
25	0,4226	0,4663	2,145	0,9063	65
26	0,4384	0,4877	2,050	0,8988	64
27	0,4540	0,5095	1,963	0,8910	63
28	0,4695	0,5317	1,881	0,8829	62
29	0,4848	0,5543	1,804	0,8746	61
30	0,5000	0,5774	1,732	0,8660	60
31	0,5150	0,6009	1,664	0,8572	59
32	0,5299	0,6249	1,660	0,8480	58
33	0,5446	0,6494	1,540	0,8387	57
34	0,5592	0,6745	1,483	0,8290	56
35	0,5736	0,7003	1,428	0,8192	55
36	0,5878	0,7265	1,376	0,8090	54
37	0,6018	0,7536	1,327	0,7986	53
38	0,6157	0,7813	1,280	0,7880	52
39	0,6293	0,8098	1,235	0,7771	51
40	0,6428	0,8391	1,192	0,7660	50
41	0,6561	0,8693	1,150	0,7547	49
42	0,6691	0,9004	1,111	0,7431	48
43	0,6820	0,9325	1,072	0,7314	47
44	0,6947	0,9657	1,036	0,7193	46
45 ⁰	0,7071	1,0000	1,000	0,7071	45 ⁰

İSTİFADƏ OLUNMUŞ ƏDƏBİYYAT

1. Арцмыбышев С.А. «Курс физики», I, II, III т. Учпедгиз, 1962, 1956, 1945,
2. Беклемишев А.В. «Меры и единицы физических величин», Госиздат, 1963.
3. Богданов Т. Н. и Субботина Е. П. «Руководство к практическим занятиям по физике», I - II т. , Госиздат, 1949. 1950.
4. Ə m i r a s l a n o v А.М.. «Məxanikadan laboratoriya işləri», APİ nəşriyyatı. 1967.
5. Знаменски П, А, б. «Fizikadan sual və məsələlər», Azərnəşr. 1956.
6. Зисман Г.А. и Тодес О.М. «Курс общей физики» I, II, III. т., издательство «Наука», 1970.
7. Иверенова В. И. - redaktorluğu ilə “Fizika praktikumu”, Azərnəşr, 1962.
8. Kalaşnikov S. Q.. “Elektrik bəhsi”. “ Maarif” nəşriyyatı, 1968.
9. Кашин Н,В, «Курс физики» I, II, III. Госучпедиздат, 1948, 1956,
10. Кортиев А, В, и др, « Практикум по физике», Госиздат, 1961
11. Кулаков Н,Т, « Руководство к практическим занятиям в физической лаборатории» Госиздат, 1940,
12. Ландсберг Г, С, « Оптики», Москва, Госдехиздат, 1947,
13. Монсова Н,Н, « Практикум по курсу общей аизики», Госиздат, 1963,
14. Mirzəyev. V İ, və b. “ Fizika praktikumu”, ADU nəşriyyatı, 1958
15. Млодаевский А, Б, « Краткий учебник молекулярной физики», Гостехиздат, 1941,
16. Папалекси Н,Д, (под, ред,) « Курс физики» I, II. ч., Гостехнадат, 19412, 1948,
17. Перышкин А, В, «Курс физики», I, II, III. х., Maarif” nəşriyyuati.
18. Попов М,М,» Термометрик и калориметрия». , Гостехиздат, 1954,
19. Путилов, К. А. « Курс физики», I, II, III, Госиздат, 1959.
20. Ramazanzadə M.Н. Fizikadan laboratoriya işlərinə rəhbərlik. “Maarif” nəşriyyatı, 1965.
21. Рублев Ю. В. и др. « Практикум по электричеству» «Высшая школа», 1971,
22. Рымкевич П. А « Курс физики», Москва, « Высшая школа», 1975.
23. Савальев И, В, «Курс обшей физики», I, II, III. т, Издательство « Наука», 1968.
24. Сахаров Д. И. «Сборник задач по физике», « Просвещение», 1967.
25. Соколов П.П. « Физический практикум», Госиздат. 1938.
26. Телеснии Р. В. и Яковлев В.Ф. « Курс физики-электричество, «Просвещение», 1970.
27. Фриш С.Е. Тиморева А.В. «Ümumi fizika kursu, I, II, III ç. “Maarif nəşriyyatı”, 1964, 1954, 1960.
28. Штрауф Е. А. «Молекулярная физика», Гостехиздат, 1949.
29. Яковлев К, П,,»Физический практикум», II т, Гостехиздат, 1949.

30. Яковлев К.П. «Математическая обработка результатов измерений», Гостехиздат, 1953.
31. «Справочник химика», I. II. Т. Л – М., Госнаучтехиздат, 1963.

MÜNDƏRƏCAT

Müəllifdən.....	2
Xətlər haqqında.....	3

I HİSSƏ MEXANİKA

Bəzi ölçü cihazlarından istifadə edilməsi qaydaları.....	8
--	---

LABORATORİYA İŞİ №1

Analitik tərəzi. Dəqiq çəki qaydaları.....	13
--	----

LABORATORİYA İŞİ №2

Mayelərin xüsusi çəkisinin Piknometrlə təyini.....	20
--	----

LABORATORİYA İŞİ №3

Mayelərin xüsusi çəkisinin Hidrostatik tərəzi vasitəsi ilə təyini.....	22
--	----

LABORATORİYA İŞİ №4

Mayelərin xüsusi çəkisinin Vestfal tərəzisi vasitəsi ilə təyini.....	24
--	----

LABORATORİYA İŞİ №5

Bərk cislərin xüsusi çəkisinin təyini.....	26
--	----

LABORATORİYA İŞİ № 6

Bərk cisimlərin xüsusi çəkisinin Hidrostatik tərəzi vasitəsi ilə təyini.....	29
--	----

LABORATORİYA İŞİ № 7

Havanın xüsusi çəkisinin təyini.....	31
--------------------------------------	----

LABORATORİYA İŞİ № 8

Lövə qalınlığının və linzanın ayrılma radiusunun Sferometr vasitəsi ilə təyini.....	33
---	----

LABORATORİYA İŞİ № 9

Bərk cismin ətalət momentinin burulma rəqqəsi vasitəsi ilə təyini.....	36
--	----

LABORATOİYA İŞİ № 10

Ətalət momentinin trifilyar asqı üsulu ilə təyini.....	39
--	----

LABORATORİYA İŞİ №11

Səsin havada yayılma sürətinin təyini.....	42
--	----

LABORATORİYA İŞİ № 12

Sərbəstdüşmə qanunlarının Atbud maşını ilə yoxlanması.....	46
--	----

LABORATORİYA İŞİ № 13

Nyutonun ikinci qanununun Atvud maşını ilə yoxlanılması.....	49
--	----

LABORATORİYA İŞİ № 14

Ağrlıq qüvvəsi təcilinin riyazi rəqqas vasitəsi ilə təyini.....	51
---	----

LABORATORİYA İŞİ № 15

Sərbəstdüşmə təcilinin çevirmə rəqqası vasitəsi ilə təyini.....	53
---	----

LABORATORİYA İŞİ № 16

Sürtünmə əmsalının Tribometrlə təyini.....	55
--	----

LABORATORİYA İŞİ № 17

Elastik yayın uzanması zamanı görülən işin hesablanması.....	58
--	----

LABORATORİYA İŞİ № 18

Uzununa deformasiyaya görə Yunq modulunun təyini.....	61
---	----

LABORATORİYA İŞİ № 19

Kamertonun rəqs tezliyinin təyini.....	64
--	----

LABORATORİYA İŞİ № 20

En kəsik sahəsi dəyişən boruda mayenin axma sürətinin təyini.....	66
---	----

II HİSSƏ
MOLEKULYAR FİZİKA VƏ İSTİLİK

LABORATORİYA İŞİ № 1

Suyun xüsusi buxarlanma istiliyinin təyini..... 69

LABORATORİYA İŞİ № 2.

Buzun xüsusi ərimə istiliyinin təyini..... 72

LABORATORİYA İŞİ № 3

Bərk cisimlərin uzununa genişlənmə əmsalının təyini..... 74

LABORATORİYA İŞİ № 4

Mayelərin həcmi genişlənmə əmsalının Dülonq-Pti üsulu ilə təyini..... 78

LABORATORİYA İŞİ № 5.

Mayelərin və bərk cisimlərin xüsusi istilik tutumlarının kalorimetr vasitəsi ilə təyini..... 80

LABORATORİYA İŞİ № 6

Mayelərin xüsusi istilik tutumunun elektirik kalorimetri vasitəsi ilə təyini..... 85

LABORATORİYA İŞİ № 7

Mayelərin xüsusi istilik tutumunun Pfaundler üsulu ilə təyini..... 88

LABORATORİYA İŞİ № 8

Qazların istilik tutumları nisbətinin Kleman-Dezorm üsulu ilə təyini..... 90

LABORATORİYA İŞİ № 9

Qaz təzyiqinin termik əmsalının təyini..... 95

LABORATORİYA İŞİ № 10

Mayelərin səthi gərilmə əmsalının təyini..... 98

LABORATORİYA İŞİ № 11

Səthi gərilmə əmsalının təzyiqlər fərqlərinin kompensasiya üsulu ilə təyini..... 104

LABORATORİYA İŞİ № 12

Mayelərin səthi gərilmə əmsalının Rebinder üsulu ilə təyini.....	106
--	-----

LABORATORİYA İŞİ № 13

Mayelərin səthi gərilmə əmsalının temperaturdan asılılığının öyrənilməsi.....	109
---	-----

LABORATORİYA İŞİ № 14

Mayelərin daxili sürtünmə əmsalının Ostvald viskozimetri vasitəsi ilə təyini.....	110
---	-----

LABORATORİYA İŞİ № 15

Mayelərin daxili sürtünmə əmsalının stoks üsulu ilə təyini.....	114
---	-----

LABORATORİYA İŞİ № 16

Havanın rütubətinin Lambrext Hıqrometri ilə təyini.....	116
---	-----

LABORATORİYA İŞİ №17

Havanın rütubətinin Avqust Psixrotmetri ilə təyini.....	119
---	-----

LABORATORİYA İŞİ №18

İstiliyin mexaniki ekvivalentinin Kleman-Dezorm üsulu ilə təyini.....	121
---	-----

LABORATORİYA İŞİ №19

Kapilyar boru radiusunun təyini.....	124
--------------------------------------	-----

LABORATORİYA İŞİ № 20

Qazların daxili sürtünmə əmsalı və molekulların sərbəst yolunun orta uzunluğunun təyini.....	127
--	-----

LABORATORİYA İŞİ №21

Bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalının təyini.....	130
--	-----

III hissə

ELEKTRİK

LABORATORİYA İŞİ №1

Misin elektrokimyəvi ekvivalentinin təyini..... 135

LABORATORİYA İŞİ №2

Termoelementin dərəcələnməsi və termoelektrik hərəkət qüvvəsinin təyini..... 138

LABORATORİYA İŞİ №3

Transformatorun transformasiya və faydalı iş əmsalının təyini..... 143

LABORATORİYA İŞİ № 4

Metalların müqavimətinin temperaturdan asılılığının öyrənilməsi..... 145

LABORATORİYA İŞİ № 5

Ampermetrin dərəcələnməsi..... 147

LABORATORİYA İŞİ № 6

Elektrik enerjisinin istilik ekvivalentinin təyini..... 149

LABORATORİYA İŞİ № 7

Yerin maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqü toplananının tangens - qalvanometr vasitəsi ilə təyini..... 152

LABORATORİYA İŞİ № 8

Voltmetrin dərəcələnməsi..... 158

LABORATORİYA İŞİ № 9

Müqavimətin körpü üsulu ilə təyini..... 160

LABORATORİYA İŞİ №10

Mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsinin məlum müqavimətə görə və kompensasiya üsulu ilə təyini..... 165

LABORATORİYA İŞİ № 11

Qalvanometr həssaslığının təyini.....	169
---------------------------------------	-----

LABORATORİYA İŞİ № 12

Qalvanometrdən ampermetr kimi istifadə edilməsi qaydası.....	172
--	-----

LABORATORİYA İŞİ № 13

Tomson körpüsü ilə və Om qanununa əsasən müqavimətin təyini.....	174
--	-----

LABORATORİYA İŞİ № 14

Müqavimətin şunt üsulu ilə təyini.....	178
--	-----

LABORATORİYA İŞİ №15

Elektrolitlərin müqavimət və elektrik keçiriciliyinin Kolrauş körpüsü vasitəsi ilə təyini.....	181
--	-----

LABORATORİYA İŞİ №16

Elektrolitlərin müqavimətinin temperaturdan asılılığının öyrənilməsi.....	185
---	-----

LABORATORİYA İŞİ № 17

Öz - özünə induksiya əmsalının təyini.....	188
--	-----

LABORATORİYA İŞİ № 18

Dəyişən cərəyan dövrəsində kondensator tutumunun təyini.....	190
--	-----

LABORATORİYA İŞİ №19

Dəyişən cərəyan dövrəsi üçün Om qanununun yoxlanılması.....	193
---	-----

LABORATORİYA İŞİ №20

Dəyişən cərəyan tezliyinin təyini.....	196
--	-----

LABORATORİYA İŞİ № 21

İkielektrodlu elektron lampasının öyrənilməsi.....	198
--	-----

IV HİSSƏ

OPTİKA

LABORATORİYA İŞİ №1

Toplayıcı linzanın baş fokus məsafəsinin təyini..... 203

LABORATORİYA İŞİ № 2

Səpici linzanın baş fokus məsafəsinin təyini..... 208

LABORATORİYA İŞİ № 3

Çökük güzgünün baş fokus məsafəsinin təyini..... 210

LABORATORİYA İŞİ № 4

Linzanın sındırma əmsalının sferometr vasitəsi ilə təyini..... 213

LABORATORİYA İŞİ № 5

İşığın dalğa uzunluğunun difraksiya qəfəsi vasitəsi ilə təyini..... 214

LABORATORİYA İŞİ № 6

Şüşə prizmanın sındırma əmsalının və dispersiyasının spektrometr vasitəsi ilə təyini..... 219

LABORATORİYA İŞİ № 7

Molekulun xətti ölçülərinin Refraktometr vasitəsi ilə təyini..... 228

LABORATORİYA İŞİ № 8

Baxış borusunun böyütməsinin və görüş sahəsinin təyini..... 229

LABORATORİYA İŞİ № 10

Optik cihazların böyütməsinin təyini..... 232

LABORATORİYA İŞİ № 11

Məhlulun konsentrasiyasının dairəvi Polyarimetr vasitəsi ilə təyini.....	237
--	-----

LABORATORİYA İŞİ № 12

İşığın dalğa uzunluğunun və linzanın ayrılık radiusunun Nyuton halqaları vasitəsi ilə təyini.....	240
---	-----

LABORATORİYA İŞİ № 13

Şəkər məhlulunun konsentrasiyasının və xüsusi fırlatma bucağının Saxarimetr vasitəsi ilə təyini.....	243
Cədvəllər.....	247

Kompüter yığınu - Sahibə Nəsirova, ADPU-nun Ağcabədi filialının kompüter mərkəzinin müdiri

Yığılmağa verilib: 11.11.2022

Çapa imzalanıb: 30.11.2022

Format: 60 × 84^{1/16}

F.Ç.V. 16.9

Tiraj 20

ADPU-nun Ağcabədi filialının kompüter mərkəzi

E-mail: sahibanasirova1963@mail.ru