



ZUBEYİD H. TAĞIYEV
FİKRƏT K. İSAYEV
ŞAHİN Q. BAYRAMOV

TİBBİ və BİOLOJİ FİZİKİ PRAKTİKUMU

5

2. Тағирус

F. Isäyer

С. Байрамов

Tibbi vs biolaji

форза-практик.

2224c

Банк - 1006

ZUBEYİD Haqverdi oğlu TAĞIYEV
FİKRƏT Kamal oğlu İSAYEV
ŞAHİN Qənbər oğlu BAYRAMOV

6969 -
**TİBBİ VƏ BİOLOJİ
FİZİKA
PRAKTİKUMU**

Ali tibb məktəbləri üçün dərslik

*Dərslik Azərbaycan Respublikası
Təhsil Nazirinin 10.02.2005-ci il tarixli
101 sayılı əmri ilə təsdiq edilmişdir.*

«Müəllim» nəşriyyatı
BAKİ – 2006

Rəyçilər:

*Bakı Dövlət Universitetinin professoru R.C.Qasimova
Azərbaycan Texniki Universitetinin professoru E.M.Qocayev*

Tağıyev Z.H., İsayev F.K., Bayramov Ş.Q.

«TİBBİ VƏ BİOLOJİ FİZİKA PRAKTİKUMU» (*ali tibb məktəbləri üçün dərslik*). – Bakı, «Müəllim» nəşriyyatı, 2006. – 284 s. (şəkilli)

Dərslik ali tibb məktəblərinin tibbi və bioloji fizika kursu proqramına uyğun laboratoriya işlərindən ibarətdir. Hər bir laboratoriya işində ətraflı nəzəri biliklər verilir. Dərslikdə müasir tibbi klinikalarda istifadə olunan tədqiqat metodları və cihazları barədə ətraflı məlumat verilir.

T $\frac{040302 - 2006}{9952 - 410}$ Qrifi nəşr

© Tağıyev Z.H., İsayev F.K., Bayramov Ş.Q., 2006

MÜNDƏRİCAT

GİRİŞ	7
Fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsində buraxılan xətlər və onların bəzi hesablamə qaydaları	8
Laboratoriya işi № 1.	
Analitik tərəzi. Dəqiq çəki qaydaları	15
Laboratoriya işi № 2.	
Bərk cisimlərin və mayələrin xüsusi çəkisinin təyini	20
Laboratoriya işi № 3.	
Məxaniki rəqslərin kimoqraf vasitəsilə öyrənilməsi	26
Laboratoriya işi № 4.	
Eşitmə astanasında qulağın spektral xarakteristikasının öyrənilməsi	31
Laboratoriya işi № 5.	
Cisimlərin ətalət momentinin trifilyar asqı üsulu ilə təyini	36
Laboratoriya işi № 6.	
En kəsik sahəsi dəyişən boruda mayenin axma sürətinin təyini ..	45
Laboratoriya işi № 7.	
Mayələrin daxili sürtünmə əmsalının Ostvald viskozimetri vasitəsi ilə təyini	49
Laboratoriya işi № 8.	
Mayələrin daxili sürtünmə əmsalının Stoks üsulu ilə təyini	54
Laboratoriya işi № 9.	
Biomolekulların molekulyar kütləsinin viskozimetr vasitəsilə təyini	57
Laboratoriya işi № 10.	
Bioloji mayələrin daxili sürtünmə əmsalının klinik üsulla təyini	62
Laboratoriya işi № 11.	
Qazların daxili sürtünmə əmsalının və molekulların sərbəst yolunun orta uzunluğunun təyini	65
Laboratoriya işi № 12.	
Sümük toxumasının elastiki xassələrinin öyrənilməsi	70
Laboratoriya işi № 13.	
Mayələrin səthi gərilmə əmsalının kapilyar boru və damcı üsulu ilə təyini	74
Laboratoriya işi № 14.	
Kapilyar borunun radiusunun təyini	83
Laboratoriya işi № 15.	
Mayələrin həcmi genişlənmə əmsalının Dyülonq-Pti üsulu ilə təyini	87



Laboratoriya işi № 16.	
Havanın rütubətinin avqust psixrometri vasitəsilə təyini	90
Laboratoriya işi № 17.	
Bərk cisimlərin uzunununa genişlənmə əmsalının təyini	94
Laboratoriya işi № 18.	
Bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalının təyini	99
Laboratoriya işi № 19.	
Qazların istilik tutumları nisbətinin Kleman-Dezorm üsulu ilə təyini	104
Laboratoriya işi № 20.	
Maye və bərk cisimlərin xüsusi istilik tutumlarının kolorimetr vasitəsi ilə təyini	111
Laboratoriya işi № 21.	
Buzun xüsusi ərimə istiliyinin təyini	117
Laboratoriya işi № 22.	
Müqavimətin körpü üsulu ilə təyini	121
Laboratoriya işi № 23.	
Termoelementin dərəcələnməsi və termoelektrik hərəkət qüvvəsinin təyini	125
Laboratoriya işi № 24.	
Termistorun dərəcələnməsi	130
Laboratoriya işi № 25.	
Qeyri-elektrik kəmiyyətlərin elektrik metodları vasitəsilə ölçülməsi	135
Laboratoriya işi № 26.	
Elektroforez üsulu ilə ionların yüüklüyünün təyini	141
Laboratoriya işi № 27.	
Sönən elektromaqnit rəqslərinin öyrənilməsi	145
Laboratoriya işi № 28.	
Dəyişən cərəyan dövrəsində induktivliyin və tutumun ölçülməsi	149
Laboratoriya işi № 29.	
Ekvivalent elektrik sxemlərinin impedansının təyini	158
Laboratoriya işi № 30.	
Dipolun elektrik sahəsinin öyrənilməsi	163
Laboratoriya işi № 31.	
Elektron ossiloqrafın işinin öyrənilməsi	168
Laboratoriya işi № 32.	
Elektrokardiografin işinin öyrənilməsi	177
Laboratoriya işi № 33.	
Vektor-elektrokardioskopun işinin öyrənilməsi	183
Laboratoriya işi № 34.	
Ultrayüksək tezlikli terapiya aparatının işinin öyrənilməsi	186

Laboratoriya işi № 35.	
Qalvanizasiya aparatının müalicə dövrəsindəki gücünün təyini ..	193
Laboratoriya işi № 36.	
Mikroskopun böyütməsinin təyini	202
Laboratoriya işi № 37.	
Məhlulun konsentrasiyasının kolorimetr vasitəsilə təyini	209
Laboratoriya işi № 38.	
Maddənin optik sıxlığının onun konsentrasiyasından asılılığının tədqiqi	215
Laboratoriya işi № 39.	
Refraktometr vasitəsilə mayələrin sındırma əmsalının təyini	219
Laboratoriya işi № 40.	
Havanın sındırma əmsalının təyini	225
Laboratoriya işi № 41.	
Xəyalın formalaşmasında difraksiyanın rolunun tədqiqi	230
Laboratoriya işi № 42.	
Polyarimetr vasitəsilə şəkər məhlulunun konsentrasiyasının təyini	234
Laboratoriya işi № 43.	
Maddənin konsentrasiyasının fluoressensiya üsulu ilə təyini	241
Laboratoriya işi № 44.	
Fotoelementin həssaslığının təyini	244
Laboratoriya işi № 45.	
İşığın dalğa uzunluğunu difraksiya qəfəsi vasitəsilə təyini	251
Laboratoriya işi № 46.	
He-Ne lazerinin işinin öyrənilməsi və eritrositlərin ölçülərinin təyini	257
Laboratoriya işi № 47.	
Radioaktiv parçalanma qanununun yoxlanılması	269
Əlavələr	
Cədvəl 1	
Bəzi maddələrin sıxlığı	273
Cədvəl 2	
Bəzi materialların elastiklik modulu	273
Cədvəl 3	
Normal şəraitdə havanın tərkibinə daxil olan bəzi qazların parsial təzyiqləri	273
Cədvəl 4	
Müxtəlif mayələrin "maye-hava" sərhəddində səthi gərilmə əmsalları	274
Cədvəl 5	
Bəzi maddələrin dinamik özlülüyü	274

Cədvəl 6	
Kapilyarlıq	274
Cədvəl 7	
Müxtəlif canlıların qəbul etdikləri mexaniki rəqslərin tezlik diapazonu	274
Cədvəl 8	
Müxtəlif canlı orqanizmlərin eşitmə orqanlarının qəbul etdiyi səs tezliyinin yuxarı həddi	275
Cədvəl 9	
Müxtəlif səslərin 1 kHs tezlikdə intensivlikləri	275
Cədvəl 10	
Səsin müxtəlif mühitlərdə sürəti	275
Cədvəl 11	
Həyatda tətbiq edilən ultrasəsin tezlik diapazonu	275
Cədvəl 12	
Bərk cisimlərin istilik sabitləri	276
Cədvəl 13	
Bəzi mayələrin sabitləri	277
Cədvəl 14	
Bəzi qazların sabitləri	278
Cədvəl 15	
Xüsusi elektrik müqaviməti	279
Cədvəl 16	
Tibbdə şərti olaraq qəbul edilən elektromaqnit rəqslərinin tezlik diapazonu	279
Cədvəl 17	
Bəzi maddələrin sındırma əmsalı	279
Cədvəl 18	
Tam daxili qayıtmanın limit bucağı	279
Cədvəl 19	
Bəzi radioaktiv nüvələrin yarımparçalanma periodları	280
Cədvəl 20	
Əsas fiziki və riyazi sabitlər	280
Ədəbiyyat	281

GİRİŞ

Elm və texnikanın inkişafı tibb kadrlarının hazırlanma şərtlərini kökündən dəyişdirdi. Xüsusilə fizika elminin inkişafı ilə bağlı onun nailiyyətləri tibb praktikasına daha dərinlən daxil olur. Ultrasəsin, elektronikanın, nüvə fizikasının, kvant elektronikasının və s. fiziki hadisələrə əsaslanan metodların tibdə tətbiqinə geniş imkanlar yarandı. Müalicə profilaktikasında da fizikanın rolu get-gedə artmaqdadır. Bütün bunlar ali tibb məktəblərində fizikanın tədrisinə olan tələbatı artırmaqla yanaşı, fizika kursunun ali tibb məktəblərinin profilinə yaxınlaşmasının zəruriliyinə gətirdi.

Tibbi və bioloji fizika praktikumunun məqsədi fizikanın qanunları və vacib fiziki cihazları ilə tələbələrə ətraflı tanış etmək və onlara təcrübə aparmağa lazım olan vərdisləri aşılamaqdır. Praktikum, fizikanın əsas bölmələrini özündə cəmləşdirməklə, tibbi və bioloji proseslərin fiziki mahiyyəti və fiziki kəmiyyətlərin ölçülmə metodları ilə tələbələrə yaxından tanış edir.

Laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsində tələbələrin tam sərbəstliyini təmin etmək üçün, hər bir işin əvvəlində lazım olan nəzəri məlumatlara ətraflı diqqət yetirilir. Bu da imkan verir ki, praktikumdan təkcə tələbələr deyil, həm də təkmilləşmə kursunu keçən, və eləcə də, elmi tədqiqatlarda müasir fiziki aparatlarla işləyən həkimlər də istifadə edə bilsinlər.

Təqdim olunan dərslik hazırlanarkən, ali tibb məktəblərinin tibbi və bioloji fizika proqramına uyğun tərtib olunmuş laboratoriya işlərinə aid dərs vəsaiti (H.A.Эссаулова, Е.Е.Блохина, Л.Д.Гонцов. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. Москва, "Высшая школа", 1987) əsas götürülməklə, başqa dərs vəsaitlərindən də istifadə olunmuşdur.

Ali tibb məktəblərinin tələbələri üçün təqdim olunan bu dərsliyin Azərbaycan dilində 20 il əvvəl dərc edilmiş yeganə dərslikdən (F.K.İsayev, H.T.Xudaverdiyev "Tibbi və bioloji fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik) fərqi, elmin son nailiyyətlərini nəzərə almaqla, nəzəri məsələlərin və praktiki icraların mümkün qədər konkret, sadə, aydın və yığcam şəkildə verilməsindədir.

Dərslik ali tibb məktəblərinin tələbələri üçün nəzərdə tutulsa da, dərslikdən digər universitetlərin tələbələri də istifadə edə bilərlər.

Müəlliflər dərsliyin formalaşmasında bu və ya digər formada köməyi dəyən kafedranın əməkdaşlarına, xüsusilə dərsliyin hazırlanmasında dəyərli məsləhətlərinə və tənqidi qeydlərinə görə G.T.Əhmədli, T.A.Əliyev və C.Ə.Rəhimova, dərsliyin işıq üzü görməsində sərf etdiyi gərgin əməyinə görə K.A.Kərimovaya öz minnətdarlığını bildirir.

Ayındır ki, təqdim olunan dərslikdə çatışmamazlıqlar mövcuddur. Ona görə də gələcəkdə praktikumun təkmilləşməsi üçün ona aid olan bütün tənqidlər və təkliflər minnətdarlıqla qəbul olunacaq.

FİZİKİ KƏMİYYƏTLƏRİN ÖLÇÜLMƏSİNDƏ BURAXILAN XƏTALAR VƏ ONLARIN HESABLANMA QAYDALARI

Təcrübənin aparılması üçün ən yaxşı şəraitin yaradılmasına və yüksək həssaslığa malik ölçü cihazlarının dəqiqliklə işlədilməsinə baxmayaraq, istənilən ölçmədə müəyyən nöqsanlara-xətalara yol verilir ki, bunların da xarakter və səbəbləri müxtəlif ola bilər.

Xətalara sistematik və təsadüfi olmaqla iki qrupa bölürlər. *Sistematik xətlərin* əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onların təsiri həmişə birtərəfli olur, yəni ölçmənin nəticəsinə ya artırır, ya da azaldır. *Təsadüfi xətlər* isə, əksinə, ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətini eyni ehtimalla hər iki tərəfə dəyişə bilər, yəni təcrübənin nəticəsinə həm artırır, həm də azaldır.

Sistematik xətlər ölçmə metodunun dəqiq olmaması, cihazların düzgün dərəcələnməməsi və tənzimlənməməsi, təcrübənin nəzəri əsaslarının dəqiq olmaması və s. ilə əlaqədar olaraq yaranır. Məsələn, təcrübədə istilik izolyasiyası mükəmməl olmayan kalorimetrdən istifadə edərkən, ətraf mühitə şüalandırılan istilik miqdarını kəmiyyətə nəzərə almaq mümkün deyil. Belə kalorimetrlə işləyərkən ölçmənin nəticələrinə-istilik miqdarının həqiqi qiymətinin azalmasına yönələn sistematik xəta daxil olur.

Əgər analitik tərəzidə cismin dəqiq çəkisi təyin edilən zaman cismə və çəki daşlarına müxtəlif qiymətlərlə təsir edən Arximed qüvvəsini nəzərə almasaq, onda tərəzidə çəkilən cismin çəkisi onun həqiqi qiymətindən fərqli olur, beləliklə ölçmənin nəticəsinə sistematik xəta təsir edir.

Bir sıra elektrik ölçmələrində birləşdirici naqillərin müqaviməti, habelə ölçmə aparılan şəraitin (temperatur, təzyiq, rütubət və s.) dəyişməsi nəzərə alınmır ki, bütün bunlar da sistematik xətlərin yaranmasına səbəb olur.

Tətbiq edilən üsulla bağlı sistematik xətlərin azaldılması (yaxud yox edilməsi) daha həssas ölçmə üsuluna keçilməsi və daha dəqiq hesablama düsturlarının tətbiqi ilə mümkündür.

Cihazın dərəcələnməsi və nizamlanmasında buraxılan nöqsanlar da sistematik xətlər verə bilər. Doğrudan da, əgər analitik tərəzinin nizamlanmasında nöqsanlar yol verilərsə, onda onunla aparılan çəki əməliyyatında alınan nəticələrə müəyyən sistematik xəta daxil olacaq.

Ümumiyyətlə, sistematik xətlərin ölçmənin nəticələrinə təsirini qabaqcadan müəyyən edib, onu bəzən azaltmaq olar. Lakin, qeyd etmək lazımdır ki, bu cəhd çox zaman mürəkkəb xarakter daşıyır.

Kəmiyyətin təcrübi ölçmələrdən alınan qiymətinin, onun həqiqi qiymətinə yaxınlığını kəmiyyətə müəyyən etmək üçün mütləq xəta anlayışından istifadə edilir. X kəmiyyətinin mütləq xətası Δx , onun təcrübədən alınan x_i qiymətinin, orta qiymətindən modulca nə qədər fərqli olduğunu göstərir, yəni $\Delta x = |X_{or} - x_i|$. Buradan görünür ki, mütləq xəta həmişə müsbət olmaqla, əsas kəmiyyətin ölçüldüyü vahidlə ölçülür.

Axtarılan kəmiyyətin həqiqi qiymətinə ən yaxın olanı, bütün ölçmələrin aşağıdakı düsturla təyin olunan orta ədədi qiymətidir:

$$X_{or} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

burada X_{or} - kəmiyyətin bütün ölçmələr üzrə orta ədədi qiyməti, $x_1, x_2, x_3, \dots$ uyğun olaraq, birinci, ikinci, üçüncü və s. ölçmələrin nəticələri, n isə, ölçmələrin ümumi sayıdır.

Təkrar ölçmələr zamanı ayrı-ayrı ölçmələrin mütləq xətaları bir-birindən fərqli ola bilər. Ona görə də, təcrübənin yekun nəticəsinin hansı mütləq xəta ilə alınmasını müəyyən etmək üçün *orta mütləq xəta* anlayışından istifadə olunur. *Orta mütləq xəta* ΔX_{or} n sayda ölçmələr aparıldıqda hər bir ölçmə üçün alınan mütləq xətalərin orta ədədi qiymətinə deyilir və aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\Delta X_{or} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots + \Delta x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n}. \quad (2)$$

Ölçmənin dəqiqlik dərəcəsini xarakterizə etmək üçün nisbi xəta anlayışından da istifadə olunur. *Nisbi xəta* göstərir ki, *mütləq xəta* Δx ölçülən kəmiyyətin orta qiymətinin hansı hissəsini təşkil edir və faizlərlə ölçülür, yəni

$$E = \frac{\Delta x}{X_{or}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Mütləq xəta heç də ölçmələrin dəqiqlik dərəcəsini tam xarakterizə etmir. Məsələn, tutaq ki, mikrometrlə ölçmələr zamanı müəyyən edilib ki, lövhənin qalınlığı $d = (2,50 \pm 0,01) \text{ mm}$, radio dalğalarının atmosferdə yayılma sürəti $v = (299705 \pm 50) \text{ km/san}$ -dir. Birinci halda mütləq xətanın xeyli az olmasına baxmayaraq, göstərmək olar ki, ikinci halda, yəni radio siqnallarının yayılma sürətinin ölçülməsi, lövhənin qalınlığının ölçülməsinə nəzərən daha dəqiq aparılıb.

Doğrudan da, lövhənin qalınlığının və radio siqnallarının yayılma sürətinin ölçülməsinə uyğun nisbi xətaləri hesablasaq,

$$E_1 = \frac{\Delta d}{d} \cdot 100\% = \frac{0,01}{2,50} \cdot 100\% = 0,4\%$$

$$E_2 = \frac{\Delta c}{c} \cdot 100\% = \frac{50}{299705} \cdot 100\% = 0,02\%$$

alırıq, yəni lövhənin qalınlığının təyinindəki nisbi xəta, radio dalğaların sürətinin ölçülməsindəki nisbi xətadan 20 dəfə çoxdur. Bu o deməkdir ki, ikinci təcrübənin dəqiqliyi birinciyə nəzərən daha çoxdur. Ona görə də, fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsi zamanı mütləq xəta ilə yanaşı nisbi xətanın da hesablanması məqsədəuyğundur.

Xətalərin yuxarıdakı hesablanma qaydaları fiziki kəmiyyətin təcrübədə bilavasitə təyin olunduğu hala aiddir. İndi isə, axtarılan kəmiyyətin təcrübədə bilavasitə deyil, bir neçə kəmiyyətin vasitəsilə hesablandığı halda mütləq və nisbi xətalərin tapılmasına baxaq. Məsələn, sabit cərəyanın gücü $P=JU$ düsturu vasitəsilə hesablandıqdan cərəyanın gücünü təyin etmək üçün təcrübədə cərəyan şiddəti J və gərginlik U ölçülür. Gücün hesablanmasındakı nisbi və mütləq xətalərin qiyməti J və U kəmiyyətlərinin nisbi və mütləq xətalərinin qiymətləri ilə müəyyən olunur. Ona görə də, dolayı yolla ölçülən kəmiyyətin hesablanmasında buraxılan xətanı müəyyən etmək üçün həmin kəmiyyətin asılı olduğu kəmiyyətlərin (bilavasitə təcrübədə ölçülən) xətalərini bilmək lazımdır.

Bir neçə hala baxaq.

1. *Fərz edək ki, axtarılan N kəmiyyəti təcrübədə ölçülən a və b kəmiyyətlərinin cəminə, və ya fərqiə bərabərdir: $N=a \pm b$.* Tutaq ki, a kəmiyyətinin ölçülməsində buraxılan mütləq xəta Δa , b kəmiyyətinin ölçülməsindəki mütləq xəta isə, Δb -dir. Onda N kəmiyyətinin hesablanmasında buraxılan mütləq xəta ΔN aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta N = (a \pm \Delta a) + (b \pm \Delta b) - (a \pm b)$$

Burada mütləq xətanın işarəsi həm müsbət həm də mənfi ola bilər. Təcrübə zamanı aparılan ölçmənin ən böyük mütləq xətasını tapmaq lazımdır. Ona görə də, axtarılan kəmiyyət iki və daha çox ölçülən kəmiyyətin cəmi, və ya fərqi kimi təyin olunursa, onda təcrübənin maksimal mütləq xətası ayrı-ayrı ölçülən kəmiyyətlərin orta mütləq xətalərinin eyni işarəli olduğu halda alınır. Bu qayda ilə hesablanan xətaya maksimal mütləq xəta deyilir. Beləliklə yuxarıdakı ifadədə sadələşdirmə aparsaq, alırıq ki,

$$\Delta N = \Delta a + \Delta b. \quad (4)$$

Nisbi xəta isə,

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a \pm b} \quad (5)$$

olar.

2. Axtarılan N kəmiyyəti təcrübədə ölçülən iki a və b kəmiyyətlərinin hasilinə bərabərdir: $N = a \cdot b$. Bu halda N kəmiyyətinin hesablanması buraxılan xəta

$$\Delta N = (a \pm \Delta a)(b \pm \Delta b) - ab = ab \pm a\Delta b \pm b\Delta a \pm \Delta a\Delta b - ab.$$

Burada $\Delta a\Delta b$ iki kiçik kəmiyyətin hasilı kimi, daha kiçik tərtibli kəmiyyət olduğundan, onu nəzərə almamaq olar. Onda N kəmiyyətinin maksimal mütləq xətası

$$\Delta N = b\Delta a + a\Delta b \quad (6)$$

olar.

Nisbi xəta isə,

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{b\Delta a + a\Delta b}{ab} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \quad (7)$$

olur, yəni vuruqların nisbi xətalarının cəmi ilə təyin edilir.

3. Axtarılan N kəmiyyəti təcrübədə ölçülən iki a və b kəmiyyətlərinin nisbatına bərabərdir: $N = a / b$. Onda N kəmiyyətinin maksimal mütləq xətası

$$\Delta N = \frac{a \pm \Delta a}{b \pm \Delta b} - \frac{a}{b} = \frac{ab \pm b\Delta a \pm a\Delta b - ab}{b(b \pm \Delta b)} = \frac{b\Delta a + a\Delta b}{b^2} \quad (8)$$

olar. Burada kəsrin məxrəcində Δb kəmiyyətinin b -yə nəzərən çox kiçik olduğunu nəzərə alaraq $b\Delta b$ hasilini nəzərə almamışıq.

Nisbi xəta isə,

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta(a/b)}{a/b} = \frac{b(b\Delta a + a\Delta b)}{b^2 a} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \quad (9)$$

4. Axtarılan N kəmiyyəti ölçülən a kəmiyyətinin kvadratına bərabərdir: $N = a^2$.

(6) və (7) ifadələrində $b = a$ olduğunu nəzərə alsaq, yaza bilərik

$$\Delta N = 2a\Delta a. \quad (10)$$

Nisbi xəta isə,

$$\frac{\Delta N}{N} = 2 \frac{a \Delta a}{a^2} = 2 \frac{\Delta a}{a} \quad (11)$$

olar.

Bir çox hallarda fiziki kəmiyyətin ölçülməsində buraxılan mütləq xətanı funksiyanın diferensiallanma qaydaları əsasında hesablayırlar. Yada salaq ki, funksiyanın diferensialı, onun törəməsi ilə arqumentin sonsuz kiçik artımının hasilinə bərabərdir. Fərz edək ki, söhbət N kəmiyyətinin təyin edilməsindən gedir. Arqumentin sonsuz kiçik dx artımına uyğun funksiya artımını (diferensialını) dN işarə edək. Arqumentin artımının sonlu kiçik Δx qiymətlərində funksiyanın artımının ΔN , onun dN diferensialına təqribən bərabər olmasını qəbul edə bilərik. Beləliklə, N kəmiyyətinin dolaylı ölçülər zamanı alınan mütləq xətasını ΔN , onun diferensialı vasitəsilə təyin etmək olar, yəni

$$\Delta N \approx dN = N' dx \approx N' \Delta x. \quad (12)$$

Burada N' -əxtarılan N funksiyanın x arqumentinə görə törəməsidir.

Nisbi xəta isə,

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{N'}{N} dx = \left| \frac{N'}{N} \Delta x \right| \quad (13)$$

olar.

Misal 1. Tutaq ki, radiusu $r=20$ sm olan metal kürəni qızdırdıqda onun radiusu $\Delta r=0,01$ sm artır. Bu zaman kürənin həcmi nə qədər artar?

Həlli. r radiuslu metal kürənin həcmi $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ düsturu ilə təyin

olunur. Radiusun Δr qədər dəyişməsi zamanı, kürənin həcm artımı - dV həcmnin hesablanmasındakı mütləq xətaya ekvivalentdir, yəni

$$\Delta V \approx dV = V' dr = \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right)' dr = 4\pi r^2 dr = 4\pi 20^2 \cdot 0,01 \text{ sm}^3 = 50,24 \text{ sm}^3$$

olar.

Misal 2. Kubun tilinin uzunluğunun ölçülməsi zamanı müəyyən olunmuşdur ki, buraxılan xəta $\Delta a=0,5$ sm-ə bərabərdir. Kubun V həcmi hesablanması zamanı buraxılan mütləq və nisbi xətalari tapın. Kubun tilinin uzunluğu 2 m-ə bərabərdir.

Həlli. Bilirik ki, tili a olan kubun həcmi $V=a^3$. Ona görə də mütləq xəta

$$\Delta V = dV = V' da = V' \Delta a,$$

burada $V = a^3$ olduğunu nəzərə alsaq,

$$\Delta V = (a^3)' \Delta a = 3a^2 \Delta a = 12 m^2 \cdot 0,005 m = 0,06 m^3.$$

Nisbi xəta isə,

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V' \Delta a}{V} = \frac{0,06}{8} = 0,0075$$

olar.

(12) və (13) düsturları birdəyişənli funksiya şəklində qurulan asılılıqlar üçün doğrudur. Bir çox hallarda isə, axtarılan kəmiyyət bir neçə kəmiyyətdən asılı olur. Bu halda belə asılılıq çoxdəyişənli funksiya ilə $y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ ifadə olunur. Burada $x_1, x_2, \dots, x_n$ təcrübədə təyin olunan kəmiyyətlər olduqda, y kəmiyyətinin mütləq xətası, çoxdəyişənli y funksiyasının arqumentlərinə görə tam diferensial vasitəsilə tapılır (bu zaman funksiya daxil olan $x_1, x_2, \dots, x_n$ kəmiyyətlərindən hər hansı biri və ya bir neçəsi təcrübədə ölçülmürsə, o kəmiyyətlər sabit götürülür):

$$dy = \frac{\partial y}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} dx_n = \sum_{i=1}^n \frac{\partial y}{\partial x_i} dx_i \quad (14)$$

(14) ifadəsinə görə y -dən x_1 -ə görə xüsusi törəmə alarkən, x_1 -dən başqa qalan $x_2, x_3, \dots, x_n$ arqumentlər sabit hesab edilir. Bu qayda digər hədlərə görə xüsusi törəmə alındıqda da gözlənilməlidir.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi funksiyanın Δy artımının təqribi olaraq onun dy diferensialına bərabər olduğunu qəbul etsək, (14) düsturunu aşağıdakı kimi yazı bilərik:

$$\Delta y = \frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n = \sum_{i=1}^n \frac{\partial y}{\partial x_i} \Delta x_i. \quad (15)$$

Xətalar nəzəriyyəsinə xətaların toplanması qanununa görə, yekun xətanı hesablayarkən xətaların cəmini yox, onların kvadratları cəminin kvadrat kökü götürülür. Yəni, y funksiyasının mütləq xətasının hesablanması düsturu aşağıdakı kimidir:

$$\Delta y = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n} \Delta x_n\right)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \Delta x_i\right)^2}. \quad (16)$$

Axtarılan kəmiyyətin E nisbi xətası isə, aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$E = \frac{\Delta y}{y} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{1}{y^2} \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2} \quad (17)$$

burada $\frac{1}{y} \frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\partial (\ln y)}{\partial x}$ olduğundan, (17) münasibətini

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial (\ln y)}{\partial x_i} \Delta x_i \right]^2} \quad (18)$$

şəklində yazı bilərik.

LABORATORİYA İŞİ № 1

ANALİTİK TƏRƏZİ. DƏQİQ ÇƏKİ QAYDALARI

Cihazlar və ləvazimatlar: analitik tərəzi, çəki daşları, çəkisi dəqiq təyin ediləcək müxtəlif cisimlər

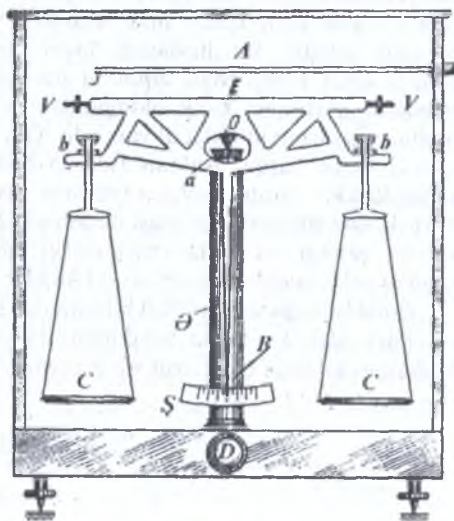
NƏZƏRİ MƏLUMAT

Analitik tərəzi bir çox tibbi-bioloji, kimyəvi və fiziki təcrübi tədqiqat üsullarında tətbiq edilən çox mühüm cihazdır (şəkil 1.1). Bu cihaz cismnin çəkisini ($1 \pm 0,1$) *mg* dəqiqliyi ilə ölçməyə imkan verir.

Analitik tərəziləri hava cərəyanının təsirindən və tozdan mühafizə etmək üçün şüşə qutunun içərisində yerləşdirilir. Şəkilə *VE* və *EV* tərəzinin qolları, *VV* isə tərəzinin lingidir. Lingin ortasına alt tərəfdən üçüzlü polad *O* prizması bərkidilmişdir ki, o da qolların dayağı rolunu oynayır. Lingin *E* nöqtəsindən eyni məsafələrdə, tərəzi qollarının uclarındakı *b* prizmalarından tərəzinin *C* gözləri asılmışdır. Lingin tən ortasındakı *O* prizmasının və qolların uclarındakı *b* prizmalarının tilləri bir-birinə paraleldirlər. Tərəzinin sağ və sol gözlərinin ağırlıq mərkəzləri *O* prizmasının dayaq səviyyəsindən aşağıda olduğu üçün tərəzinin gözləri vəziyyətinə gəlir.

Analitik tərəzinin qolu xüsusi quruluşa malikdir. Belə tərəzilərin linginin qolu qısadılmışdır, ona görə də onun yellənməsi azalır. Bundan başqa, sürtünmənin azalması üçün tərəzinin bütün prizmaları çox bərk materiallardan (məsələn, aqat, kvars, polad) hazırlanır. Elə həmin materiallardan da dayaq lövhəsi hazırlanır ki, bu lövhənin üzərində də, qolun orta prizması yerləşdirilir.

Tərəzi boş olduqda, və ya dəqiq çəki əməliyyatı aparıldıqda, tərəzinin qolları



Şəkil 1.1

üfiqi vəziyyətdə olmalıdır. Bu vəziyyəti müəyyən etmək üçün, prizmaları birləşdirən xəttə perpendikulyar istiqamətdə yönəlmiş və lingin ortasına bərkidilmiş Θ əqrəbindən istifadə olunur. Bu əqrəb B dayağının oturacağına bərkidilmiş S şkalası üzrə sağa və sola sərbəst hərəkət edir. Qollar üfiqi vəziyyətdə olduqda, əqrəb şkalının tən ortasında dayanır. Bu hal tərəzinin başlanğıc, və ya sıfır vəziyyəti adlanır. Boş tərəzinı sıfır vəziyyətinə gətirmək üçün tərəzinin qollarının uclarında, və ya lingin orta hissəsində yivli üfiqi çubuq boyunca sağa və sola yerini dəyişə bilən yüklərdən istifadə olunur.

Tərəzinin ön tərəfinin aşağı hissəsində yerləşən D dəstəyini saat əqrəbi istiqamətində fırlatmaqla, lingin ortasındakı a prizmasını yuxarı qaldıraraq yükəndən azad edilir. Bu əməliyyat tərəzinin arretirlənməsi adlanır. Beləliklə də, prizmanın tez sıradan çıxmasının qarşısını almaq mümkün olur. Tərəzinin arretirlənməsi ilə eyni vaxtda tərəzinin gözləri xüsusi dayaqlarla müəyyən qədər yuxarıya qaldırılır və tərəzinin gözlərinin asıldığı prizmalar yükəndən azad olur. Tərəzinı arretirdən çıxarmaq üçün onu çox ehtiyatla yavaş-yavaş endirmək lazımdır, əks halda tərəzinin gözlərini saxlayan asqılar tarazlıq vəziyyətindən çıxı bilərlər. Ona görə də, analitik tərəzidə yükün istənilən dəyişilməsi zamanı tərəzi hökmən arretirə gətirilməlidir.

Yüksüz tərəzinı arretirdən azad etdikdə, əqrəbin rəqsi sönərək S şkalası üzərində müəyyən vəziyyət alır. Əqrəbin dayandığı nöqtəyə tarazlıq nöqtəsi deyilir.

Boş tərəzinin tarazlıq nöqtəsi əqrəbin göstərdiyi K -cı bölgədə, tərəzinin bir gözünə bir milliqram yük qoyduqdan sonra əmələ gələn yeni tarazlıq vəziyyəti isə, K_1 -ci bölgədə olarsa, deyə bilərik ki, bir milliqram yükün təsiri altında əqrəb K_1 - K qədər meyl etmişdir. K_1 - K ədədinə yüksüz tərəzinin həssashlığı deyilir. Bu həssashlığı təyin etmək üçün tərəzinin arretirdən yavaşca azad edib, onun əqrəbini hərəkətə gətirmək lazımdır. Analitik tərəzilərdə sürtünmə kiçik olduğundan, arretirdən azad olduqdan sonra əqrəbin rəqsi uzun müddət davam edir. Ona görə də, tərəzinin sıfır nöqtəsini tapmaq üçün başqa üsuldən istifadə edilir. Təcrübədə tarazlıq nöqtəsi aşağıdakı kimi tapılır: əvvəlcə tərəzinin arretirdən azad edib, əqrəbi rəqsə gətiririk. Əvvəlki bir neçə rəqsi nəzərə almadan, soldan başlayaraq əqrəbin şkalada çatdığı ən kənar vəziyyətləri qeyd edirik. Soldan hesablanan bölgələr solda, sağdan hesablanan bölgələr isə, sağda yazılır.

Əqrəbin rəqsi sol tərəfdən başlanarsa, sol tərəfdə də qurtarmalıdır.

Fərz edək ki, bizim baxdığımız halda tərəzinin əqrəbi 7 rəqs edib. Bunlardan sol tərəf üçün orta ədədi qiymət

$$\frac{n_1 + n_3 + n_5 + n_7}{4}$$

sağ tərəf üçün orta ədədi qiymət isə,

$$\frac{n_2 + n_4 + n_6}{3}$$

olar. Burada n_1, n_3, n_5, n_7 şkalada sıfır nöqtəsinə nəzərən əqrəbin sola, n_2, n_4, n_6 isə, əqrəbin sağa rəqsləri zamanı şkala üzrə ən çox uzaqlaşdığı bölgülərin sayıdır. Onda, tərəzinin şkalasında sıfır bölgüsü sol kənarada və ortada olarsa, tərəzinin tarazlıq nöqtəsi (sıfır nöqtəsi) aşağıdakı kimi hesablanır:

$$K = \frac{1}{2} \left(\frac{n_1 + n_3 + n_5 + n_7}{4} \pm \frac{n_2 + n_4 + n_6}{3} \right). \quad (1)$$

Burada müsbət işarəsi sıfır bölgüsünün sol kənarada, mənfi işarəsi isə, sıfır bölgüsünün ortada yerləşdiyi hala uyğundur.

Bu üsulla tarazlıq nöqtəsini azı üç dəfə təyin edərək, onun orta qiymətini hesablamaq lazımdır.

İndi də tərəzinin həssaslığının təyin edilməsinə baxaq. Bunun üçün tərəziyə bir milliqram yük qoyub, əqrəbin neçə bölgü meyl etməsini qeyd etmək lazımdır. Bir milliqram çəki daşı ilə işləmək çətin olduğundan, on milliqramlıq mis teldən düzəldilmiş reyter adlanan yükədən istifadə edilir. Reyterdən istifadə etmək üçün tərəzinin qolları 10 bərabər hissəyə bölünür. Sıfır nöqtəsi ortadakı dayaq prizmasının tili ilə üst-üstə düşür. Yandakı gözlərin dayaq prizmaları isə, 10-cu bölgüyə uyğun gəlir. Reyteri 10-cu bölgü üzərinə qoyduqda 10 milliqram, 1-ci bölgü üzərinə qoyduqda isə, 1 milliqram çəki daşının təsirinə ekvivalentdir. Digər bölgülərə uyğun olan təsirlər də belə hesablanır. Beləliklə, bir milliqram yükü tərəzinin sağ, və ya sol gözüne qoyub, tarazlıq nöqtəsini yuxarıda göstərilən qayda ilə yenidən tapmaq lazımdır.

Yenidən alınan bölgü K_1 olarsa, boş tərəzinin həssaslığı $K_1 - K$ olar. Yəni 1 mq-lıq yükə uyğun tərəzinin sıfır nöqtəsinin yerdəyişmə məsafəsini tapmaqla, tərəzinin həssaslığını təyin etmək olar.

Verilən cismi tərəzinin bir gözüne, çəki daşlarını isə, digər gözüne qoyub, tərəzinə arretirdən azad etdikdə əqrəb sərbəst hərəkət edir. Çəki daşlarının çəkisi ilə öyrənilən cismin çəkisi arasındakı fərq böyükdürsə, əqrəb rəqs etməyərək bir tərəfə meyl edəcəkdir. Belə hallarda tərəzinə arretirdən tam azad etmədən, onu bağlamaq lazımdır. Çəki daşlarını dəyişməklə, tərəzinin gözlərindəki çəkilər fərqi tədricən azaltmaq lazımdır. Bu halda tərəzinə arretirdən azad etdikdə, tərəzinin əqrəbi şkala üzrə rəqs etməyə başlayar. Əgər cismin çəkisi tam qram və milliqramlarla alınmazsa,

onda reyterdən istifadə etmək lazımdır. Reyteri tərəzi qolu üzərindəki bölgülərdə yerini gəyişməklə iki elə ardıcıl bölgü tapmaq olar ki, reyter onlardan biri üzərində olduqda, çəki daşlarının çəkisinin cismin çəkisindən kiçik, digəri üzərində olduqda isə, çəki daşlarının çəkisinin cismin çəkisindən böyük olduğu müşahidə edilsin. İndi fərz edək ki, reyterin ardıcıl (qonşu) bölgülərdə yerləşməsi zamanı daşların çəkisinin uyğun olaraq P_1 və P_2 qiymətlərinə, əqrəbin sıfır nöqtələri isə l_1 və l_2 meylinə uyğun gəlir. Onda çəki daşlarının çəki fərqinə ($P_2 - P_1 = 1 \text{ mQ}$) uyğun əqrəbin meyli $l_2 - l_1$, $P_2 - P_1$ ilə mütənasib olar. Cismin həqiqi çəkisi P , P_1 -dən böyük, P_2 -dən isə kiçikdir. Onda cismin həqiqi P çəkisini tapmaq üçün P_1 çəkisinin üzərinə elə bir ΔP çəkisi əlavə etmək lazımdır ki, P_1 çəkisinə uyğun sıfır nöqtəsi yerini dəyişərək, P çəkisinə uyğun l_0 sıfır nöqtəsilə üst-üstə düşsün (eyni mülahizəni P_2 çəkisi üçün də aparmaq olar). Aydın ki, ΔP çəkisi də əqrəbin ona uyğun $l_1 - l_0$ meyli ilə mütənasib olar, yəni

$$\begin{aligned} 1 \text{ mQ} &= \alpha(l_2 - l_1) \\ \Delta P \text{ mQ} &= \alpha(l_1 - l_0). \end{aligned}$$

Bu mütənasibətlərdən

$$\Delta P = \frac{l_1 - l_0}{l_2 - l_1} \quad (2)$$

alırıq. Onda cismin havadakı çəkisi

$$P = P_1 + \Delta P \quad (3)$$

olar. Burada P_1 - çəki daşları ilə qolun üzərindəki reyterin l_1 tarazlıq nöqtəsinə uyğun çəkisidir.

Cismin çəkisi havada tapıldığına görə, Arximed qanununa uyğun olaraq o, öz həqiqi çəkisindən müəyyən qədər itirmiş olur. Odur ki, cismin tapılan çəkisinə havada itirilən çəkini əlavə etmək lazımdır.

Arximed qanununa görə cismin havada itirdiyi çəkisi, həmin cismin həcminə bərabər havanın çəkisi qədər olar. Onda tərəzinin havada tarazlıq vəziyyətində olması üçün

$$P - V\lambda = P_d - v\lambda \quad (4)$$

şərti ödənilməlidir. Burada P - cismin həqiqi çəkisi, V - cismin həcmi, v - çəki daşlarının həcmi, P_d - çəki daşlarının həqiqi çəkisidir, λ - havanın xüsusi çəkisidir.

$V = P/D$ və $v = P_d/d$ olduğundan (D və d uyğun olaraq cismin və çəki daşlarının xüsusi çəkiləridir), bunları (4)-də yerinə yazsaq, alırıq

$$P = P_d \frac{1 - \lambda/d}{1 - \lambda/D}. \quad (5)$$

Bu ifadədəki kəsri, çoxhədlilərin bölünməsi qaydası ilə bölsək alırıq:

$$\frac{1 - \lambda/d}{1 - \lambda/D} = 1 + \frac{\lambda}{D} - \frac{\lambda}{d} + \frac{\lambda^2}{D^2} - \frac{\lambda^2}{d^2} + \dots \quad (6)$$

Havanın λ xüsusi çəkisinin cismin və çəki daşlarının xüsusi çəkisindən (D və d) çox kiçik olduğundan, (6) ifadəsində λ/d həddindən sonrakı hədləri nəzərə almamaq olar. Onda cismin həqiqi çəkisi

$$P = P_d \left(1 + \frac{\lambda}{D} - \frac{\lambda}{d} \right) \quad (7)$$

olar.

λ , d və D -nin qiymətlərini cədvəldən götürməklə cismin həqiqi çəkisini hesablamaq olar. Cismin həqiqi çəkisini 3 dəfə tapub, onun orta qiymətini, mütləq və nisbi xətalrı hesablamaq lazımdır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Tərəzini arretirdən azad edib, boş tərəzinin sıfır nöqtəsini təyin etməli.
2. Tərəzinin qollarından birinin birinci bölgüsünə 10 mQ-lıq reyter qoymalı.
3. 1 mQ yükə uyğun əqrəbin l_1 yerdəyişməsini təyin etməli.
4. Tərəzinin həssaslığını, yəni $l_1 - l_0$ fərqini tapmalı.
5. Tərəzinin həssaslığını ən azı 3-5 dəfə təyin edib, orta qiymətini tapmalı.
6. Çəkisi təyin ediləcək cismi tərəzinin bir gözünə qoyub, o biri gözünə çəki daşlarını uyğun seçməklə, tərəzini arretirdən azad edib əqrəbin şkala üzrə rəqs etməsinə nail olmalı.

7. Reyteri tərəzinin qolunda elə iki qonşu bölgü üzərində yerləşdirməli ki, bu bölgülərə uyğun çəkildən biri P_2 cismin çəkisindən P böyük, o biri P_1 - isə, cismin çəkisindən kiçik olsun.

8. P_1 və P_2 çəkirlərinə uyğun əqrəbin sıfır nöqtələrini tapmalı.

9. Çəki daşlarının 1 m_q kütlələri fərqiyyə uyğun əqrəbin meylini l_2 -l tapmalı.

10. (2) düsturuna görə ΔP çəkisini tapıb, (3) düsturuna görə cismnin havadakı çəkisini hesablamalı.

11. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 2

BƏRK CİSİMLƏRİN VƏ MAYELƏRİN XÜSUSİ ÇƏKİSİNİN TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: texniki tərəzi, çəki daşları, piknometr, xüsusi çəkisi təyin ediləcək bərk cisimlər, təmiz su, termometr, süzgəç kağızı, mikrometr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Cismin vahid həcmnin kütləsinə bərabər olan kəmiyyətə onun sıxlığı deyilir. Cismin sıxlığını ρ , kütləsini m , həcmi V ilə işarə etsək, tərifi əsasən sıxlıq

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

olar.

BS vahidlər sistemində sıxlığın vahidi kq/m^3 , SQS sistemində isə, q/sm^3 dur.

Cismin vahid həcmnin çəkisinə bərabər olan kəmiyyətə, onun xüsusi çəkisi deyilir. Xüsusi çəkini d , çəkini P və həcmi V ilə işarə etsək, xüsusi çəkiyə verdiyimiz tərifi əsasən

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

olar. Cisimin çəkisi ilə kütləsi arasındakı $P=mg$ asılılığından istifadə edərək, (1) və (2) ifadələrinə əsasən xüsusi çəki ilə sıxlıq arasındakı əlaqəni tapmaq olar:

$$d = \rho g.$$

Beləliklə, cismin xüsusi çəkisi, ədədi qiymətcə, həmin cismin sıxlığı ilə sərbəstdüşmə təcilinin hasilinə bərabərdir. Xüsusi çəki vektorial kəmiyyətdir. BS vahidlər sistemində cismin çəkisi Nyutonlarla ölçüldüyündən, xüsusi çəkinin vahidi N/m^3 , SQS sistemində isə din/sm^3 -dur.

Çalışma 1. Bərk cisimlərin xüsusi çəkisinin təyini.

Bərk cisimlər düzgün həndəsi formaya malik olduqda, onun həcmi analitik üsulla, çəkisini isə, ölçməklə təyin edərək, xüsusi çəkisini hesablamaq olar. Düzgün həndəsi formaya malik olan cisimlər üçün bəzi hallara 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 çəkisini aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

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

burada R - kürənin radiusudur;

b) cisim silindrik formada olarsa, onun həcmi

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

düsturu ilə hesablanır. Onda silindrik formalı cisim üçün xüsusi çəkinin ifadəsi aşağıdakı kimi alınar:

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

burada R - silindrin oturacağıının radiusu, h - isə onun hündürlüyüdür.

Düzgün həndəsi formalı digər cisimlərin xüsusi çəkilərini də eyni qayda ilə hesablamaq olar.

Bir çox hallarda xüsusi çəkisi axtarılan cisim düzgün həndəsi formaya malik olmur. Belə hallarda onun həcmi analitik üsulla təyin etmək mümkün deyil. Düzgün həndəsi formaya malik olmayan cisimlərin həcmi tapmaq üçün piknometrdən istifadə edilir.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

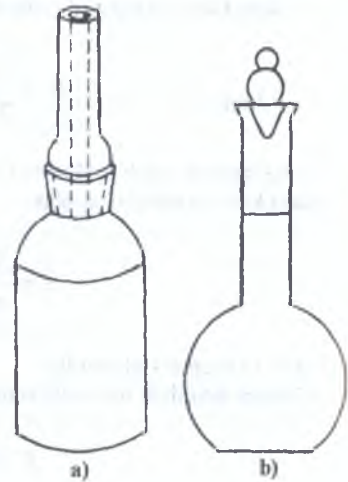
Piknometrlər dəyişməz həcmə malik olan müxtəlif formalı şüşə qablardır. Onlardan ən çox tətbiq olunanları kapilyar (şəkil 2.1.a) və dar boğazlı (şəkil 2.1.b) piknometrlərdir.

Piknometr vasitəsilə bərk cisimlərin xüsusi çəkisinin tapılması Arximed qanununa əsaslanır.

Xüsusi çəkisi təyin ediləcək bərk cismi piknometrin içərisindəki mayeyə saldıqda, o, öz həcminə bərabər həcmdə maye çıxaracaqdır. Bu cismin çıxardığı mayenin çəkisini tapmaqla, onun məlum xüsusi çəkisinə əsasən həcmi, beləliklə də, bu mayeni çıxarmış olan bərk cismin həcmi tapmaq olar.

Cismin havadakı çəkisi, onu tərəzidə çəkməklə tapılır.

Xüsusi çəkisi təyin ediləcək cismi piknometrin boğazından keçə biləcək qədər kiçik hissələrə bölmək lazımdır. Fərz edək ki, bərk cismin havadakı çəkisi p , su ilə doldurulmuş təmiz piknometrin çəkisi P , bərk cismi piknometrə saldıqda, onun həcminə bərabər olan mayeni suçəkən kağızla götürdükdən sonra, (piknometrin, bərk cismin və azalmış suyun birlikdə) çəkisi Q olsun. Aydındır ki, bərk cismin həcminə bərabər suyun (bərk cismi piknometrə doldurduqda, öz həcminə bərabər çıxardığı suyun) çəkisi Δp



Şəkil 2.1

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

olar.

Piknometrdən çıxarılan suyun Δp çəkisini həmin temperaturda suyun xüsusi çəkisinə d , bölsək, onun həcmi tapırıq. Bu həcm tədqiq olunan bərk cismin həcminə bərabərdir.

$$V = \frac{\Delta p}{d_1}$$

Burada (7) münasibətini nəzərə alsaq,

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

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 prosesində havanın təsirini nəzərə almaq lazımdır. Bu haqda laboratoriya işi №1-də ətraflı izahat verilmişdir. Həmin yolla (9) ifadəsinə düzəliş verdikdən sonra bərk cismin xüsusi çəkisini olaraq aşağıdakı düsturla dəqiq hesablamaq olar:

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

burada λ -təcrübənin aparıldığı temperaturda havanın xüsusi çəkisidir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Bərk cismi piknometrin boğazından keçə biləcək, xırda hissələrə bölməli.
2. Tərəzi vasitəsi 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 onun sıxışdırıb çıxartdığı mayeni piknometrdən pipet, və ya süzgəc kağızla kənar etməli.
5. Piknometrin su və bərk cisimlə birlikdə Q çəkisini tapmalı.
6. Təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun təmiz suyun və havanın xüsusi çəkisini (d_1 və λ) cədvəldən tapmalı.
7. Tapılan qiymətləri (10) ifadəsində yerinə yazaraq, bərk cismin xüsusi çəkisini hesablamaq.

8. Həmin cisim üçün təcrübəni 3 dəfə təkrar edərək, xüsusi çəkinin orta qiymətini tapmalı. Təcrübədən alınan orta qiymətlə, həmin bərk cismin xüsusi çəkisinin cədvəl qiymətini müqayisə etməli.

9. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

Çalışma 2. Mayelərin xüsusi çəkisinin piknometrlə təyini.

Cihazlar və ləvazimatlar: tərəzi, çəki daşları, piknometr, xüsusi çəkiliəri təyin ediləcək mayelər, təmiz (distillə edilmiş) su, termometr, süzgəc kağızı

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Piknometrin çəkisini p , təmiz su ilə birlikdə piknometrin çəkisini P , tədqiq olunan maye ilə birlikdə piknometrin çəkisini Q qəbul etsək, $(P-p)$ - piknometrdeki 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 yazı bilərik:

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

Son iki ifadəni tərəf-tərəfə bölsək, alırıq

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

Beləliklə, bərabər həcmli müxtəlif mayelərin xüsusi çəkirlərinin nisbəti, onların çəkirlərinin nisbəti kimidir. Son ifadədən d_2 -ni tapsaq,

$$d_2 = \frac{Q-p}{P-p} d_1 \quad (11)$$

olar.

(1) ifadəsinə görə xüsusi çəkini taparkən, çəkmə prosesi havada getdiyinə görə Arximed qanununa əsasən, havanın təsirini nəzərə almaqla çəkirlərə müəyyən düzəliş vermək lazım gəlir. Bunun üçün fərz edək ki, piknometrin həcmi 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 piknometrdeki təmiz suyun

həqiqi çəkisi $u l_1$, tədqiq olunan mayenin həqiqi çəkisi $u l_2$, su, və ya tədqiq olunan mayenin piknometrdən sıxışdırıb çıxardığı havanın həqiqi çəkisi isə, $u \lambda$ olar. Həcmi, piknometrdəki təmiz suyun çəkisini tarazlaşdırən çəki daşlarının həcminə bərabər havanın çəkisi $\lambda(P-p)/D$ və tədqiq olunan mayenin çəkisi qədər çəki daşlarının həcminə bərabər havanın həqiqi çəkisi isə, $\lambda(Q-p)/D$ olar. Tərəzidəki çəki daşları ilə mayələrin tarazlığına əsasən aşağıdakıları yazmaq olar:

Təmiz su üçün

$$u l_1 - u \lambda = (P - p) - \frac{P - p}{D} \lambda,$$

tədqiq olunan maye üçün

$$u l_2 - u \lambda = (Q - p) - \frac{Q - p}{D} \lambda,$$

və ya

$$u(d_1 - \lambda) = (P - p)\left(1 - \frac{\lambda}{D}\right); \quad u(d_2 - \lambda) = (Q - p)\left(1 - \frac{\lambda}{D}\right)$$

yazmaq olar. Son ifadələri tərəf-tərəfə bölsək alırıq:

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

Buradan tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisini tapaq:

$$d_2 = \frac{Q - p}{P - p}(d_1 - \lambda) + \lambda. \quad (12)$$

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

İŞİN GEDİŞİ

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 su ilə yuyub, qurutduqdan sonra tədqiq olunan maye ilə doldurub, çəkisini Q tapmalı. Hər iki mayeni

piknometrə doldurarkən, içərisində hava qabarcıqlarının qalmamasına diqqət yetirmək lazımdır.

4. Təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun etalon mayenin və havanın xüsusi çəkirlərini (uyğun olaraq d_1 və λ_1 -ni) cədvəldən götürməli.

5. Alınan qiymətləri (12) ifadəsində yerinə yazıb, tədqiq olunan mayenin d_2 xüsusi çəkisini hesablamalı.

6. Təcrübəni hər bir maye üçün 3-5 dəfə təkrar etməklə, orta qiymət tapmalı.

7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Ədəbiyyat: [1], § 4.1-4.4;

[4], § 64-66.

LABORATORİYA İŞİ №3

MEXANİKİ RƏQSLƏRİN KİMOQRAF VASİTƏSİLƏ ÖYRƏNİLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: rəqs qurğusu ilə birlikdə kimoqraf, suniyəölçən, xətkəş

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Orqanizmdə baş verən biofiziki və biokimyəvi proseslərin çoxu periodik xarakter daşıyır.

Müəyyən fasilələrlə təkrarlanan hərəkətə və ya prosesə rəqsi hərəkət, və ya periodik proses deyilir. Periodik proseslər müxtəlif təbiətli olsalar da, onların hamısı müəyyən qanunauyğunluqla baş verir.

Bioloji sistemlərdə baş verən periodik proseslər, və ya periodik xarici təsirlərə məruz qalan orqanizmlərdə müşahidə olunan biokimyəvi və fizioloji proseslər, klinik baxımdan diqqəti cəlb edən mühüm məsələlərdəndir. Təbabətin tibbi bioritmologiya bölməsi, məhz periodik bioloji proseslərin klinikadakı yerini və rolunu öyrənməklə məşğul olur.

Periodik proseslərin ən sadə növü *harmonik* qanunla baş verən prosesdir. Bu prosesin qanunauyğunluqlarını öyrənmək üçün bir sərbəstlik dərəcəsinə malik olan m kütləli cism (ona maddi nöqtə kimi baxacağıq) *mexaniki rəqs*ə baxaq. Rəqs sisteminin yaylı rəqqas olduğunu qəbul edək. Nyutonun II qanununa görə

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_x, \quad (1)$$

burada m -cism kütləsi, $a_x = d^2 x / dt^2$ - onun təcilinin OX oxu üzrə proyeksiyasıdır, F_x -cismə təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisinin OX oxu üzrə proyeksiyasıdır. Bu qüvvələrdən biri - elastik qüvvə $F_{el} = -kx$, digəri isə, sürtünmə və müqavimət qüvvələrinin əvəzləyicisi F_s olsun. Cism kich sürətlərində sürtünmə qüvvələrinin əvəzləyicisi sürətlə düz mütənasibdir:

$$F_s = -rv = -r \frac{dx}{dt}, \quad (2)$$

burada r -sürtünmə əmsalıdır və mənfi işarəsi sürtünmə qüvvəsinin sürətin əksinə yönəldiyini göstərir.

Beləliklə, cismə təsir edən əvəzləyici qüvvə

$$F_x = -kx - r \frac{dx}{dt}. \quad (3)$$

olar. (3) ifadəsini (1) düsturunda nəzərə alsaq,

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -r \frac{dx}{dt} - kx,$$

və ya

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \quad (4)$$

alırıq. Bu tənlik *sönən rəqs*in diferensial tənliyidir. Bu diferensial tənliyi həll etməklə, rəqsi hərəkət edən cism yerdəyişməsinin, sürətinin və təcilinin zamandan asılılığını alırıq. Burada, β - sönmə əmsalı ($\beta = r/2m$), ω_0 - sistemin sərbəst rəqsinin dairəvi tezliyidir ($\omega_0^2 = k/m$).

Xüsusi halda $r=0$ olduqda (yəni rəqqasa sürtünmə qüvvəsi təsir etmədikdə), (4) tənliyindən *sərbəst rəqs*in diferensial tənliyini alırıq:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0.$$

$\omega_0^2 > \beta^2$ olduqda, (4) tənliyinin həlli

$$x = A_0 \exp(-\beta t) \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (5)$$

şəklindədir. Burada ω - sönən rəqslərin dairəvi tezliyi ($\omega^2 = \omega_0^2 - \beta^2$), φ_0 - başlanğıc faza, A_0 - başlanğıc amplituddur.

Sönən rəqsin periodu

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi / \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (6)$$

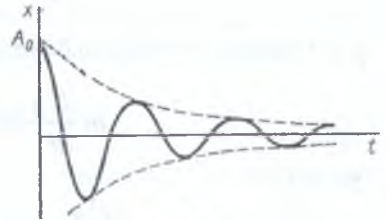
ifadəsi ilə təyin edilir.

Sönən rəqslərdə rəqsin amplitudu zamandan asılı olaraq

$$A = A_0 \exp(-\beta t) \quad (7)$$

qanunu ilə, yəni eksponensial qanunla azalır (şəkil 3.1). Amplitudu zamandan asılı olaraq azalan rəqslərə *sönən rəqslər* deyilir. (7)-dən görünür ki, *sürtünmə əmsalı, ədədi qiymətcə, rəqsin amplitudunun e ədədi ($e \approx 2,7373$) dəfə azalmasına sərf olunan zamanın tərs qiymətinə bərabərdir.*

Rəqslərin sönməsini xarakterizə etmək üçün sönmə əmsalı ilə yanaşı, sönmənin loqarifmik dekrementi λ adlanan adsız kəmiyyətdən də istifadə edilir. *Sönmənin loqarifmik dekrementi λ , zamana görə bir period T qədər fərqlənən iki ardıcıl rəqs amplitudları nisbətinin natural loqarifminə bərabərdir:*



Şəkil 3.1

$$\lambda = \ln \left[\frac{A(t)}{A(t+T)} \right]. \quad (8)$$

Amplitudların (7) ifadələrini (8)-də nəzərə alsaq,

$$\lambda = \ln \frac{A_0 \exp(-\beta t)}{A_0 \exp[-\beta(t+T)]} = \ln \exp(\beta T) = \beta T.$$

Buradan

$$\beta = \lambda / T \quad (9)$$

alırıq.

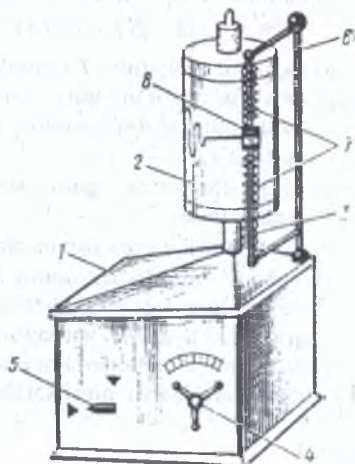
Əgər rəqsin sönmə əmsalı ədədi qiymətə ω_0 -dan böyük olarsa ($\beta^2 > \omega_0^2$), rəqsin periodu xəyali kəmiyyət olar. Onda maddi nöqtə rəqsi hərəkət etməz və hərəkət aperiodik olar.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Mexaniki rəsrləri öyrənmək üçün tətbiq olunan cihazlardan biri kimoqrafdır. Kimoqraf, ölçülən periodik kəmiyyətin zamandan asılı olaraq dəyişməsinə qeyd edən cihazdır (şəkil 3.2). Kimoqraf, korpusdan 1, barabandan 2 və rəqs sistemindən 3 ibarətdir. Cihazın korpusunda elektrik mühərriki, fırlanmanı mühərrikdən barabana ötürən və barabanın fırlanma sürətini müntəzəm tənzimləyən dişli mexanizm yerləşir.

Cihazın korpusunun fasadında barabanın fırlanma sürətini tənzimləyən dəstək 4, fırlanma sürətini göstərən şkala (nisbi vahidlərlə), dişli mexanizmi birləşdirən və ayıran dəstək 5 yerləşdirilmişdir. Cihazın arxa tərəfində elektrik mühərrikini iş salmaq üçün düymə yerləşdirilib. Baraban rəsrləri yazmaq üçün istifadə olunur. Onun üzərinə xüsusi mürəkkəblə və qələmlə yazılan kağız bərkidilmişdir.

Rəqs sistemi polad dayaqdan 6, polad yaydan 7, yükdən 8 və ona birləşdirilmiş yazan qurğudan ibarətdir. Yaya müxtəlif kütləli yüklər bərkitməklə, sistemin rəqs periodunu dəyişmək olur.



Şəkil 3.2

İŞİN GEDİŞİ

1. Kimoqraf vasitəsilə sönən rəqslərin qeyd olunması:
 - a) barabana kağız vərəqi bərkitməli;
 - b) kimoqrafı elektrik dövrəsinə qoşmalı;
 - c) 5-dəstəyini işçi vəziyyətinə keçirməli və tarazlıq vəziyyətinə uyğun olan xətti yazmalı;
 - ç) yükü tarazlıq vəziyyətindən çıxarmalı. Barabanı fırladan qurğunu işə salmalı və eyni zamanda yükü sərbəst buraxmalı. Bu zaman n tam rəqsə sərf olunan zaman müddətini t saniyəölçənlə ölçməli. Rəqsin yazılışını və zaman müddətinin ölçülməsini, müxtəlif yüklərlə üç dəfə aparmalı;
2. Qeyd edilmiş rəqslərin təhlil edilməsi:
 - a) alınmış ayrılardan kordinat oxlarını elə keçirməli ki, alınan qrafik $x = x_0 \exp(-\beta t) \cos \omega t$ tənliyinə uyğun olsun;
 - b) rəqslərin periodunu T hesablamaq;
 - c) rəqslərin qrafikinə görə 5 ardıcıl amplitudu ölçməli; amplitudun və onun natural loqarifminin zamandan asılılığını qurmaq: $A = f(t)$ və $\ln A = \varphi(t)$;
 - ç) (8) düsturuna görə sönmənin loqarifmik dekrementini λ hesablamaq;
 - đ) (9) düsturuna görə sönmə əmsalını β hesablamaq;
 - e) $\tau \approx 2,5T$ müddətdən sonra (5) düsturuna əsasən x_1 yerdəyişməsinə təyin etməli (A_0 -ın qiymətini qrafikdən götürməli);
 - ə) qrafikdən uyğun x_2 yerdəyişməsinə tapmalı;
 - ğ) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də yazmalı.
3. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

Cədvəl 1

t, san	N	T, san	λ	β, s^{-1}	x_1, mm	x_2, mm

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.88, 1.90, 1.91.

Ədəbiyyat: [1], § 7.1-7.6;

[2], τ.1, § 21, 22;

[4], § 40-46.

EŞİTMƏ HÜDUDUNDA QULAĞIN SPEKTRAL XARAKTERİSTİKASININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: audiometr (telefonla təchiz edilmiş səs generatoru), qulaqlıq

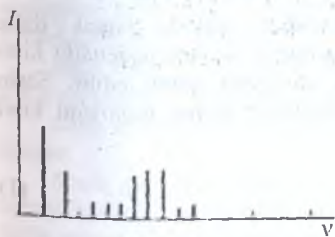
NƏZƏRİ MƏLUMAT

Tezliyi 16 Hs-lə 20 kHs arasında olan və elastiki mühütdə yayılan mexaniki dalğalar qulağımıza, çatarkən, səs hissi yaratdığından, *hələ dalğalara səs dalğaları, və ya sadəcə olaraq səs deyilir.*

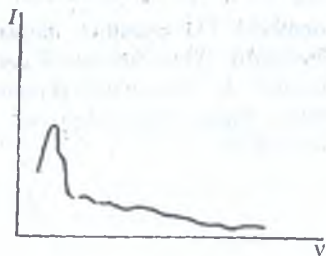
Səsləri tonlara, küylərə və səs zərbələrinə ayırırlar. Tonlar sadə və mürəkkəb olurlar.

Ton- periodik qanunauyğunluqla yayılan səs dalğalarına deyilir. Yayılması harmonik qanunla baş verən tona *sadə (və ya təmiz) ton* deyilir. Sadə tonun əsas xarakteristikası onun tezliyidir. Yayılması anharmonik (harmonik olmayan) periodik qanunla baş verən tona isə, *mürəkkəb ton* deyilir. Mürəkkəb tonu yaradan mənbəyin rəqsi hərəkəti bir neçə müxtəlif tezlikli harmonik rəqslərin cəmi şəkilində göstərilə bilər. Ona görə də, mürəkkəb ton sadə tonlara ayrıla bilər. Bu ayrılışda tezliyi ən kiçik ν_0 olan sadə ton *əsas ton*, tezlikləri əsas tonun tezliyinin tam misillərinə bərabər olan, $2\nu_0$, $3\nu_0$ və s. tonlar isə, *obertonlar* adlanır.

İntensivlikləri qeyd olunmaqla, mürəkkəb tonun tezliklər yığımı tonun *akustik spektri* adlanır. Mürəkkəb tonun tərkib hissəsi olan obertonların tezlikləri əsas tonun tezliyinin tam misillərinə bərabər olduğundan, onun *akustik spektri xəttidir* (şəkil 4.1). Akustik spektr mürəkkəb tonun mühüm fiziki xarakteristikasıdır.



Şəkil 4.1



Şəkil 4.2

Mühitdə aperiodik (periodik olmayan) qanunla yayılan səs dalğalarına *küy* deyilir. Küy də mürəkkəb ton kimi harmonik toplananlarına ayrılabilir. Lakin mürəkkəb tondan fərqli olaraq, küyü təşkil edən harmonik rəqslərin tezlikləri xotik olaraq dəyişir və bu harmonik rəqslərin tezlikləri, ayrılıqdakı ən kiçik tezliyin (ν_0) həm tam, həm də natamam misillərinə bərabərdir. Ona görə də küyün akustik spektri kəsilməz (bütöv) spektrdir (şəkil 4.2).

Səs zərbəsi - qısa müddətli səs təsiridir: əl çalma, partlayış və s.

Səsi xarakterizə edən kəmiyyətlər obyektiv və subyektiv olaraq iki qrupa ayrılır.

Səsin obyektiv xarakteristikaları, onun insan qulağında (əşitmə orqanlarında) yaratdığı hissiyyatdan asılı deyil. Obyektiv xarakteristikalardan biri səsin intensivliyidir. Səsin intensivliyi onun enerjisini xarakterizə edir.

Normal insan qulağı, intensivliyi kifayət qədər böyük intervalda dəyişən səs dalğalarını hiss edə bilər. Qeyd edək ki, bu hissiyyat səsin tezliyindən də asılıdır. 1 kHs tezlikdə insan qulağı, intensivliyi $I_0=10^{-12}$ Vt/m^2 -dan (əşitmənin astana qiyməti), intensivliyi $I_{\max}=10$ Vt/m^2 -a qədər (ağrı hissənin astana qiyməti) olan səsləri hiss etmək qabiliyyətinə malikdir. Tezliyin müəyyən qiymətində, insan qulağında əşitmə hissi yarada bilən səsin ən kiçik intensivliyinə, həmin tezlikdə intensivliyin *astana qiyməti* deyilir. 1 kHs tezlikdə səsin intensivliyinin astana qiyməti $I_0=10^{-12}$ Vt/m^2 qəbul olunur. Səsin intensivliyi, müəyyən bir həddən çox olduqda, səs dalğaları insan qulağında ağrı hissi yaradır. Verilmiş tezlikdə insan qulağında ağrı hissi yaradan səsin intensivliyinin ən kiçik qiymətinə, *ağrı hissənin astana qiyməti* deyilir. 1 kHs tezlikdə ağrı hissi yaradan səsin intensivliyinin astana qiyməti $I_{\max}=10$ Vt/m^2 qəbul edilir.

Göründüyü kimi, intensivliyi kifayət qədər geniş intervalda dəyişən səs dalğaları insan qulağında əşitmə hissi yaradır. 1 kHs tezlikdə, ağrı hissənin astana qiymətinin, əşitmə hissənin astana qiymətinə nisbəti $I_{\max} / I_0 = 10^{13}$ -ə bərabərdir. Bu nisbət çox böyük olduğundan, səsin intensivlik səviyyəsinin loqarifmik şkalasından istifadə etmək daha əlverişlidir. *Səsin intensivlik səviyyəsinin loqarifmik şkalası aşağıdakı kimi qurulur:* I_0 intensivliyi şkalanın başlanğıc səviyyəsi qəbul edilir. Səsin ixtiyari başqa intensivliyi isə, onun I_0 -a nisbətinin onluq loqarifmi kimi ifadə edilir:

$$L_s = \lg\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (1)$$

İntensivlik səviyyəsi Bellərlə (B) ölçülür. Əgər səs intensiviyyəti I , intensivliyin I_0 astana qiymətindən 10 dəfə çox olarsa, səs intensiviyyəti 1 Bel olar.

Səsi qiymətləndirmək üçün praktikada çox zaman intensivlikdən yox, səs dalğasının maye və qazlarda yayıldığı zaman yaratdığı əlavə təzyiqdən istifadə etmək daha əlverişlidir. Müstəvi dalğalar üçün, səs intensiviyyəti ilə onun təzyiqi arasında əlaqə aşağıdakı kimidir:

$$I = \frac{P^2}{2\rho c}, \quad (2)$$

burada P -təzyiq, ρ -mühitin sıxlığı, c -səsin həmin mühitdə yayılma sürətidir.

Bu əlaqədən istifadə edərək, səs intensiviyyətinin aşağı və yuxarı hədd qiymətlərinə uyğun təzyiqləri müəyyən etmək olar. 1 kHs tezlikli səs dalğası üçün $I_0 = 10^{-12} \text{ Vt/m}^2$ olduğundan, bu intensivliyə uyğun təzyiq $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ və $I_{\text{max}} = 10 \text{ Vt/m}^2$ intensivliyinə uyğun təzyiq isə, $P_{\text{max}} = 60 \text{ Pa}$ -a bərabərdir.

Səsin intensivlik səviyyəsi şkalasından, təzyiq səviyyəsi şkalasına keçmək olar. Doğrudan da (2) düsturunu (1)-də nəzərə alsaq,

$$L_B = 2 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (3)$$

alırıq.

Praktikada Bellə yanaşı 1 desiBel (dB) vahidindən də istifadə olunur: $1 \text{ dB} = 10 \text{ B}$:

$$L_{\text{dB}} = 10 L_B = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{P}{P_0}. \quad (4)$$

Səs insanlarda eşitmə hissi yaratdığından, o insanların hissiyyat orqanları tərəfindən subyektiv olaraq qiymətləndirilir. Səsin bu cür subyektiv xarakteristikaları, səs obyektiv xarakteristikaları ilə əlaqəlidir.

Səsin ucılığı - subyektiv xarakteristika olmaqla, ilk növbədə səs əsas tonunun tezliyi ilə müəyyən olunur.

Səsin tənbri - demək olar ki, yalnız səs spektral tərkibi ilə müəyyən olunur.

Səsin gurluğu - səs daha bir subyektiv xarakteristikası olmaqla, eşitmə hissəsinin səviyyəsini xarakterizə edir. Bu xarakteristika, iki mənbə üçün eşitmə hissələrini müqayisə etmək yolu ilə kəmiyyətə qiymətləndirilə bilən, yeganə subyektiv xarakteristikadır.

Səsin gurluğunu qiymətləndirmək üçün, gurluq səviyyəsi şkalasından istifadə edilir. Bu şkalanın qurulmasının prinsipi Veber-Fehnerin psixofiziki qanununa əsaslanır. Bu qanuna görə, hiss orqanının qıcıqlanması həndəsi silsilə qanunu ilə (eyni ədəd dəfə) artarsa, bu qıcıqlanmanın hiss edilməsi ədədi silsilə qanunu ilə (eyni ədəd qədər) artar. Səse tətbiq etdikdə, bu o deməkdir ki, əgər səsin intensivliyi aI_0 , a^2I_0 , $a^3I_0...$ ($a>1$) ardıcılığı ilə artırsa, buna uyğun olaraq, səsin gurluğunun hiss edilməsi E_0 , $2E_0$, $3E_0...$ və s. ardıcılığı ilə artar.

Riyazi olaraq, Veber-Fehner qanununa görə səsin gurluğu onun intensivliklərinin nisbətinin loqarifmi ilə mütənəsbdir, yəni

$$E = k \cdot \lg \frac{I}{I_0}, \quad (5)$$

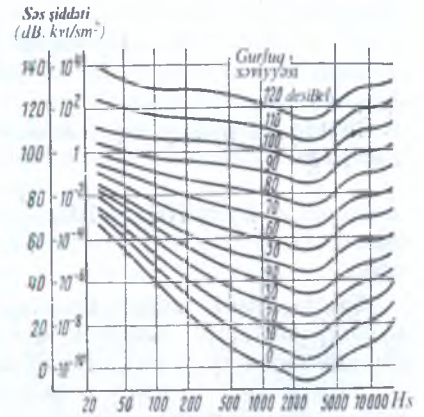
burada I - səsin intensivliyi, I_0 - eşitmə həddində səsin intensivliyi, k -səsin tezliyindən və intensivliyindən asılı olan əmsaldır. Şərti olaraq, səsin tezliyi 1 kHs olduqda, $k=1$ qəbul edilir. Bu halda (1) düsturuna görə $E = L_B$ olar və (4)-ə oxşar olaraq

$$E_f = 10 \lg \frac{I}{I_0}. \quad (6)$$

Gurluq şkalasını intensivlik şkalasından fərqləndirmək üçün, gurluq səviyyəsi şkalasında *desiBeli fon* adlandırılır.

Başqa tezliklərdə səsin gurluğunu ölçmək üçün tədqiq olunan səsin gurluğu, 1 kHs tezlikli səsin gurluğu ilə müqayisə edilir. Müxtəlif tezliklərdə səsin intensivliyi ilə gurluğu arasında əlaqəni tapmaq üçün bərabər gurluq ayrılırlarından (şəkil 4.3) istifadə edilir. Bu ayrılırdən ən aşağıdakı eşitmə həddinə ($E_f=0$), ən yuxarıdakı isə, ağrı hiss etmə həddinə uyğundur.

Eşitmə səviyyəsini ölçmə metodu audiometriya adlanır. Audiometriyada audiometr adlanan cihazla müxtəlif tezliklərdə eşitmə hissəsinin həddi təyin edilir. Alınan əyri, *eşitmə hissi həddində qulağın spektral xarakteristikası*, və ya *audioqram* adlanır. Xəstə insanın audioqramının normal insanın

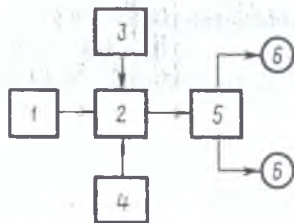


audioqramından fərqlənməsinə görə, eşitmə orqanlarının xəstəliyinə diaqnoz qoymaq olur.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Audiometr müxtəlif tezlik və intensivliyə malik olan səs generatorudur. Audiometrin quruluş sxemi şəkil 4.4-də verilmişdir.

Cihazın əsas hissəsi səs tezlikli elektrik rəqslərinin 2 generatoruna gərginlik dövrədən, qida 1 blokunun vasitəsilə verilir. 4 tezlik çeviricisi, tezliyi 125 Hz-dən 8000 Hz-ə qədər intervalda dəyişən fiksə olunmuş harmonik rəqş almağa imkan verir. Bu halda intensivliyin səviyyəsi, 3 tənzimləyicisinin köməyi ilə 0 dan 80 dB-ə qədər hər bir tezlik üçün, 5 dB intervalında dəyişdirilir. Qulaqlıqların (6) vasitəsilə elektrik rəqsləri səs rəqslərinə çevrilir. Dəyişdiricinin (5) köməyi ilə siqnalları sağ və sol qulaqlıqlara ayrı-ayrılıqda vermək olur.



Şəkil 4.4

İŞİN GEDİŞİ

1. Audiometri dövrəyə qoşmalı və qulaqlıqları xəstəyə taxmalı.
2. Qulaqlardan birinə siqnal verməli.
3. Rəqşin tezliyini 125 Hz seçərək, səsin intensivliyini sıfır dB-dən başlayaraq o vaxta qədər artırmalı ki, xəstə həmin intensivlik səviyyəsində L_1 səsi eşitməyə başlayır. Ölçməni üç dəfə təkrar etməli.
4. Tezliyi dəyişmədən, intensivlik səviyyəsini L_1 -dən 15-20 dB çox götürməli və sonra intensivliyi yavaş-yavaş azaldaraq, hələlik eşidilən səsin intensivliyinin ən aşağı səviyyəsini L_2 qeyd etməli. Ölçməni üç dəfə təkrar etməli.
5. Verilmiş tezlik üçün intensivlik səviyyəsi həddunun orta qiymətini hesablamalı.
6. Oxşar olaraq bütün tezliklər üçün $\langle L \rangle$ -ni hesablamalı.
7. Ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də verməli.
8. Siqnalı başqa qulağa verib, 3-7 əməliyyatlarını təkrar aparmalı, Sağ və sol qulaqlar üçün audioqrammaları qurmalı.
9. Təcrübənin müsbət və nisbi xəstələrini hesablamalı.

Cədvəl I

ν, Hz	L_1', dB	L_1'', dB	L_1''', dB	L_2', dB	L_2'', dB	L_2''', dB	$< L >, \text{dB}$

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.110, 1.113, 1.116.

Ədəbiyyat: [1], § 8.1-8.8;

[3], т. 1, § 26, 28-30;

[4], § 55-59, 61-63.

LABORATORIYA İŞİ № 5**CİSİMLƏRİN ƏTALƏT MOMENTİNİN TRİFİLYAR ASQI
ÜSULU İLƏ TƏYİNİ**

Cihazlar və ləvazimatlar: trifilyar asqı, saniyəölçən, ştangenpərgar, düzgün həndəsi formalı cisimlər, insan vücudunun modeli

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Kosmik və idman təbabətində, habelə ortopediya və protezləşdirmə məsələlərində insan orqanizminin və onun ayrı-ayrı orqanlarının ətalət momentinin öyrənilməsi vacib problemlərdən biridir.

Məlumdur ki, hər hansı m kütləli maddi nöqtə O ndan r məsafədə yerləşən O nöqtəsi (fırlanma mərkəzi) ətrafında fırlanarsa, maddi nöqtənin fırlanma mərkəzinə nəzərən ətalət momenti J , onun kütləsi ilə fırlanma mərkəzindən olan məsafəsinin kvadratı hasilinə bərabərdir:

$$J = mr^2. \quad (1)$$

Ətalət momentinin ölçü vahidi CGS sistemində $q \cdot sm^2$, beynəlxalq vahidlər sistemində isə, $kq \cdot m^2$ -dir. Cismın verilmiş oxə görə ətalət momenti, cismi təşkil edən ayrı-ayrı elementlərin ətalət momentlərinin cəminə bərabərdir:

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2. \quad (2)$$

Burada m_i - i -ci elementin kütləsi, r_i - i -ci kütlə elementindən oxə gədər olan məsafədir.

Kütlə elementləri elə kiçik götürülməlidir ki, hər bir elementə bircins cisim kimi baxmaq mümkün olsun. Bu halda cismın ətalət momenti onun ayrı-ayrı kütlə elementlərinin ətalət momentlərinin cəmi kimi təyin olunur. Onda (2) düsturunda cəmləmə əməliyyatı inteqrallama əməliyyatı ilə əvəz olunmalıdır. Cismın sıxlığını ρ ilə işarə etsək,

$$J = \int \rho r^2 dV$$

olar. Burada dV -həcm elementidir. İnteqrallama bütün həcm üzrə götürülür. $dm = \rho dV$ olduğundan, yazə bilərik

$$J = \int_m r^2 dm. \quad (3)$$

Eyni cismın müxtəlif fırlanma oxlarına nəzərən ətalət momentləri müxtəlif olur. Verilmiş fırlanma oxuna görə ixtiyari formalı bərk cismın ətalət momentinin hesablanması mürəkkəb məsələdir. Lakin cisim düzgün həndəsi formaya malik olduqda, məlum oxə görə onun ətalət momentini analitik üsulla hesablaməq mümkündür. Onlardan bəzilərinin ətalət momentlərini qeyd edək:

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

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

burada m -silindrin kütləsi, R -isə radiusudur;

b) divarı qalın və içi boş silindrin öz 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, silindrin daxili və xarici radiuslarıdır;
 c) uzunluğu l olan çubuğun ortasından, ona perpendikulyar olaraq keçən oxa görə ətalət momenti

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

burada m -çubuğun kütləsidir;

ç) uzunluğu l olan bircins çubuğun bir ucundan, ona perpendikulyar olaraq keçən oxa görə ətalət momenti

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

burada m -çubuğun kütləsidir.

d) bircins bütöv kürənin mərkəzindən keçən oxa görə ətalət momenti

$$J = \frac{2}{5} mR^2,$$

burada m -kürənin kütləsi, R - isə onun radiusudur.

İnsan orqanizmi bircins və düzgün həndəsi formaya malik olmadığından, onun ətalət momentinin təyin edilməsi mürəkkəb məsələdir. Bu çətinliyi aradan qaldırmaq üçün modellərdən istifadə edilir. Modelin ətalət momentini təyin edərək, oxşarlıq nəzəriyyəsindən istifadə etməklə, insan orqanizminin ətalət momentini təyin etmək olur.

Hadisələri, və ya cisimləri xarakterizə edən eyniadlı parametrlərin nisbəti sabit ədədə bərabər olarsa, belə hadisələrə, və ya cisimlərə oxşar hadisələr, və ya cisimlər deyilir.

Cisimlərin oxa nəzərən ətalət momentinin timsalında oxşarlıq nəzəriyyəsinin əsas müddəalarını nəzərdən keçirək.

Fərz edək ki, biri-birinə oxşar olan iki cismin ətalət momentləri aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$J_1 = \int_{m_1} r^2 dm,$$

$$J_2 = \int_{m_2} r^2 dm.$$

(4)

Oxşarlığın tərifinə görə bu düsturlara daxil olan bütün kəmiyyətlərin nisbətləri sabit ədədlər olmalıdır. Bu sabit ədədlərə *oxşarlıq sabitləri* deyilir:

$$\frac{J_1}{J_2} = C_j, \quad \frac{r_1}{r_2} = C_r, \quad \frac{m_1}{m_2} = C_m,$$

və ya

$$J_1 = C_j J_2, \quad r_1 = C_r \cdot r_2, \quad m_1 = C_m \cdot m_2,$$

burada, r_1 və r_2 -uyğun olaraq, baxılan cisimlərin xətti parametrləridir, məsələn, silindir şəkilli cisimlər üçün silindirlərin radiuslarıdır. Bu münasibətləri (3) düsturunda nəzərə alsaq:

$$C_j J_2 = \int C_r^2 r_2^2 d(C_m m_2) = C_r^2 C_m \int r_2^2 dm_2,$$

buradan

$$\frac{C_j}{C_r^2 C_m} J_2 = \int r_2^2 dm_2. \quad (5)$$

(5) bərabərliyinin doğru olması üçün

$$\frac{C_j}{C_r^2 C_m} = 1 \quad (6)$$

olmalıdır. Deməli, oxşarlıq sabitləri ixtiyari qayda ilə seçilə bilməz, onların arasında müəyyən asılılıq mövcud olmalıdır. Baxdığımız halda bu asılılıq (6) münasibəti şəklindədir.

$$C = \frac{C_j}{C_r^2 C_m}$$

kəmiyyəti *oxşarlıq əmsalı*, (6) bərabərliyi isə *oxşarlıq şərti* adlanır. Oxşar hadisələrin oxşarlıq əmsalları bərabərdir. Oxşarlıq sabitlərini (6)-da yerinə yazsaq

$$\frac{J_1}{r_1^2 m_1} = \frac{J_2}{r_2^2 m_2} = const$$

alırıq, yəni $J/(r^2 m)$ -nisbəti bütün oxşar cisimlər üçün eynidir. Bu kəmiyyət *invariant*, və ya *oxşarlıq meyarı* adlanır.

İnsan orqanizmini bircins hesab edərək, onun ətalət momentini orqanizmin modelinin ətalət momentinə oxşarlığı əsasında təyin etmək olar. İnsanın kütləsinin modelin kütləsinə nisbətini C_m və insanın xətti ölçülərinin (məsələn, boyunun) modelin xətti ölçülərinə nisbətini C_l bilərək, C_J -ni təyin etmək olar:

$$C_J = C_l^2 C_m.$$

Təcrübi olaraq modelin J_m ətalət momentini ölçərək, insan orqanizminin ətalət momentini tapmaq olar:

$$J_l = C_J J_m.$$

Bərk cisimlərin ətalət momentlərini təcrübi olaraq təyin etmək üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Onlardan biri də trifilyar asqı üsuludur.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Trifilyar asqı, böyük radiuslu R diskə, nisbətən kiçik radiuslu r diskin simmetrik yerləşən üç tellə birləşdirilməsindən alınır (şəkil 5.1).

Yuxarıdakı diskin oxuna sarınmış ipi (1) dartdıqda, onu tarazlıq vəziyyətindən çıxarmış oluruq. Onda, tellərin vasitəsilə aşağıdakı diskə qüvvə təsiri ötürülər ki, bunun nəticəsində də, aşağıdakı disk burulma rəqsinə məruz qalar. Burulma rəqsi zamanı disk, dönmə bucağından asılı olaraq fırlanma oxu boyunca müəyyən qədər yuxarıya tərəf yerini dəyişər.

Rəqs edən diskin rəqs periodu, onun ətalət momentindən asılıdır. Diskin üzərinə hər hansı bir yük əlavə etdikdə onun rəqs periodu dəyişir. Bundan istifadə edərək, bərk cismin ətalət momentini tapmaq olur.

Yuxarıda deyildiyi kimi, kütləsi m olan diskə burulma rəqsi verdikdə, onun ağırlıq mərkəzi hər hansı h (şəkil 5.2) hündürlüyə qalxırsa, bu diskin potensial enerjisi

$$E_p = mgh \quad (7)$$

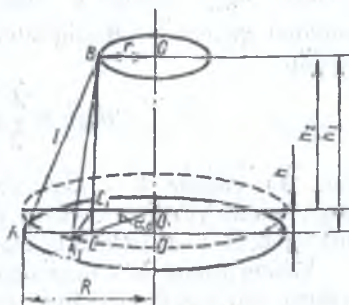
qədər dəyişər.

Trifilyar asqıda, böyük disk mərkəzindən keçən ox ətrafında fırlanma hərəkəti edərək, bu ox boyunca yuxarı və aşağı hərəkət edir.

Ağırlıq mərkəzi h hündürlüyə qalxdığı halda diskin potensial enerjisi maksimum və kinetik enerjisi minimum, ağırlıq mərkəzi ən aşağı vəziyyətdə olduqda isə, kinetik enerjisi maksimum olur. Diskin fırlanma hərəkətinin kinetik enerjisinin maksimum qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:



Şəkil 5.1



Şəkil 5.2

$$E_k = \frac{1}{2} J \omega_{\max}^2. \quad (8)$$

Burada, J - diskın ətalət momentidir, $\omega_{\max}$ diskın fırlanma hərəkətinin maksimal bucaq sürətidir.

Tarazlıq vəziyyətindən keçdiyi anda, diskın potensial enerjisi onun kinetik enerjisinə çevrilir:

$$mgh = \frac{1}{2} J \omega_{\max}^2. \quad (9)$$

Sürtünmə qüvvəsini nəzərə almadıqda, diskın kiçik amplitudlu rəqsini harmonik hesab etmək olar. Harmonik rəqsi hərəkətdə diskın dönmə bucağının zamandan asılılığını

$$\alpha = \alpha_0 \sin \omega t = \alpha_0 \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (10)$$

kimi yazı bilərik, burada α -diskın zamandan asılı olan dönmə bucağıdır.

α_0 - diskın dönmə bucağının maksimal qiymətidir. T - rəqsin periodudur.

(10) ifadəsindən zamana görə birinci tərtib törəmə almaqla, bucaq sürətini ω tapmaq olar:

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

Burada $\omega_{max} = 2\pi\alpha_0 / T$ bucaq sürətinin maksimal qiyməti və y_0 amplitud qiymətidir. Bucaq sürətinin bu qiymətini (9) ifadəsində yerinə yazsaq,

$$mgh = \frac{J}{2} \left(\frac{2\pi\alpha_0}{T} \right)^2 \quad (11)$$

olar. Bu ifadədə h - rəqs zamanı diskin ağırlıq mərkəzinin şaquli istiqamətində yuxarıya qalxdığı məsafədir. Bu məsafəni dönmə bucağına görə tapıb, (11) - də yazmaqla, J -ətalət momentini hesablaya bilərik.

Disk asıldığı telin uzunluğunu l -lə işarə etsək, təqribi olaraq $h_1 + h_2 = 2l$ yazmaq olar (şəkil 5.2). Eyni zamanda $h = h_1 - h_2$ olduğundan, bu ifadəni $(h_1 + h_2)$ -yə vurub, həm də bölsək,

$$h = h_1 - h_2 = \frac{h_1^2 - h_2^2}{h_1 + h_2} \approx \frac{h_1^2 - h_2^2}{2l}. \quad (12)$$

alırıq. Şəkil 5.2.-dən göründüyü kimi,

$$h_1^2 = l^2 - (R - r)^2,$$

və ya

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

yazmaq olar. Burada r - üstdəki diskin radiusudur.

h_1 və h_2 -nin qiymətlərini (12)-də yazıb, sadələşdirdikdə

$$h = \frac{2Rr(1 - \cos \alpha_0)}{2l},$$

yaxud

$$h = \frac{4Rr \sin^2(\alpha_0 / 2)}{2l}$$

alırıq. α_0 bucağının kiçik olduğunu nəzərə alsaq,

$$h = \frac{4Rr \left(\frac{\alpha_0}{2} \right)^2}{2l},$$

yaxud

$$h = \frac{Rr\alpha_0^2}{2l} \quad (13)$$

alırıq. h -in bu qiymətini (11)-də yerinə yazdıqda, diskin ətalət momenti üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$J = \frac{mgrR}{4\pi^2 l} T^2 \quad (14)$$

Bu ifadəyə əsasən həm yüksüz diskin, həm də yüklü diskin (tədqiq olunan cisimlə birlikdə) ətalət momentini hesablamaq olar. Diskin yüklə birlikdə ətalət momentindən J_y , diskin ətalət momentini J_0 çıxmaqla, tədqiq olunan cismin ətalət momentini J_c tapmaq olar:

$$J_c = J_y - J_0 \quad (15)$$

İŞİN GEDİŞİ

1. Diskin ətalət momentinin təyini:
 - a) ipi çəkməklə yuxarıdakı diski kiçik bucaq qədər ($\alpha_0 \approx 6^\circ$) döndərərək, diski rəqs etdirməli;
 - b) saniyəölçənin köməyiylə n tam rəqsə sərf olunan zaman müddətini t_0 tapmalı. Təcrübəni üç dəfə təkrar etməli;
 - c) diskin rəqsinin periodunu T_0 ($T_0 = t_0/n$) tapmalı;
 - ç) diskin ətalət momentini (14) düsturuna görə tapmalı (bu halda $m = m_0$, burada m_0 -diskin kütləsidir) və $\langle J_0 \rangle$ -ni hesablamaq;
 - d) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 1-də verməli.
2. Düzgün formaya malik olan cismin ətalət momentinin təyini:
 - a) tədqiq olunan cismi diskin üzərinə elə qoymalı ki, diskin əvvəlki vəziyyəti dəyişməsin. Bu hal üçün tapşırıq 1-dəki a)-b) əməllərini təkrar etməli;
 - b) cisimlə birlikdə diskin rəqsinin periodunu T ($T = t/n$) tapmalı;
 - c) (14) düsturuna görə cisimlə birlikdə diskin ətalət momentini hesablamaq. Bu halda $m = m_0 + M$, burada m_0 -diskin, M isə cismin kütləsidir;
 - ç) (15) düsturuna görə cismin ətalət momentini J_c hesablamaq və $\langle J_c \rangle$ -ni tapmalı;
 - d) həndəsi formasına görə, nəzəri olaraq cismin ətalət momentini hesablamaq;
 - e) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 2-də verməli.

3. İnsan orqanizminin ətalət momentinin təyini:
 a) modeli diskin mərkəzində yerləşdirməli;
 b) tapşırıq 2-dəki ölçmələri aparmalı;
 c) modelin ətalət momentini I_m tapmalı;
 ç) insan orqanizminin ətalət momentini $J_A = C_A J_m$ düsturuna görə tapmalı;
 d) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 2-yə oxşar cədvəldə verməli.
4. Təcrübənin müsbət və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

t_0 san	T_0 san	J_0 kqm ²	$\langle J_0 \rangle$ kqm ²

Cədvəl 2

t san	T san	J_m kqm ²	J_A kqm ²	$\langle J_c \rangle$ kqm ²

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.20, 1.23, 1.37.

Ədəbiyyat: [1], § 5.1-5.3;

[2], r.1, § 1,2;

[4], § 20-23.

EN KƏSİYİNİN SAHƏSİ DƏYİŞƏN BORUDA MAYENİN AXMA SÜRƏTİNİN TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: en kəsiyinin sahəsi dəyişən boru, cıvəli manometr, saniyəölçən, su doldurmaq üçün qab, texniki tərəzi, menzurka, millimetr bölgülü xətkəş

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Mayələrin en kəsiyinin sahəsi dəyişən borularda hərəkətinin öyrənilməsi, müasir təbabətin bir çox sahələri, xüsusilə hemodinamika, qan-damar sistemləri və s. üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

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

İdeal maye dedikdə, mütləq sıxılmayan və ayrı-ayrı təbəqələri bir-birinə nəzərən hərəkət edərkən təbəqələri arasında sürtünmə qüvvələri meydana çıxmayan maye təsəvvür olunur. İdeal mayələrin hərəkətini öyrənməklə, müəyyən düzəlişlər apararaq, ona çox yaxın olan bəzi real mayələrin də hərəkətlərini tədqiq etmək mümkündür.

Axının kəsilməzliyi teoreminə əsasən, *sıxılmayan və daxili sürtünməsi olmayan mayenin axma sürəti ilə cərəyan borusunun en kəsiyi sahəsinin hasili, verilmiş cərəyan borusu üçün sabit kəmiyyətdir:*

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \text{const}, \quad (1)$$

burada S_1 və S_2 -borunun iki ixtiyari yerlərində en kəsiklərinin sahələri, v_1 və v_2 isə, uyğun kəsiklərdə mayenin axma sürətləridir. Göründüyü kimi, maye borunun geniş olan yerlərində yavaş və borunun dar olan yerlərində isə, daha böyük sürətlə axır.

İdeal mayenin hərəkəti Bernulli qanununa tabe olur. Bu qanuna görə ixtiyari boruda ideal mayenin qərarlaşmış axını zamanı *dinamik $\rho v^2 / 2$, statik P və hidrostatik ρgh təzyiqlərin cəbri cəmi sabit kəmiyyətdir:*

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh_1 + P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho gh_2 + P_2, \quad (2)$$

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 üfiqi səthdən olan hündürlükləridir, ρ isə mayenin sıxlığıdır.

Üfiqi qoyulmuş ($h_1=h_2$) cərəyan borusu üçün Bernulli tənliyi

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + P_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + P_2$$

şəklində olacaq. Bu düsturdan görünür ki, müxtəlif kəsiklərə malik olan boruda mayenin axını zamanı borunun dar yerlərində mayenin statik təzyiqi kiçik, borunun geniş yerlərində isə, mayenin statik təzyiqi böyük olur.

(1) və (2) ifadələrindən mayenin boruda axma sürətini tapaq:

$$v_2 = [2 \frac{(P_1 - P_2) + \rho g(h_1 - h_2)}{\rho(1 - S_2^2/S_1^2)}]^{1/2}. \quad (3)$$

Borunun en kəsiyindən vahid zamanda keçən mayenin miqdarı, maye seli adlanır və aşağıdakı kimi hesablanır:

$$N = S_2 v_2 \rho = \rho S_2 [2 \frac{(P_1 - P_2) + \rho g(h_1 - h_2)}{\rho(1 - S_2^2/S_1^2)}]^{1/2}. \quad (4)$$

Selin vahidi SQS sistemində q/san və BS-də isə, kq/san -dir.

Son ifadədə otaq temperaturunda su üçün $\rho = 1 q/\text{sm}^3$ qəbul edilərsə, sel ədədi qiymətə, borunun en kəsiyindən vahid zamanda keçən suyun miqdarına bərabər olar. Mayenin axdığı boru üfiqi vəziyyətdə olarsa, ($h_1=h_2$) mayenin axma sürəti və selin qiyməti aşağıdakı düsturlarla ifadə olunur:

$$v_2 = [2 \frac{(P_1 - P_2)}{\rho(1 - S_2^2/S_1^2)}]^{1/2}, \quad (5)$$

$$N = \rho S_2 [2 \frac{(P_1 - P_2)}{\rho(1 - S_2^2/S_1^2)}]^{1/2}. \quad (6)$$

Borunun ixtiyarı iki yerində en kəsik sahələrini ölçərək (S_1 və S_2) təcrübə zamanı bu kəsiklərdəki təzyiqlər fərqi ($\Delta P = P_1 - P_2$) manometrlə təyin edərək, uyğun temperaturda mayenin sıxlığını (ρ) cədvəldən götürməklə, (5) və (6) ifadələrinə görə mayenin 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 mayenin miqdarı ilə ölçülən kəmiyyət olduğundan:

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

və ya

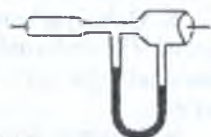
$$N = \frac{V}{t} \rho \quad (7)$$

yazmaq olar.

Burada m - t zaman müddətində axan mayenin kütləsi, V -onun həcmi, t isə, m kütləli mayenin borunun en kəsiyindən keçmə müddətidir. (6) və (7) ifadələrinə əsasən hesablanmış qiymətləri müqayisə etmək lazımdır.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

En kəsiyinin sahəsi dəyişən boruda mayələrin hərəkətinin öyrənilməsi üçün istifadə edilən qurğu şəkil 6.1-də göstərilmişdir. En kəsiyinin sahəsi müxtəlif olan borunun bir ucu rezin boru ilə su kəmərinə birləşdirilir.



Şəkil 6.1

Şəkildən göründüyü kimi, üfqi qoyulmuş həmin borunun dar və gen yerlərinə U şəkilli cıvəli manometr də birləşdirilmişdir. Bununla, borunun dar və geniş yerlərində axan mayenin təzyiqlər fərqi ölçmək mümkündür. Bu təzyiqlər fərqinə və en kəsik sahələrinə S_1 , S_2 əsasən, (5) və (6) ifadələrindən mayenin axma sürətini v və maye selinin qiymətini N hesablamaq olar.

Digər tərəfdən selin qiymətini təcrübədən bilavasitə tapmaq üçün t zaman müddətində borudan çıxan mayeni xüsusi qaba yığaraq tərəzidə çəkmək, və ya menzurka ilə onun həcmi taparaq, (7) ifadəsində nəzərə almaq lazımdır. Təcrübə zamanı borudan çıxan mayenin sürəti sabit olmalıdır. Bunu isə, manometrdeki cıvə səviyyələri fərqi sabit qalması ilə müəyyən etmək olar. Sonra boruda maye axınının başqa sabit sürətini əldə edərək, buna uyğun təzyiqlər fərqi ΔP tapmaqla, təcrübəni təkrar etmək lazımdır.

Təkrar təcrübələr zamanı müəyyən en kəsik üçün tapılan sürətin qiymətləri ilə uyğun təzyiqlər fərqi ΔP qiymətləri arasındakı asılılığı əks etdirən qrafiki qurmaq lazımdır. Bu kəmiyyətlərin dəyişmələri mütənasib olduğundan, qrafik düz xətt verməlidir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Şəkil 6.1-də olduğu kimi en kəsinin sahəsi dəyişən borunu üfqi vəziyyətdə yerləşdirib, onun bir ucunu rezin boru vasitəsilə su kəmərinə birləşdirməli.

2. Borunun iki müxtəlif yerində onun en kəsinin sahələrini ölçməli.

3. Borudan su axıtmalı və axın sürətinin sabitliyini təmin etməli. Bunun üçün manometrə civə səviyyələrindəki fərqin sabit qalmasına nail olmalı.

4. Civə səviyyələrindəki fərqi görə təzyiqlər fərqi ΔP hesablamaq.

5. Uyğun temperaturda suyun sıxlığını cədvəldən tapmalı.

6. ΔP , S_1 , S_2 -nin qiymətlərini (5) və (6) ifadələrində nəzərə alıb, mayenin S_2 -en kəsindən axma sürətini və selin qiymətini hesablamaq.

7. Qərarlaşmış axın halında 15-20 saniyə müddətində borudan axan mayeni xüsusi qaba yığmalı. Sonra menzurka vasitəsilə qaba yığılan mayenin həcmi, və ya tərəzi vasitəsi ilə onun kütləsini tapmalı.

8. Qaba yığılmış mayenin həcmi və onun yığılmasına sərf olunan zamanı (7) ifadəsində nəzərə alaraq, selin qiymətini bilavasitə tapmalı. Sonra selin bu qiymətini (6) ifadəsinə əsasən tapılan qiymətlə müqayisə etməli.

9. Mayenin borudan axma sürətini su kranı vasitəsi ilə, və ya suyun axdığı rezin boruya bərkidilmiş xüsusi sıxac vasitəsi ilə dəyişərək (hər dəfə təzyiqlər fərqi manometrə ən azı 10-15 mm.c.st qədər dəyişilməlidir), başqa qərarlaşmış hallar üçün təcrübəni əvvəlki qayda ilə 5-7 dəfə təkrar etməli.

10. Hər təcrübəyə uyğun tapılan sürət və təzyiqin qiymətlərinə görə qrafik qurmaq.

11. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

Cədvəl 1

S_1, mm^2	S_2, mm^2	$\Delta P, \text{Pa}$	V, mm^3	t, san	$N, \text{kg/m}^2 \cdot \text{san}$

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.127, 1.145, 1.151.

Ədəbiyyat: [2], r.1, § 6-9;

[4], § 30-36.

[6], § 40-42.

LABORATORİYA İŞİ № 7

**MAYELƏRİN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ OSTVALD
VİSKOZİMETRİ VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ**

*Cihazlar və ləvazimatlar: Ostvald viskozimetri, qızdırıcı qurğu,
termometr, saniyəölçən, müxtəlif
konsentrasiyalı məhlullar*

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Real maye və qazların boruda laminar (laylı) axını zamanı onun müxtəlif təbəqələrinin axın sürəti müxtəlif olur. Borunun divarına yaxın olan təbəqələrdə mayenin sürəti kiçik, mərkəzə doğru yaxınlaşdıqca mayenin sürəti böyüyərək, mərkəzi təbəqədə ən böyük qiymətə çatır. Hərəkətdə olan maye təbəqələrinin sürətlərinin müxtəlifliyi, təbəqələr arasında molekulyar qarşılıqlı təsirlərlə izah olunur. Belə ki, borunun divarı ilə bilavasitə təmasda olan maye təbəqəsi ilə borunun divarı arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsinin təsiri nəticəsində, həmin maye təbəqəsi borunun divarına "ilişərək" hərəkətsiz qalır. Bu təbəqə isə, özünə qonşu olan digər təbəqə ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq, onun sürətini azaltmağa çalışır, yəni bu iki maye təbəqəsi arasında sürtünmə qüvvəsi meydana çıxır. Beləliklə, hərəkət edən maye təbəqələri arasında yaranan sürtünmə qüvvəsinə *daxili sürtünmə qüvvəsi* deyilir.

Daxili sürtünmə qüvvəsi də başqa növ sürtünmə qüvvələri kimi, bir-birinə nəzərən hərəkət edən təbəqələrin səthinə toxunan istiqamətdə yönələrək, toxunan səthlərin sahəsi ilə düz mütənasibdir. Bundan başqa, daxili sürtünmə qüvvəsi, maye təbəqələrinin sürətlərinin müxtəlifliyindən də asılıdır. Biri-birindən Δx qədər məsafədə yerləşən iki maye təbəqəsinin

sürətlərinin v_1 və v_2 olduğunu fərz edək. Onda $\Delta v/\Delta x$ nisbəti, *ədəd* qiymətə, mayenin hərəkət istiqamətinə perpendikulyar olan vahid məsafədə maye təbəqələrinin sürətinin dəyişməsinə göstərən kəmiyyət olar. Bu kəmiyyətə *sürət qradienti* deyilir. Sürət qradienti artdıqca, daxili sürtünmə qüvvəsi də böyüyür.

Nyuton tərəfindən müəyyən olunmuşdur ki, səthinin sahəsi S olan maye təbəqəsinə təsir edən daxili sürtünmə qüvvəsi

$$F = \eta \frac{dv}{dx} S \quad (1)$$

düsturu ilə ifadə olunur. Burada η mayenin növünü xarakterizə edən fiziki kəmiyyət olub, *daxili sürtünmə əmsalı*, və ya *özlülük əmsalı* adlanır. *Daxili sürtünmə əmsalı*, *ədədi qiymətə*, *sürət qradienti vahidə hərəkət olduğda sürtünən maye təbəqəsinin vahid səthinə təsir edən sürtünmə qüvvəsinə bərabərdir*. SQS vahidlər sistemində özlülüyn vahidi olaraq 1 Puaz qəbul edilmişdir. *Puaz* - *1sm məsafədə sürətin 1sm/san qədər dəyişməsi zamanı sahəsi 1sm² olan təbəqəyə toxunan istiqamətində 1 din qüvvə təsiri yaradan mayenin özlülüydür*: $1 \text{ Puaz} = 1 \text{ din.san/sm}^2$. BS vahidlər sistemində özlülüyn vahidi $1 \text{ Pa.san} = 1 \text{ N.san/sm}^2$ qəbul olunmuşdur.

Daxili sürtünmə qüvvəsi (1) düsturu (Nyuton düsturu) ilə ifadə olunan mayelərdə özlülük əmsalı sürət qradientindən asılı deyil. Belə mayələrə *Nyuton mayeləri*, *özlülüyə isə normal özlülük* deyilir. Daxili sürtünmə qüvvəsi (1) düsturuna tabe olmayan mayelərdə özlülük əmsalı həm təzyiqlər fərqiindən, həm də sürət qradientindən asılıdır. Belə mayələrə *qeyri-Nyuton mayeləri*, *özlülüyə isə anomal özlülük* deyilir. Mürəkkəb və iot molekullardan ibarət olan mayələr, məsələn, polimer məhlulları qeyri-Nyuton mayesinə aiddirlər. O cümlədən qan da qeyri - Nyuton mayesidir. Normal halda insan qanının özlülüynü $0,04-0,05 \text{ Puaz}$ intervalında dəyişir. Patoloji hallarda isə, o, $0,07-2,29 \text{ Puaz}$ intervalında dəyişir. Göründüyü kimi, qanın özlülüynü diaqnostik əhəmiyyət kəsb edir. Qanın özlülüynü bəzi infeksiyon xəstəliklərdə artır, bəzi xəstəliklərdə isə (məsələn, vərəm, qarın yatalağı və s.), azalır.

Qanın özlülüynün dəyişməsi, eritrositlərin çökmə sürətinin dəyişməsinin əsas səbəblərindən biridir. Həm normal, həm də qeri-normal mayələrin özlülük əmsalı temperaturdan asılıdır. Bunu aşağıdakı kimi izah etmək olar. Mayelərdə daxili sürtünmə molekullar arasındakı təsir qüvvəsi ilə bağlıdır. Mayelərdə molekullar arasındakı məsafə, molekulların özünün ölçüsü tərtibində olduğundan, onlar arasındakı təsir qüvvəsi böyükdür. Maye molekulları, bərk cisim molekulları kimi tarazlıq vəziyyətləri ətrafında rəqsi hərəkət edirlər. Lakin bu tarazlıq vəziyyətləri, bərk cisimlərdən fərqli

olaraq, mayelərdə sabit deyil. Maye molekulu bir tarazlıq vəziyyəti ətrafında müəyyən müddət rəqs etdikdən sonra, sıçrayışla digər tarazlıq vəziyyətinə keçir. Molekulun tarazlıq vəziyyətində qaldığı zaman müddəti τ molekulun "oturaqlıq" müddəti adlanır. Molekulun orta "oturaqlıq" müddətinə *relaksasiya müddəti* deyilir. Mayenin temperaturu artdıqca, molekulaların kinetik enerjisi artdığından, onların relaksasiya müddəti azalır. Bu isə, mayenin özlülüyünün azalmasına səbəb olur.

Mayelərin özlülüyünün temperaturdan asılılığı mürəkkəb xarakter daşıyır. Molekullar tarazlıq vəziyyətlərini nə qədər tez-tez dəyişərsə, yəni relaksasiya müddəti nə qədər az olarsa, maye o qədər çox axıcılığa, yəni daha az özlülüyə malik olar.

Mayelərin daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Onlardan biri də kapillyar viskozimetriya üsuludur. Viskozimetriya- "viscosity" - özlülük sözündən olub, özlülüynün ölçülməsi deməkdir. Üsulun mahiyyəti aşağıdakından ibarətdir.

Burada mayenin hərəkət etməsi üçün borunun uclarında müəyyən təzyiqlər fərqi Δp olmalıdır. Puzeyl qanununa görə, *qərarlaşmış axında borunun en kəsiyindən t müddətində keçən mayenin həcmi V, onun uclarındakı təzyiqlər fərqi ΔP ilə düz mütənəsbibdir:*

$$V = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8\eta l} t, \quad (2)$$

burada r borunun radiusu, l onun uzunluğu, η -mayenin özlülüydür.

Daxili sürtünmə əmsalını (2) düsturu vasitəsi ilə təyin etmək üçün mayenin axını laminar olmalıdır, yəni maye axarkən, onun ayrı-ayrı təbəqələri bir-birinə qarışmamalıdır. Adi sürətlərdə mayelərin burulğanlı (turbulent) axınının yaranmaması üçün borunun radiusu kifayət qədər kiçik olmalıdır. Burulğanlı axın üçün (2) düsturu doğru deyildir. Təcrübələr zamanı (2) düsturuna daxil olan r , l , ΔP kəmiyyətlərinin bilavasitə ölçülməsi çətinlik törədir. Bu çətinliyi aradan qaldırmaq üçün müqayisə üsulundan istifadə edilir. Bu məqsədlə, daxili sürtünmə əmsalı məlum olan maye (məsələn, su) götürülür və bu etalon mayenin kapillyar borudakı hərəkəti tədqiq olunan mayenin həmin kapilyardakı hərəkəti ilə müqayisə edilir.

(2) düsturunu etalon maye üçün tətbiq etsək,

$$V_0 = \frac{\pi r^4 \Delta p_0}{8\eta_0 l} t_0 \quad (3)$$

olar.

Eyni həcmdə götürülmüş tədqiq olunan və etalon mayələrin həcmələrinin nisbətini (2) və (3) ifadələrinə görə yazsaq,

$$\eta = \eta_0 \frac{\Delta p \, t}{\Delta p_0 t_0} \quad (4)$$

alırıq.

Saquli vəziyyətdə olan kapilyardakı mayələr hidrostatik təzyiqin təsiri ilə hərəkət etdiklərindən, tədqiq olunan və etalon mayələr üçün uyğun olaraq

$$\Delta p = \rho g h, \quad \Delta p_0 = \rho_0 g h \quad (5)$$

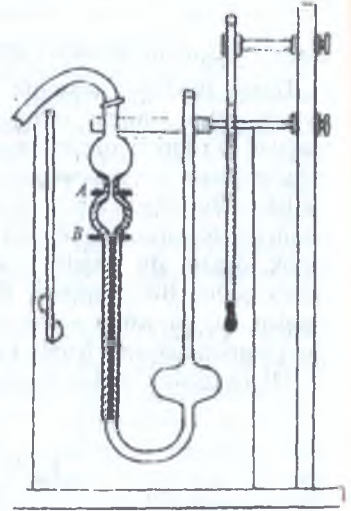
yazmaq olar. (5) düsturlarını (4) də nəzərə alsaq,

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho \, t}{\rho_0 t_0} \quad (6)$$

alırıq. Bu ifadə daxili sürtünmə əmsalının kapilyar viskozimetriya üsulu ilə təyininə istifadə edilən yekun düsturdur.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Mayələrin daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün işlədilən Ostvald viskozimetri şəkil 7.1-də göstərilmişdir. Bu cihazın qollarından biri kapilyar borudan ibarətdir. Digər qolu isə, nisbətən böyük radiuslu borudan ibarətdir. Əvvəlcə müəyyən həcmli etalon maye, viskozimetrin geniş qoluna tökülür və sonra rezin armud vasitəsilə maye səviyyəsinin kapilyar qol üzərindəki A xəttindən bir az yuxarı qalxana qədər sorulur. Bundan sonra sorulma dayandırılır və maye səviyyəsinin aşağı enməsi müşahidə edilir. Mayenin aşağıya doğru hərəkəti zamanı A və B nişan xətləri arasında qalan maye həcmnin axma müddəti t_0 saniyəölçən vasitəsilə qeyd edilir. Analoji



Şəkil 7.1

Əməliyyat tədqiq olunan maye üçün də yerinə yetirilir. Kapillyarın A və B xətləri arasında qalan həcmi və kapillyarın uzunluğu l hər iki maye üçün eyni olduğundan (6) düsturunu tətbiq etməklə, mayələrin daxili sürtünmə, B əmsalı təyin edilir.

Əyni olduğundan (6) düsturuna tətbiq etməklə, mayələrin daxili sürtünmə əmsalı təyin edilir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Əvvəlcə viskozimetrim geniş qoluna etalon maye (su) tökməli.
2. Rezin borunun köməyi ilə geniş qoldakı suyu A nişan xəttindən bir az yuxarı qaldırmalı və saniyəölçənlə A və B xətləri arasında olan suyun kapillyardan axma müddətini t_0 təyin etməli. Ölçmələri 3 dəfə təkrar aparmalı və t_0 -in orta qiymətini $\langle t_0 \rangle$ tapmalı.
3. Viskozimetrdəki suyu boşaldaraq, onun içərisini tədqiq olunan maye ilə yaxalamalı.
4. Bir və iki əməliyyatlarını tədqiq olunan maye üçün də aparmalı.
5. Aerometrin vasitəsilə tədqiq olunan mayenin ρ sıxlığını ölçməli.
6. Suyun özlülük əmsalının η_0 və sıxlığının ρ_0 təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun qiymətlərini qeyd etməli.
7. (6) düsturuna görə tədqiq olunan mayenin özlülük əmsalını tapmalı.
8. Ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də verməli.
9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

t_{01} san	t_{02} san	t_{03} san	$\langle t_0 \rangle$ san	t_1 san	t_2 san	t_3 san	$\langle t \rangle$ san	η Pa.san

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.134, 1.154, 1.158.

Ədəbiyyat: [1], § 9.1-9.5;

[2], T.1, § 5-9;

[4], § 30-36.

MAYELƏRİN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ STOKS ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: Stoks metodu ilə özlülüyün təyini üçün işlədilən qurğu, saniyəölçən, kiçik metal kürələr, areometr, mikrometr, xətkəş

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Bu üsul daxili sürtünmə əmsalı (özlülüüyü) çox böyük olan mayelərin (məsələn, qliserin və müxtəlif yağların) daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün tətbiq edilir. Mayelərin daxili sürtünmə əmsalı haqqında ətraflı məlumat lab. işi №7-də verilmişdir.

Üsulun mahiyyəti, özlü mayelərdə cisimlərin hərəkətini öyrənməklə mayelərin özlülüyünü təyin etməkdən ibarətdir. Mayədə hərəkət edən cisimlərin maye ilə təmas səthindəki molekulaları ilə maye molekulaları arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvəsinin təsiri nəticəsində cisimlə bilavasitə təmasda olan maye təbəqəsi cisimin səthinə yapışaraq, onunla birlikdə hərəkət edir. Bu maye təbəqəsilə sükunətdə olan maye təbəqələri arasında yaranan sürtünmə qüvvəsi, təbiətə mayenin özünün hərəkəti zamanı onun ayrı-ayrı təbəqələri arasında yaranan sürtünmə qüvvəsilə oxşar olduğundan, bunların hər ikisi mayenin *daxili sürtünmə qüvvəsi* adlanır.

Özlü mayelərdə kürənin hərəkəti zamanı yaranan sürtünmə qüvvəsi Stoks qanunu ilə ifadə olunur. Stoks təcrübi olaraq müəyyən etmişdir ki, *kürə formalı kiçik cismin sıxılmayan mayədə kiçik sürətli hərəkəti zamanı yaranan daxili sürtünmə qüvvəsinin F_s qiyməti, mayenin daxili sürtünmə əmsalı, cismin mayədə v hərəkət sürəti və kürənin radiusu r_k ilə düz mütənasibdir:*

$$F_s = 6\pi\eta v r_k . \quad (1)$$

Stoks qanunundan istifadə edərək, şaquli maye sütunu içərisində kiçik radiuslu kürəciyin hərəkətinə baxaq. Sıxlığı ρ_m olan özlü mayədə ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə sərbəst düşən r_k radiuslu kürəciyə üç qüvvə təsir edir (şəkil 8.1):

1) şaquli istiqamətdə aşağıya doğru yönəlmiş ağırlıq qüvvəsi P

$$P = mg = \frac{4}{3}\pi r_k^3 \rho_k g ,$$

burada ρ_k kürəciyin sıxlığı, g - sərbəstdüşmə təcildir;

2) şaquli istiqamətdə yuxarıya doğru yönəlmiş və ədədi qiymətəə özlü mayeyə batırılan kürəciyin həcmi qədər sıxışdırılıb çıxarılan mayenin çəkisinə bərabər olan F_q qaldırıcı Arximed qüvvəsi

$$F_q = m_1 g = \frac{4}{3} \pi r_k^3 \rho_m g.$$

burada ρ_m - mayenin sıxlığıdır.

3) cismin mayədə hərəkətinin əksinə, yəni yuxarıya doğru yönəlmiş F_s sürtünmə qüvvəsi.

Kürəciyin özlü mayədə hərəkəti zamanı ağırlıq və Arximed qüvvələri dəyişmir, sürtünmə qüvvəsi isə, kürənin sürətlə mütənəşib olaraq artır. Hərəkətin başlanğıcında sürtünmə qüvvəsi kiçik olur və kürəcik özlü mayədə aşağıya doğru yönəlmiş $P - F_q - F_s$ əvəzləyici qüvvənin təsiri altında təcillə hərəkət edir. Kürəciyin mayədə düşmə sürəti artıqca, F_s qüvvəsi də artır və elə bir an gəlir çatır ki, şaquli istiqamətdə yuxarıya doğru yönəlmiş F_s və F_q qüvvələri aşağıya doğru yönəlmiş P ağırlıq qüvvəsini tarazlaşdırır. Bununla da kürənin hərəkəti qərarlaşmış olur. Qərarlaşmış hərəkətdə kürəyə təsir edən qüvvələrin cəmi sıfır bərabərdir (bu halda kürəcik maye daxilində bərabərsürətlə hərəkət edir). Beləliklə,

$$P - F_q - F_s = 0,$$

və ya

$$\frac{4}{3} \pi r_k^3 \rho_k g = \frac{4}{3} \pi r_k^3 \rho_m g + 6\pi r_k \eta v. \quad (2)$$

(2) düsturundan istifadə edərək, tədqiq olunan mayenin η daxili sürtünmə əmsalını tapmaq olar:

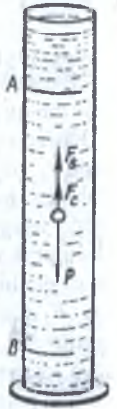
$$\eta = \frac{2}{9} r_k^2 g \frac{\rho_k - \rho_m}{v}. \quad (3)$$

(3) düsturunun çıxarılışında kürəciyin aşağı düşərkən müəyyən qədər mayeni sıxışdırdığı nəzərə alınmayıb. Bu səbəbdən isə, yuxarıya doğru yönəlmiş maye seli yaranır ki, bu da əlavə müqavimət qüvvəsinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bu qüvvəni də nəzərə alsaq, onda (2) düsturu R radiuslu silindrik qab üçün belə yazılar:

$$\eta = \frac{2}{9} r_k^2 g \frac{\rho_k - \rho_m}{(1 + 2,4r/R) \nu} \quad (4)$$

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Stoks üsulu ilə mayelərin daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün silindrik şüşə qabdan istifadə olunur (şəkil 8.1). Silindrik qabın ağzı ortasında deşiyi olan qapaqla örtülmüş olur. Bu deşikdən kürəciyi ələ salmaq lazımdır ki, kürəcik mayeyə qabın oxu boyunca daxil olsun. Təcrübədə adətən, diametri 3-4 mm olan şüşə, və yaxud polad kürəciklərdən istifadə olunur. Qabın üzərinə dairəvi A və B nişan xətləri çəkilmişdir. A nişan xətti mayenin üst səthindən 6-8 sm aşağıda götürülür ki, kürə nişan xəttinə çatana kimi bərabərsürətli hərəkət etməyə başlamış olsun. B xətti isə, kürəciyin düşmə müddətinin asanlıqla ölçülməsini təmin etmək üçün çəkilmişdir. Kürəciyin bərabərsürətli hərəkətinin ν sürətini təyin etmək üçün, A və B nişan xətləri arasındakı məsafəni l ölçüb, onu, həmin məsafənin l yerdəyişməsinə sərf olunan zamana bölmək lazımdır $\nu = l/t$. Bu ifadəni (4)-də nəzərə alsaq,



Şəkil 8.1

$$\eta = \frac{2}{9} r_k^2 g \frac{(\rho_k - \rho_m) t}{(1 + 2,4r/R) l} \quad (5)$$

alırıq

İŞİN GEDİŞİ

1. Mikrometr vasitəsilə kürənin radiusunu r_k üç dəfə ölçməli.
2. Kürənin radiusunun orta qiymətini $\langle r_k \rangle$ tapmalı.
3. Kürəni maye olan silindrik qaba ələ salmalı ki, o, silindrin oxu boyunca hərəkət etsin. Kürənin A və B nişan xətləri arasındakı məsafənin yerdəyişməsinə sərf etdiyi zaman müddətini t ölçməli.
4. Nişan xətləri arasındakı məsafəni l ölçməli.
5. Areometr vasitəsilə tədqiq olunan mayenin sıxlığını ölçməli.
6. (5) düsturuna görə mayenin özlülüyünü hesablamalı.
7. Analoji ölçmələri başqa kürələr üçün də aparmalı və $\langle \eta \rangle$ -ni tapmalı.

8. Ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də verməli.
9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

r_1 , m	r_2 , m	r_3 , m	$\langle r \rangle$, m	t_1 , san	t_2 , san	t_3 , san	$\langle t \rangle$, san	η , Pa.san

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.29, 1.135-1.137.

Ədəbiyyat: [1], § 9.1-9.5;

[2], t.1, § 7;

[4], § 30-36.

LABORATORİYA İŞİ № 9

BIOMOLEKULLARIN MOLEKULYAR KÜTLƏSİNİN VISKOZİMETR VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazmatlar: çoxkürəcikli viskozimetr, saniyəölçən, müxtəlif konsentrasiyalı məhlullar

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Mayelərin daxili sürtünmə əmsalı haqqında ətraflı məlumat laboratoriya işi №7-də verilmişdir. Bu işdə məhlulların daxili sürtünmə əmsalının vasitəsilə həll olunan maddənin molekulyar kütləsinin təyin olunmasına baxılır.

Məhlulun daxili sürtünmə əmsalı η , təmiz həlledicinin η_0 daxili sürtünmə əmsalından kifayət qədər fərqlənə bilər. Bu fərqin miqdarına görə həll olunan maddənin molekullarının xassələri haqqında təsəvvür əldə etmək mümkündür. Bunun üçün işdə lazım olan bəzi zəruri anlayışları nəzərdən keçirək. Belə anlayışlardan biri *məhlulun xüsusi özlülüyü*dür.

$$\eta_x = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} \quad (1)$$

kəmiyyəti *məhlulun xüsusi özlülüüyü* adlanır. Xüsusi özlülük adsız kəmiyyət olub, məhlulun konsentrasiyasından asılıdır. Konsentrasiyası çox kiçik olan (seyrək) məhlullarda həll olunan maddənin molekullarının bir biri ilə qarşılıqlı təsirini nəzərə almamaq olar. Belə məhlulların xüsusi özlülüüyü məhlulun konsentrasiyası c ilə düz mütənəsibdir:

$$\eta_x = \eta_g \cdot c,$$

burada η_g mütənəsiblik əmsalı olub, həll olunan *maddənin gətirilmiş özlülüüyü* adlanır.

Bioloji makromolekullar - daxili mütəhərrikiyə malik olan polimer molekullardır. Onların məhlullarında konsentrasiyanın artması ilə molekullar arasındakı qarşılıqlı təsirin artmasını nəzərə almamaq olmaz. Gətirilmiş özlülük, həll olunan maddənin müxtəlif konsentrasiyalarında müxtəlif qiymətlər aldığından, ancaq c -nin kiçik qiymətlərində xarakteristik əmsal kimi mənaya malikdir. Ona görə də, molekulların gətirilmiş özlülüünə konsentrasiyanın ancaq kiçik qiymətlərində molekulları xarakterizə edən kəmiyyət kimi baxmaq olar, yəni maddənin xarakteristikası olaraq

$$\lim_{c \rightarrow 0} \frac{\eta_x}{c}$$

kəmiyyətini götürmək olar.

Məhlulun konsentrasiyasının və sürət qradientinin sonsuz kiçik qiymətində məhlulun xüsusi özlülüünün məhlulun konsentrasiyasına nisbətində məhlulun xarakteristik özlülüüyü deyilir:

$$[\eta] = \lim_{\substack{c \rightarrow 0 \\ g \rightarrow 0}} \frac{\eta_x}{c}$$

Burada g -məhlulun kapillyarda hərəkəti zamanı yaranan sürət qradientidir. Xarakteristik özlülüün təyində sürət qradientinin sıfıra yaxınlaşması şərti bioloji məhlulların qeyri - Nyuton mayesi olması ilə bağlıdır. Əvvəllər də qeyd edildiyi kimi, qeyri-Nyuton mayələrdə daxili sürtünmə əmsalı sürət qradientindən asılıdır. Konsentrasiyanın və qradientin çox kiçik

qiymətlərində bioloji makromolekulların maye selində deformasiyası baş vermir.

Mütəhərrik bioloji molekullar məhlullarda formaca fırlanma ellipsoidinə oxşar qeyri-simmetrik yumaq şəklini alırlar. Belə molekulları əhatə edən həlledicinin çox kiçik sürətli axını zamanı, onlar həlledicilə birlikdə axmayaraq, müəyyən bir ox ətrafında fırlanırlar. Belə axmayan makromolekulların xarakteristik özlülüyü molekulyar kütlədən asılıdır.

Müəyyən məhlullarda eyni homoloji sıradan olan polimerlər (eyni kimyəvi funksiyaya və eyni tipli quruluşa malik olub, bir və ya bir neçə metilen qrupları ilə fərqlənən qohum üzvi birləşmə qruplarıdır) üçün xarakteristik özlülük polimerin molekulyar kütləsindən asılıdır:

$$[\eta] = k \cdot M^a. \quad (2)$$

Burada, k - polimerin məxsus olduğu homoloji sıra üçün sabit əmsaldır, M - polimerin molekulyar kütləsidir, qüvvət üstü olan a polimer molekulunun formasından, onun məhlulda "şişmə" dərəcəsindən və daxili axıcılığından asılıdır. Polimer molekulunun daxili axıcılığı onun həlledici ilə birlikdə axması demək deyil. Polimer molekulunun daxili axıcılığı dedikdə, onun kənar mexaniki təsirlərlərin nəticəsində öz həcmi sabit saxlamaqla, formasını (konformasiyasını) dəyişə bilməsi qabiliyyəti başa düşülür. Bütöv kürəvi hissəciklər üçün $a=0$. Makromolekulun formasının asimmetriyası artdıqca, a ədədi də böyük olur. Ellipsoid formalı axıcı molekullar üçün $a=0,5$. Tam axıcı molekullar üçün $a=1$. (2) ifadəsinin sağ və sol tərəfini loqarifmləsək, onu başqa şəkildə yazmaq olar:

$$\ln[\eta] = \ln k + a \ln M. \quad (3)$$

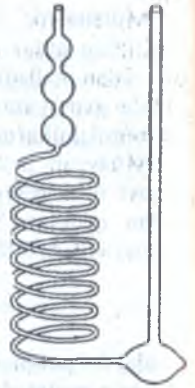
(3)-ə görə $[\eta] = f(M)$ loqarifmik koordinatlarda düz xəttin tənliyini verir.

Molekulyar kütləsi məlum olan və eyni homoloji sıradan olan bir neçə polimer məhlulun xarakteristik özlülüyünü təyin etməklə, $[\eta] = f(M)$ asılılığının qrafikini qurmaq olar. Bu qrafikə verilmiş homoloji sıra üçün "kolibirləmə" əyrisi deyilir. Kolibirləmə əyrisinə görə k və a əmsallarını tapmaq olar. k və a parametrlərinin məlum qiymətində, məhlulun xarakteristik özlülüyünü ölçməklə, həll olunmuş polimerin molekulyar kütləsini təyin etmək olar.

QURGUNUN TƏSVİRİ

Xarakteristik özlülüüyü təyin etmək üçün çox-kürəcikli viskozimetrdən istifadə olunur (şəkil 9.1). Bu viskozimetrin Ostvald viskozimetrindən fərqi kapillyarının daha uzun olması və mayenin axma müddətini ölçmək üçün nəzərdə tutulan kürəvari genişlənmələrinin sayının çox olmasıdır.

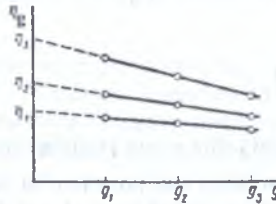
Kapillyar borunun uzun olması, mayenin axma müddətini daha dəqiq ölçməyə imkan verir. Kürəciklərin sayının çoxluğu isə, müxtəlif sürət qradienti yaratmaq üçün nəzərdə tutulur. Mayenin axını zamanı yaranan sürət qradienti, onun viskozimetrdə hansı hündürlük səviyyəsinə qaldırılmasından, yəni kürəciklərin doldurulmasından asılıdır. Hər bir kürəcik üçün sürət qradientinin qiyməti cihaza əlavə olunan cədvəldə göstərilir.



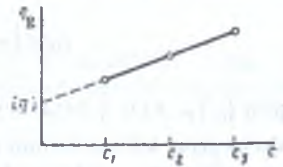
Şəkil 9.1

İşin yerinə yetirilməsi üçün, eyni homoloji sıraya aid olan və molekulyar kütlələri məlum olan iki, həmin homoloji sıradan olan və molekulyar kütləsi məlum olmayan bir biopolimer məhlulları hazırlanır. Hər bir məhlul ayrılıqda üç müxtəlif konsentrasiyada götürülür.

Çoxkürəcikli viskozimetr vasitəsilə daxili sürtünmə əmsalının ölçülməsi, Ostvald viskozimetri ilə özlülüynün ölçülməsi qaydası kimidir (lab. işi № 7-yə bax).



Şəkil 9.2



Şəkil 9.3

İŞİN GEDİŞİ

1. Üç müxtəlif konsentrasiyalı biopolimer məhlullarının daxili sürtünmə əmsalını η müxtəlif sürət qradientlərində (g) ölçməli.

2. Məhlulların götürülmüş daxili sürtünmə əmsalını $\eta_{sp} = (\eta - \eta_0) / c \eta_0$ təyin etməli (həllədicinin özlülüynün η_0 verilmiş temperaturda qiymətini cədvəldən götürməli).

3. Gətirilmiş özlülüyün sürət qradientindən asılılığının $\eta=f(g)$ qrafikini qurmali (şəkil 9.2) və qrafikdə ekstrapolyasiya yolu ilə $g=0$ olduqda, üç müxtəlif konsentrasiya üçün η_0 -ı tapmalı.

4. Gətirilmiş özlülüyün, konsentrasiyadan asılılıq η_{sp}/c qrafikini qurmali (şəkil 9.3) və ekstrapolyasiya yolu ilə, $g=0$, $c=0$ olduqda xarakteristik özlülüğü $[\eta]$ tapmalı.

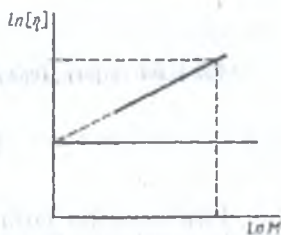
5. Ölçmələrin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də göstərməli.

6. Analoji əməliyyatları (1-5) qalan iki biopolimer məhlulları üçün yerinə yetirməli.

7. Loqarifmik koordinatlarda xarakteristik özlülüğün həll olunan biopolimerin molekulyar kütləsindən asılılıq qrafikini $[\eta]=f(M)$ qurmali (şəkil 9.4).

8. Qurulmuş qrafikə (homoloji sıranın) görə, naməlum biopolimerin molekulyar kütləsini M , $a=lg\alpha$ və k əmsallarını tapmalı.

9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.



Şəkil 9.4

Cədvəl 1

c , q/m^3	g , san^{-1}	t_1 , san	t_2 , san	t_3 , san	$\langle t \rangle$, san	η , $kq/m^3 \cdot s$	η_{sp} , m^3/kg	η_{0sp} , m^3/kg	$[\eta]$, m^3/kg

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.15, 1.152.

Ədəbiyyat: [1], § 9.1- 9.5;

[2], r.1, § 5-9;

[4], § 30-36.

BİOLOJİ MAYELƏRİN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ KLİNİK
ÜSULLA TƏYİNİ*Cihazlar və ləvazimatlar: tibbi viskozimetr, termometr, bioloji maye*

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Real mayelərin daxili sürtünmə əmsalı haqqında ətraflı məlumat lab. işi №7-də verilmişdir. Bioloji mayelər (qan, limfa, öd mayesi və s.) təbiət etibarilə qeyri -Nyuton mayələridir. Onların daxili sürtünmə əmsalının təyin olunması kliniki tədqiqatlarda mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bir çox patoloji hallarda bioloji mayelərin daxili sürtünmə əmsalı normal haldakı qiymətlərindən fərqlənir. Məsələn vərəm, qarın yatalağı və s. kimi xəstəliklərdə qanın özlüklüyü azalır, bəzi infeksiyon xəstəliklərdə isə, əksinə, artır. Bioloji mayelərin özlülük əmsalının dəyişməsindən klinikada diaqnostika məqsədilə istifadə edilir.

Klinikada qanın özlüklüyünü təyin etmək üçün tibbi viskozimetrdən (Hess viskozimetri) istifadə edilir. Hess viskozimetrinin iş prinsipi, Ostvald viskozimetrində olduğu kimi, Puazeyl qanununa əsaslanır (lab. işi №7-ə bax). Bu üsulda da, müqayisə metodundan istifadə edilir.

Etalon və tədqiq olunan mayelər üçün Puazeyl qanununu uyğun olaraq tətbiq etsək, borunun en kəsiyindən keçən etalon və tədqiq olunan mayelərin həcmələri üçün

$$V_0 = \pi r^4 \Delta P_0 t_0 / 8 \eta_0 l_0, \quad (1)$$

$$V = \pi r^4 \Delta P t / 8 \eta l \quad (2)$$

düsturlarını yaza bilərik. Burada r , - viskozimetrin kapilyar borusunun radiusu, t və t_0 - uyğun olaraq, tədqiq olunan və etalon mayelərin kapilyarda axma müddətləri, l və l_0 - kapilyarların uzunluğudur. (1) və (2) ifadələrinin nisbətini götürsək,

$$\frac{V_0}{V} = \frac{\Delta P_0 t_0 \eta l}{\Delta P t \eta_0 l_0} \quad (3)$$

alırıq. (3) münasibətindən görünür ki, eyni təzyiq altında və bərabər zaman müddətlərində eyni uzunluqlu kapilyarlardan axan mayelərin həcmələrinin nisbəti, onların özlülüklərinin nisbətilə tərs mütənəsbidir:

$$\frac{V_0}{V} = \frac{\eta}{\eta_0}.$$

Digər tərəfdən, viskozimetrin qollarını təşkil edən kapillyarlar eyni radiuslu silindr şəklində olduqlarından, $V_0 / V = \pi r^2 l_0 / (\pi r^2 l) = l_0 / l$ və

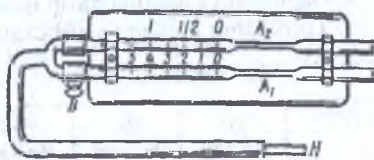
$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{l_0}{l} \quad (4)$$

alırıq.

Hess viskozimetrinin iş prinsipi də, eyni kapillyarlarda etalon və tədqiq olunan bioloji mayelərin eyni təzyiq altında və eyni zaman müddətində hərəkətinə əsaslanır.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Tibbi viskozimetr müxtəlif cür dərəcələnməmiş iki eyni A_1 və A_2 kapillyarlarından ibarətdir (şəkil 10.1). A_1 kapillyarına müəyyən həcmdə distillə olunmuş su yığılaraq B kranını bağlayırlar. Bu kran suyun səviyyəsini dəyişmədən A_2 kapillyarına tədqiq olunan mayeni yığmağa imkan verir. B kranının açıq vəziyyətində hər iki kapillyarın çıxışları rezin boruya birləşdirilmişdir. Rezin borunun ucuna şüşə boru H keçirilmişdir. H borusunun köməyiylə hər iki kapillyarlardan havanı sorduqda kapillyarlardakı maye sütunları kapillyar boyunca müxtəlif sürətlə hərəkət edirlər. Onda tədqiq olunan mayenin özlülüyü üçün (4) düsturundan



Şəkil 10.1

$$\eta = \eta_0 \frac{l_0}{l} \quad (5)$$

alırıq, burada η -tədqiq olunan bioloji mayenin özlülüyü, η_0 -etalon mayenin (suyun) özlülüyüdür. l və l_0 uyğun olaraq, tədqiq olunan və etalon mayelərin kapillyarlarda yerdəyişmələridir.

Əgər suyun özlülüyünü vahidə bərabər olduğunu qəbul etsək və tədqiq olunan mayenin yerdəyişməsini viskozimetrin l bölgüsünə qədər davam

etdirsək, onda (5) düsturuna görə tədqiq edilən mayenin özlülüyü, ədəd qiymətə, suyun kapilyardakı yerdəyişməsinə l_0 bərabər olacaq.

İŞİN GEDİŞİ

1. Viskozimetrin B kranını açıb A , kapilyarının sərbəst ucunu distillə olunmuş suya salmalı.

2. H şüşə borusunu ağıza alıb, suyu A , kapilyarının 0 bölgüsünə qədər çəkməli.

3. B kranını bağlayaraq eyni qayda ilə, tədqiq olunan mayeni A_2 kapilyarının 0 bölgüsünə qədər çəkməli.

4. B kranını açaraq, hər iki kapilyarın açıq vəziyyətində H ucluğundan havanı ehtiyatla sormalı.

5. A_2 kapilyarında tədqiq olunan mayenin səviyyəsi 1 bölgüsünə çatdıqda, sormanı dayandırmalı. Bu zaman A , kapilyarında suyun yerdəyişməsinə göstərən bölgü, tədqiq olunan mayenin özlülüynün suyun özlülüyündən neçə dəfə fərqli olduğunu göstərəcək, yəni tədqiq olunan mayenin nisbi (suya nəzərən) özlülüynü göstərəcək.

6. Tədqiq olunan mayenin özlülüynü (5) düsturuna görə tapmalı.

7. Təcrübəni 3 dəfə təkrar edərək, özlülüyn orta qiymətini tapmalı.

8. Ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl I-də verməli.

9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl I

l , bölgü	η_1 , $Pa \cdot san$	η_2 , $Pa \cdot san$	η_3 , $Pa \cdot san$	$\langle \eta \rangle$, $Pa \cdot san$

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.151, 1.152.

Ədəbiyyat: [1], § 9.1-9.5;

[2], т.1, § 5-9;

[4], § 30-36.

LABORATORİYA İŞİ № 11

QAZLARIN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ VƏ MOLEKULLARIN SƏRBƏST YOLUNUN ORTA UZUNLUĞUNUN TƏYİNİ

Çalışma 1. Daxili sürtünmə əmsalının təyini

Cihazlar və ləvazimatlar: dərəcələnməmiş aspirator, kapilyar boru, cıvəli manometr, havanı təmizləmək üçün kalsium xlorid (CaCl_2) süzgəci, ştangenpərgar, və ya xətkəş, termometr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Mayelərdə olduğu kimi, qazların da axını zamanı onun ayrı-ayrı təbəqələri arasında sürtünmə qüvvələri yaranır ki, bu qüvvələrə qazların *daxili sürtünmə qüvvələri* deyilir. Qazlarda yaranan daxili sürtünmə qüvvələrinin təbiəti mayələrin daxili sürtünmə qüvvələrinin təbiəti ilə oxşar olduğundan, daxili sürtünmə əmsalı haqqında ətraflı məlumatla 7№-li işdən tanış olmaq olar.

Mayelərdə olduğu kimi, qazların da stasionar (laminar) axını Puazeyl qanununa tabedir. Puazeyl qanunu eyni dərəcədə qazların daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün də tətbiq oluna bilər. Bu qanuna əsasən

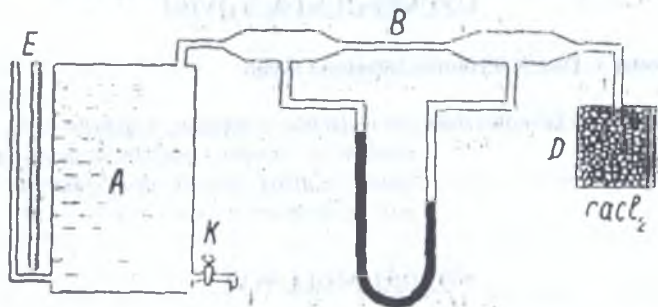
$$V = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2) t}{8 \eta l} \quad (1)$$

Bu düstur qazlara tətbiq edildikdə, V - tədqiq edilən qazın kapilyardan keçən hissəsinin həcmi, r - kapilyar borunun radiusu, l - onun uzunluğu, t - həcmi V olan qazın kapilyardan keçmə müddəti, $P_1 - P_2$ - qazın keçdiyi kapilyarın uclarındakı təzyiqlər fərqi, η - qazın daxili sürtünmə əmsalıdır. Həmin ifadədə bütün kəmiyyətlər bilavasitə təcrübədən tapıla bildiyindən, qazın daxili sürtünmə əmsalını yuxarıdakı düsturla hesablamaq olar.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Qazların daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün istifadə edilən qurğu şəkil 11.1-də göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, qurğu K -kranı və E şkalası olan A aspiratordan, radiusu r və uzunluğu l olan B kapilyar borusundan, cıvəli C manometrindən və quruducu D qabından ibarətdir.

Qurğu şəkildəki kimi birləşdirildikdən sonra, su ilə dolu olan aspiratorun kranını elə açmaq lazımdır ki, suyun qararlaşmış axını alınsın. Bu zaman manometrə cıvə sütunu səviyyələrindəki fərq sabitləşəcəkdir və bu fərq



Şəkil 11.1

Maye aspiratordan boşaldıqca, onun üzərindəki havanın təzyiqi tədricən azalır. Buna uyğun olaraq, quruducudan hava sorulur. Kapilyardan sorulmuş hava keçərkən onun uclarında təzyiqlər fərqi yaranır. Bu təzyiq C manometri 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 axıdıldıqdan sonra aspiratordakı maye səviyyəsi şkalada tam bölgülərdən digərinə çatdıqda, saniyəölçəni saxlayaraq V -həcmə malik mayenin axma müddətini t (bu həm də, V - həcmə malik qazın B kapilyarından keçmə müddəti olar) tapmış olarıq.

A aspiratoruna sorulmuş, havanın V həcmi aspiratorda axıdılan suyun həcminə görə, $P_1 - P_2$ təzyiqlər fərqi, C manometrindəki cıvə səviyyələri fərqi görə taparaq, (1) ifadəsinə əsasən qazın daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Qurğunu yoxladıqdan sonra aspiratoru su ilə doldurmalı.
2. Kapilyar borunun r radiusunu və l uzunluğunu laboratoriyada cədvəldən götürməli.
3. Aspiratorun kranını açaraq, suyu axıtmalı və manometrəki cıvə səviyyələri fərqi sabitləşməsinə gözləməli.

4. Cıvə səviyyələri 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 zamanı t qeyd etməli.
5. t müddətində axan mayenin həcmi, həcmə görə dərcələnmiş E şkalasından hesablamalı.
6. Manometrlə kapillyarın uclarındakı təzyiqlər fərqi $P_1 - P_2$ ölçməli.
7. Təcrübədən əldə edilən qiymətləri (1) ifadəsində yerinə yazaraq, qazın η daxili sürtünmə əmsalını hesablamalı.
8. Mayenin aspiratordan axma sürətini sabit saxlayaraq, müxtəlif həcmdə qaz sormaqla təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli və η üçün orta qiymət tapmalı.
10. Alınan nəticələri cədvəl 1-də yazmalı.
10. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Çalışma 2. Qaz molekullarının sərbəst yolunun orta uzunluğunun təyini

Cihazlar və ləvazimatlar: qazların daxili sürtünmə əmsalını təyin etmək üçün işlədilən qurğu, termometr, xətkəş və ştangenpərgər

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Məlumdur ki, qaz molekulları arasıkəsilməz xaosik istilik hərəkətində olurlar. Molekullar arasındakı məsafə, molekulların öz ölçülərindən çox-çox böyük olduqda, onların arasındakı qarşılıqlı təsir enerjisi molekulların kinetik enerjilərindən çox-çox kiçik olur. Ona görə də, qaz molekulları arasındakı belə qarşılıqlı təsirləri nəzərə almamaq olur. Molekullar xaosik hərəkətləri nəticəsində aralarındakı qarşılıqlı təsir qüvvəsinin kifayət qədər böyük olduğu ən kiçik məsafəyə qədər yaxınlaşa bilirlər. Molekulların təsir radiusu adlanan bu məsafədə, molekullar arasındakı cazibə qarşılıqlı təsiri itələmə qarşılıqlı təsirindən çox-çox kiçik olur və ona görə də, bu itələmə qüvvələri molekulları bir-birindən itələyir. Bu hadisəyə molekulların "toqquşması" deyilir. Qaz molekulları xaosik hərəkət etdiyindən, hər bir molekul aramsız olaraq digərlərlə toqquşur. *Molekulun iki ardıcıl toqquşması arasında qət etdiyi məsafənin orta qiymətinə, molekulun sərbəst yolunun orta uzunluğu deyilir.* Molekulun sərbəst yolunun orta uzunluğu qazlarda baş verən bir çox proseslərdə (məsələn, diffuziya, istilikkeçirmə, qaz mübadiləsi və s.) çox vacib parametr rolunu oynayır.

Bu çalışmada qaz molekullarının sərbəst yolunun orta uzunluğunun təcrübə olaraq tapılmasından bəhs ediləcək.

Qazlarda köçürmə hadisəsindən məlumdur ki, qazların η daxili sürtünmə əmsalı ilə, molekulların sərbəst yolunun orta uzunluğu $\bar{\lambda}$ arasında

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{v} \bar{\lambda} \quad (1)$$

asılılığı vardır. Burada ρ - qazın sıxlığı, $\bar{v}$ qaz molekullarının orta sürətidir. Qazın daxili sürtünmə əmsalı Puazeyl qanuna əsasən bu işin əvvəllər çalışmasında olduğu kimi tapıla bilər. ρ və $\bar{v}$ -ni isə, aşağıdakı üsulla hesablayıb, qiymətini (2) ifadəsində yazmaqla, qaz molekullarının sərbəst yolunun orta uzunluğunu tapmaq olar.

Qazın ixtiyari kütləsi üçün yazılmış Mendeleyev-Klapeyron tənliyinə görə

$$PV = \frac{m}{\mu} RT, \quad \text{və ya} \quad P = \frac{\rho}{\mu} RT. \quad (2)$$

Buradan qazın sıxlığını ρ tapsaq,

$$\rho = \frac{P\mu}{RT}. \quad (3)$$

Maksvelin qaz molekullarının sürətlərə görə paylanması qanununa əsasən, orta ədədi sürət aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = 1,60 \sqrt{\frac{RT}{\mu}}. \quad (4)$$

(3) və (4)-ü (1) düsturunda nəzərə alaraq, həmin ifadədən $\bar{\lambda}$ -ni tapsaq.

$$\bar{\lambda} = 1,87 \frac{\eta}{P} \sqrt{\frac{RT}{\mu}} \quad (5)$$

alırıq. Son ifadəyə əsasən $\bar{\lambda}$ -ni hesablamaq üçün qazın η daxili sürtünmə əmsalını bilmək lazımdır. P -ni manometrlə, T -ni termometrlə (qaz tədqiq olunduğu zaman malik olduğu temperaturdur) ölçmək lazımdır (hava üçün $\mu=29$ q/mol götürülür).

İŞİN GEDİŞİ

1. Bu işin I çalışmasında göstərilən ardıcılıqla 11.1-ci şəkildə verilmiş qurğudan istifadə etməklə, tədqiq olunan qazın daxili sürtünmə əmsalını üç dəfə təyin etməli.

2. η üçün tapılan hər qiymətə uyğun kapillyarın uclarındakı təzyiqlər fərqi ΔP ölçməli.

3. Təcrübənin aparıldığı temperaturu ölçməli və tədqiq olunan qazın molekul kütləsini cədvəldən götürməli.

4. Universal qaz sabitinin və (5) ifadəsinə daxil olan digər kəmiyyətlərin qiymətlərini düstura yazaraq $\bar{\lambda}$ -nı hesablamalı.

5. Nəticələri cədvəl 2-də yazmalı.

6. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

Cədvəl I

t_{01} , san	t_{02} , san	T_{03} , K	$\langle t_0 \rangle$, san	ΔP_1 , Pa	ΔP_2 , Pa	ΔP_3 , Pa	$\langle \Delta P \rangle$, Pa	η , Pa.san	$\bar{\lambda}$, m

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.157, 1.158.

Ədəbiyyat: [1], § 9.1- 9.5;

[2], τ .1, § 5-9;

[4], § 30-36.

SÜMÜK TOXUMASININ ELASTİKİ XASSƏLƏRİNİN
ÖYRƏNİLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: materialların elastiki xassələrini öyrənmək üçün işlədilən qurğu, insanın sümük toxumalarının nümunələri, polad nümunəsi, çəki daşları, xətkə mikrometr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Müasir təbabətin bir çox sahələrində, xüsusilə, cərrahiyyə və ortopediyada, insanların dayaq-hərəkət aparatının öyrənilməsində, protezləşdirmə məsələlərində və s. orqanizm toxumalarının elastiki xassələrinin öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu toxumalardan biri də sümük toxumasıdır. Sümük toxumasının elastiki xassələrini öyrənmək üçün, bərk cisimlərin mexaniki xassələrinin ümumi qanunauyğunluqlarını nəzərdən keçirək.

Xarici qüvvələrin təsiri ilə cisimlərin forma və ölçülərinin dəyişməsi hadisəsinə *deformasiya* deyilir. Deformasiya zamanı cismin ölçüləri dəyişdiyindən, cismi başlanğıc vəziyyətinə qaytarmağa çalışan elastiki qüvvələr yaranır. Əgər xarici qüvvənin təsiri kəsildikdən sonra, cisim öz ölçü və formasını tamamilə bərpa edərsə, onda belə deformasiyaya *elastiki deformasiya* deyilir. Əgər cismin forma və ölçüləri tam bərpa olunmursa, onda belə deformasiya *plastiki deformasiya* adlanır. Plastik deformasiya nəticəsində cisimdə *qalıq deformasiya* yaranır.

Cismin deformasiyasını kəmiyyətcə xarakterizə etmək üçün *nisbi deformasiya* anlayışından istifadə olunur.

Deformasiya nəticəsində cismin ölçüsünün Δx dəyişməsinin, onun x başlanğıc ölçüsünə nisbətində nisbi deformasiya ε deyilir:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} \quad (1)$$

Nisbi deformasiya adsız kəmiyyətdir.

Dartılma və sıxılma deformasiyası zamanı yaranan elastiki qüvvənin, həmin cismin en kəsiyinin sahəsinə S nisbətində mexaniki gərginlik deyilir:

$$\sigma = \frac{F_{el}}{S} \quad (2)$$

Mexaniki gərginlik vektorial kəmiyyətdir, BS vahidlər sistemində gərginliyin vahidi Paskaldır Pa ($Pa=1N/m^2$).

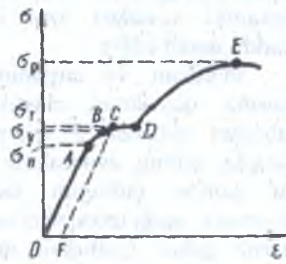
Elastiki deformasiyalarda mexaniki gərginliklə nisbi deformasiya arasında asılılıq mövcuddur və bu asılılıq Huk qanununa tabedir. Bu qanuna görə mexaniki gərginlik nisbi deformasiya ilə düz mütənəsibdir

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad \text{və ya} \quad \frac{F_d}{S} = E \frac{\Delta x}{x}, \quad (3)$$

burada mütənəsiblik əmsalı olan E cismin elastiki xassəsini xarakterizə edir və elastiklik modulu, və ya Yunq modulu adlanır.

Yunq modulu sadə fiziki mənaya malikdir. Əgər $\Delta x=x$, yəni $\varepsilon=1$ olarsa, (3)-dən göründüyü kimi, $\sigma=E$ olar, yəni Yunq modulu, ədədi qiymətcə, nümunəni öz ölçüsü qədər uzada bilən mexaniki gərginliyə bərabərdir.

Mexaniki gərginlik nisbi deformasiyadan asılıdır. Bu asılılıq şəkil 12.1-də göstərilmişdir. Şəkildə OA hissəsi elastiki deformasiyaya uyğundur. Huk qanunu bu hissədə ödənilir. A nöqtəsi elastiklik həddini göstərir. Deformasiyanın elastiklik xarakterini hələlik saxladığı mexaniki gərginliyin ən böyük qiyməti elastiklik həddüdu adlanır. Gərginliyin sonrakı artması ilə deformasiya plastik xarakterə malik olur (əyrinin AE hissəsi).



Şəkil 12.1

Əyrinin üfiqi CD hissəsi axıcılıq həddinə uyğundur. Nümunənin axıcılığı elə bir mexaniki haldır ki, bu halda mexaniki gərginlik sabit qalmaqla, nisbi deformasiya artır. Nəhayət, mexaniki gərginliyin müəyyən qiymətində nümunə dağılır. Nümunənin dağılmasına uyğun olan mexaniki gərginliyin ən kiçik qiymətinə nümunənin möhkəmlik həddüdu deyilir. Deformasiyanın müxtəlif növləri mövcuddur. Bunlara dartılma, sıxılma, əyilmə, sürüşmə, burulma və s. deformasiyalarını aid etmək olar. Bu işdə sümük toxumasının əyilmə deformasiyasının elastiklik modulu təyin edilir.

Sümük toxuması insanın dayaq - hərəkət aparatının əsas materialıdır. Sümük toxumasının kütləsinin $2/3$ hissəsi (həcmnin yarısı) qeyri üzvi materialdan ibarətdir. Sümüyün mineral maddəsi - hidroksilapatit ($3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$) maddəsidir. Bu maddə sümükdə mikroskopik kristalcıqlar şəklində olur. Sümüyün qalan hissəsi üzvi maddələrdən, əsasən, kollagendən (yüksək elastikliyə malik lifvari zülal) ibarətdir. Hidroksilapatit kristalcıqlar kollagen lifləri arasında yerləşir. Sümük toxumasının orta sıxlığı 2400 kq/m^3 -dur. Onun mexaniki xassələri bir çox amillərdən, o

cümlədən, orqanizmin nahiyyəsindən, onun böyümə şəraitindən, yaşından, cinsindən və s. asılıdır.

Kiçik deformasiyalarda sümük toxumasının mexaniki xassələri bərk cismin mexaniki xassələrinə uyğundur. Ona görə də, bərk cisimlərin elastiklik modulunu təyin etmə metodunu sümük toxumasına da tətbiq etmək olar.

Təcrübədə sümük toxumasının elastiki xassələrini tədqiq etdikdə, fərz edilir ki, onun quruluş elementləri sümüyün özündən çox-çox kiçik olduğundan, sümük tam (bütöv) quruluşa malikdir. Sümük bircinsli və bütün nöqtələrdə və istiqamətlərdə mexaniki xassələri eyni olan izotrop maddə hesab edilir.

Möhkəm və tərpənməz dayaqar üzərinə qoyulmuş elastiki düz mil çubuğun ortasına F qüvvəsi ilə təsir etdikdə, çubuq əyiləcəkdir (şəkil 12.2). Bu zaman çubuğun üst təbəqələri sıxılmaya, aşağı təbəqələri isə, dartılmaya məruz qalar. Çubuğun müəyyən orta təbəqəsi isə, öz uzunluğunu sabit saxlayaraq, əyilər. Bu təbəqəyə çubuğun *neytral təbəqəsi* deyilir. Çubuğun orta hissəsinin yerdəyişmə məsafəsinə *əyilmə məsafəsi* deyilir λ . Əyilmə əsasən milin forma və ölçülərindən, elastiklik modulundan və təsir edən qüvvədən asılıdır.

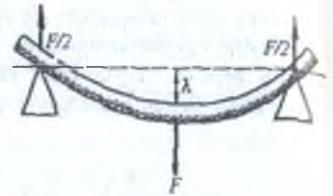
Təcrübə göstərir ki, uzunluğu L , eni b və qalınlığı a olan milə təsir edən F qüvvəsinin yaratdığı əyilmə məsafəsi

$$\lambda = FL^3 / (4ba^3 E) \quad (4)$$

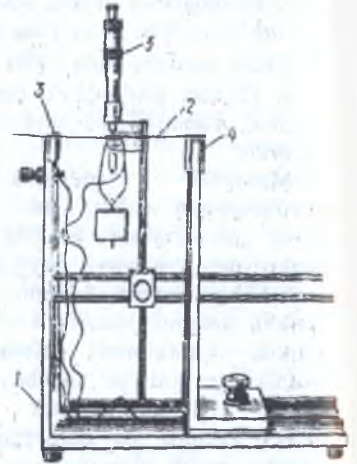
düsturu ilə ifadə olunur. Buradan

$$E = FL^3 / (4ba^3 \lambda) \quad (5)$$

olar.



Şəkil 12.2



Şəkil 12.3

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Elastiklik modulunu təyin etmək üçün istifadə edilən qurğu platformada 1 bərkidilmiş iki dayaqdan ibarətdir (şəkil 12.3). Bu dayaqqlar üzərinə nümunə 2 qoyulur. Dayaqqlardan biri hərəkət etdirilə bilər. Hərəkətsiz dayaqın bir ucuna dayaq prizması 3 bərkidilmişdir. Mütəhərrik dayaqın ucunda dayaq prizmasının yerinə fırlanan diyircək 4 bərkidilir. Bu diyircək nümunənin ucunun hərəkəti zamanı sürtünməni azaltmağa xidmət edir. Bundan başqa, dayaqqlar arasında, üzərinə mikrometr 5 bərkidilmiş şaquli çubuq yerləşdirilir.

Mikrometrin iynəsi nümunənin ortasında yerləşən kontakt lövhəsi 2 ilə toxunduqda, qurğunun elektrik dövrəsi qapanır və siqnal lampası 3 yanır (şəkil 12.4). Nümunənin ortasında yükləri asmaq üçün qarmaqçıq 4 yerləşir.

Beləliklə, mikrometrin iynəsi kontakt lövhəsinə toxunduqda lampaya yanacaq zaman mikrometrin göstəricisi qeyd edilir; n_0 -yüksüz, n isə m kütləli yük asdıqda, mikrometrin göstəricisidir. Onda, $\lambda = n_0 - n$ olar. Bunu (5)-də nəzərə alsaq,

$$E = \frac{mgL^3}{4ba^3(n_0 - n)} \quad (6)$$

alırıq.

IŞIN GEDİŞİ

1. Mikrometr və xətkəş vasitəsi ilə insanın sümük toxuması nümunəsinin eni b , qalınlığı a və uzunluğu L (dayaq nöqtələri arasında qalan məsafə) ölçülür. Hər bir ölçməni 3 dəfə, nümunənin müxtəlif yerlərində aparmalı və onların orta qiymətlərini $\langle b \rangle$, $\langle a \rangle$ və $\langle L \rangle$ -in hesablamalı.

2. Nəticələri cədvəl 1-də yazmalı.

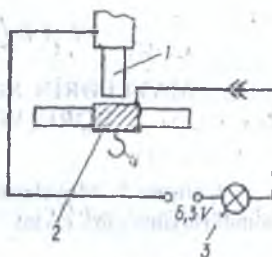
3. Nümunəni dayaqqlar üzərinə qoyaraq, qurğunu elektrik mənbəyinə birləşdirməli.

4. Siqnal lampası yanana qədər mikrometrin iynəsinin kontakt lövhəsinə yaxınlaşdırmalı və bu halda mikrometrin göstəricisini n_0 qeyd etməli.

5. Nümunədən ardıcıl olaraq yüklər asaraq, uyğun olaraq mikrometrin göstəricisini n qeyd etməli.

6. Hər bir yükə uyğun nümunənin elastiklik modulunu E (6) düsturuna görə hesablamalı və $\langle E \rangle$ -ni tapmalı.

7. Ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 2-də göstərməli.



Şəkil 12.4

8. Analoji ölçmələri və hesablamaları müxtəlif kalsium tərkibli sümük toxumalarının nümunələri və polad nümunəsi üçün də aparmalı.
9. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

Cədvəl 1

a_1 m	a_2 m	A_3 m	$\langle a \rangle$ m	b_1 m	b_2 m	b_3 m	$\langle b \rangle$ m	L_1 m	L_2 m	L_3 m	$\langle L \rangle$ m

Cədvəl 2

Nümunə	n_p , m	m , kq	n , m	E , Pa	$\langle E \rangle$, Pa

Məsələlər:

Hall etməli [5], 1.66, 1.71, 1.72.

Ədəbiyyat: [1], § 10.3, 10.4;

[2], t.1, § 4;

[4], § 28, 29.

LABORATORİYA İŞİ № 13

MAYELƏRİN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ KAPİLYAR BORU VƏ DAMCI ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Çalışma 1. Mayelərin səthi gərilmə əmsalının kapilyar boruda qalxma hündürlüyünə görə təyini

Cihazlar və ləvazimatlar: müxtəlif diametrli kapilyar borular, şüşə qab, maye, mikrometr, millimetrli xətkəş

NƏZƏRİ MƏLUMAT

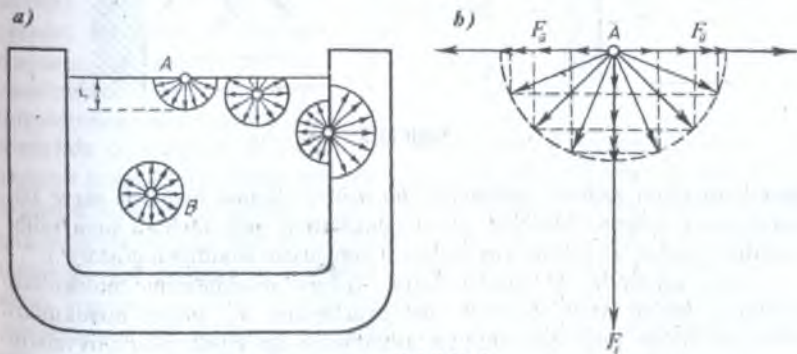
Mayelər maddənin qaz və bərk halları arasında olduğundan, onlar həm qazların, həm də bərk cisimlərin müəyyən xassələrinə bənzər xassələrə malikdirlər. Mayelərin xarakterik xüsusiyyətlərindən biri, onların sərbəst səthlərində *səthi gərilmə* hadisəsinin yaranmasıdır.

Mayelərdə səthi gərilmə hadisəsinin yaranmasının səbəbi maye molekulalarının öz aralarındakı qarşılıqlı təsirlərin maye-qaz, və ya maye-bərk cisim arasındakı molekulyar qarşılıqlı təsirlərdən fərqli olmasıdır. Belə ki, mayenin sərbəst səthində, yəni mayenin bilavasitə təmasda olduğu qaz mühiti ilə sərhəddə (və eləcə də mayədə həll olmayan, və ya onunla qarışmayan maddələrlə sərhəddində) yerləşən molekulalara müxtəlif tərəflərdən təsir edən qüvvələrin əvəzləyicisi sıfıra bərabər olmur, yəni belə molekulalar dayanıqlı tarazlıq vəziyyətində olmur. Şəkil 13.1a-dan göründüyü kimi, mayenin sərbəst səthində yerləşən A molekuluna maye molekulaları tərəfindən təsir edən cazibə qüvvəsi, maye ilə bilavasitə təmasda olan qaz, və ya maye buxarı tərəfindən təsir edən cazibə qüvvəsindən çox-çox böyükdür. Ona görə də bu molekula kompensasiya olunmamış qüvvə təsir edir. A molekuluna təsir edən hər bir qüvvəni - biri mayenin sərbəst səthinə üfiqi toxunan istiqamətdə, digəri isə, bu toxunana perpendikulyar istiqamətdə olmaqla, iki toplanana ayırmaq olar (şəkil 13.1b). Bu zaman üfiqi toplananlar biri-birini kompensasiya etsələr də, şaquli toplananların əvəzləyicisi mayenin daxilinə yönələn qüvvəni yaradırlar. Mayenin sərbəst səthini gərərək, onu azaltmağa çalışan bu qüvvələrə səthi gərilmə qüvvələri deyilir.

Səthi gərilmə qüvvələri mayelərin molekulyar xassələri ilə müəyyən olunur. Bu qüvvələri xarakterizə etmək üçün *səthi gərilmə əmsali* anlayışından istifadə olunur. *Səthi gərilmə əmsali, ədədi qiymətə, mayenin sərbəst səthini əhatə edən konturun l vahid uzunluğuna düşən səthi gərilmə qüvvəsinə F hərəkət edən kəmiyyətə deyilir:*

$$\sigma = F / l. \quad (1)$$

Səthi gərilmə əmsali mayenin təbiətindən və temperaturundan asılıdır: temperatur artdıqda, səthi gərilmə əmsali azalır. Məhlulların səthi



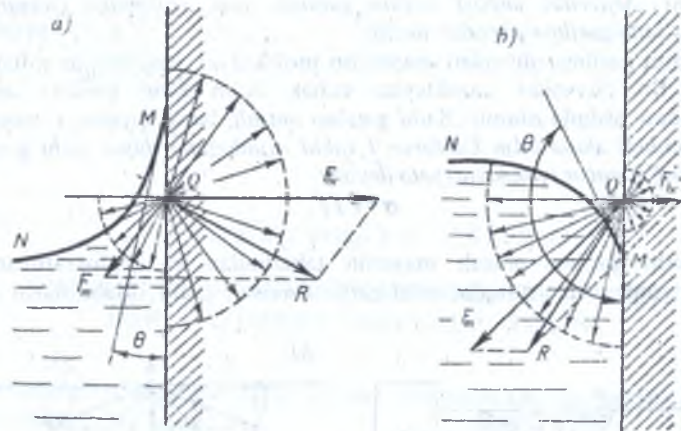
Şəkil 13.1

gərilmə əmsalı, həlledicinin təbiəti və temperaturu ilə yanaşı, həll olunan maddənin növündən də asılıdır. Məhlulun səthi gərilmə əmsalını azaldan maddələrə səthi-aktiv, artıran maddələrə isə səthi -inaktiv maddələr deyilir.

BS vahidlər sistemində səthi gərilmə əmsalının vahidi 1 N/m , SQS sistemində isə, 1 din/sm -dir.

Mayelərin sərbəst səthində yaranan səthi gərilmə qüvvələri mayenin bilavasitə təmasda olduğu maye-bərk cisim sərhədində islatma və islatmama hadisələri, çox kiçik radiuslu borularda (kapilyar borularda) yaranan kapilyarlıq hadisəsi kimi müxtəlif hadisələrin yaranmasına səbəb olur.

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, molekular arası cazibə qüvvələri təkcə mayenin öz molekuları arasında deyil, maye molekuları ilə onlara toxunan bərk cisimlərin (məsələn, qabın divarlarının) molekuları arasında da təsir edir (şəkil 13.2). Bu qüvvələr həm mayenin, və həm də bərk cismin təbiətindən asılıdır. Maye molekulalarının özlərinin arasındakı qarşılıqlı cazibə qüvvələri, maye molekuları ilə bərk cismin molekuları arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvələrindən kiçik olarsa, bərk cismə toxunan maye



Şəkil 13.2

hissəcikləri onun səthinə yapışarlar. Bu hadisə islatma hadisəsi, maye isə, isladan maye adlanır. Məsələn, yaxşı təmizlənmiş şüşə lövhəni suya salıb, çıxartdıqda şüşənin səthinin yaş olması suyun şüşəni islatdığını göstərir.

13.2a şəkilində Q molekuluna, qabın maddəsinin molekuları tərəfindən edilən təsir qüvvələrinin əvəzləyicisi F_b , maye molekuları tərəfindən edilən təsir qüvvələrinin əvəzləyicisi isə F_m -dir. Bu qüvvələrin əvəzləyicisini R, vektorların toplanması qaydasına görə tapmaq olar.

$R = F_b + F_m$. Şəkildən göründüyü kimi, isladan maye üçün R qüvvəsi mayedən xaricə yönəlmişdir. Bu zaman sükunətdə olan maye səthi hər bir molekula təsir edən qüvvəyə R perpendikulyar olduğundan maye səthi çökük formaya (MN xətti) malik olur ki, bu da çökük menisk adlanır.

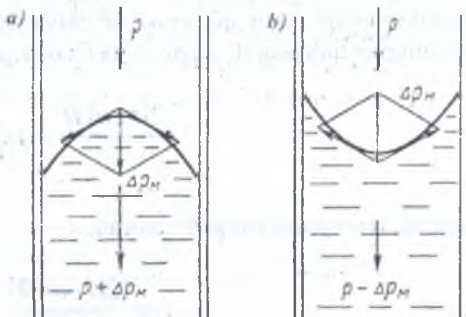
İslatmayan mayelərdə isə, molekullar bərk cismin səthinə yapışmırlar. Bu halda Q molekuluna təsir edən əvəzləyici R qüvvəsi mayenin daxilinə doğru yönəlmiş olur (şəkil 13.2b). Bu zaman mayenin səthi qabarıq formaya (MN xətti) malik olur ki, bu da qabarıq menisk adlanır.

Ümumiyyətlə, maye səthinin forması, qabın divarına yaxın hissəsində olan hər bir molekula təsir edən qüvvələrin R əvəzləyicisinin istiqamətindən və F_m və F_b qüvvələrinin nisbətlərindən aslıdır. Eyni bir maye bəzi cisimləri isladırsa, başqa cisimləri islatmır. Məsələn, su şüşəni isladır, parafini isə, islatmır.

Mayenin səthinin ayrılığı *kənar bucaq* adlanan kəmiyyətlə xarakterizə olunur. *Maye səthinə çəkilən toxunan xətt ilə qabın mayeyə toxunan divarı arasında qulan θ (teta) bucağına kənar bucaq deyilir* (şəkil 13.2).

İsladan mayələr üçün $\theta \leq 90^\circ$ olur, $\theta=0$ olduqda, tam islatma alınır. $\theta=90^\circ$ olduqda, isladan mayenin müstəvi formada olur.

İslatmayan mayələr üçün isə, θ bucağı $\pi/2 < \theta < \pi$ qiymətləri arasında dəyişir. $\theta=\pi$ olduqda, maye tam islatmayan olur. Mayenin əyri səthinin altında səthi gərilmə qüvvəsi, həmin səthi azaltmağa çalışdığından xarici təzyiqdən (atmosfer təzyiqi) əlavə ΔP təzyiqini yaradır. Bu əlavə ΔP təzyiqi mayenin σ səthi gərilmə əmsalından və meniskin formasından aslıdır. Qabarıq



Şəkil 13.3

meniskdə o, mayenin daxilinə yönəlir və xarici P atmosfer təzyiqi ilə toplanır (şəkil 13.3a). Onda mayedəki təzyiq $P_m = P + \Delta P$ olur. Menisk çökük formada olduqda isə, (şəkil 13.3b) ΔP əlavə təzyiqi mayedən onu əhatə edən qaz mühitinə doğru yönəlir və mayedəki təzyiq $P_m = P - \Delta P$ olur. Mayenin tam islatması zamanı və meniskin r radiuslu yarımsfera formasında ΔP əlavə təzyiqi, mayenin $F = 2\pi r \sigma$ səthi gərilmə qüvvəsinin (bu qüvvə yarımsferanın oturacağıın perimetri boyu təsir edir) yarımsferanın $S = \pi r^2$ sahəsinə nisbətilə ölçülən kəmiyyətə bərabər olur:

$$\Delta P = \frac{2\pi r_m \sigma}{\pi r_m^2} = \frac{2\sigma}{r_m} \quad (2)$$

Bu düstura *Laplas düsturu* deyilir. Burada mayenin meniskinin əyrilik radiusu, borunun r_b radiusuna bərabər götürülür. Tam ıslatma olmayan halda meniskin radiusu kənar bucaqdan θ belə əslidir:

$$r_m = r_b / \cos \theta \quad (3)$$

Onda

$$\Delta P = \frac{2\sigma \cos \theta}{r_b} \quad (4)$$

Çox kiçik radiuslu ($r_b \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$) borularda meniskin altında əmələ gələn bu təzyiq görə kapilyar borularda mayenin səviyyəsinin h hündürlüyü qədər qalxması, və ya enməsi hadisəsinə *kapilyarlıq hadisəsi* deyilir.

Kapilyarı ısladan mayelərdə yaranan əlavə təzyiq qüvvəsi mayedən xaricə yönəldiyindən kapilyarda mayenin qalxması baş verir. Mayenin h hündürlüyünə qədər qalxması ΔP əlavə təzyiqinin, h hündürlükdəki maye sütununun hidrostatik təzyiqilə ρgh tarazlaşana qədər davam edir, yəni

$$\frac{2\sigma \cos \theta}{r_l} = \rho gh \quad (5)$$

burada ρ mayenin sıxlığıdır. Buradan

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r_l} \quad (6)$$

alırıq. ıslatma olmayan halda $\cos \theta < 0$, onda (6) düsturu kapilyar boruda mayenin enmə hündürlüyünə uyğundur.

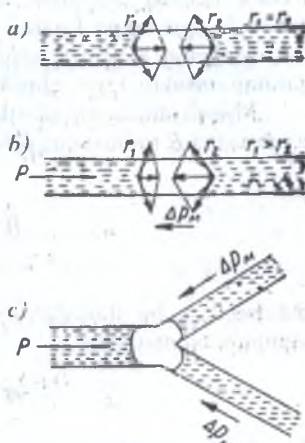
Kapilyarlıq hadisəsi təbiətdə, biologiyada, kənd təsərrüfatında böyük rol oynayır. İstənilən məsələli cisim kapilyarlıq xassəsinə malik olur. Məsələn, süzgəc kağızı, quru təbaşir, qan damarları, limfa damarları, torpağın qalın qatları, əl-üz dəsmalı, dəri, bitgilərin gövdələri, müxtəlif tikinti materialları və s. belə cisimlərə aid edilə bilər. Məsələli cisimlərə ısladan maye hoparaq onlar tərəfindən saxlanılır. ıslatmayan mayələr üçün isə, əksinə, belə cisimlər keçilməz olur. Bitgilərin gövdələrində olan çoxlu

sayda kapilyarlar vasitəsilə qida maddələri onların yarpaqlarına qədər qalxır. Böyük və kiçik qan dövranı (başqa sözlə ürək-qan damar sisteminin işi), və eləcə də insan və heyvan hüceyrələrinin fəaliyyəti və s. kapilyarsız mümkün olmazdı.

Hava qabarcığı nazik boruda axan mayeyə düşdükdə, o hər tərəfdən əyri səthlərlə (menisklə) əhatə olunur və onların da altında $\Delta p_1 = 2\sigma / r_1$ və $\Delta p_2 = 2\sigma / r_2$

əlavə təzyiqləri yaranır. Əgər maye axmırsa (sükunətdədirsə), onda hər iki menisk eyni radiusa malik olduğundan ($r_1 = r_2$), onların altında yaranan Δp_1 və Δp_2 əlavə təzyiqlər tarazlaşır (şəkil 13.4a) (bu əlavə təzyiqlərin istiqaməti hər iki meniskin ayrılık radiuslarının mərkəzinə doğru yönəlmiş olur). Lakin borudakı mayeyə xarici P

təzyiqi təsir etdikdə, menisklər deformasiyaya uğradığından, onların radiusları dəyişir ($r_1 > r_2$) (şəkil 13.4b). Başqa sözlə, bu halda menisklərin altında yaranan Δp_1 və Δp_2 əlavə təzyiqləri artıq bir-birini tarazlaşdırmır. Beləliklə, mayenin hərəkətini təmin edən P təzyiqinin əksinə yönələn



Şəkil 13.4

$$\Delta p = \Delta p_2 - \Delta p_1 = 2\sigma / r_2 - 2\sigma / r_1$$

təzyiqlər fərqi əmələ gəlir. Bu təzyiq işə, mayenin borudakı hərəkətinə maneə olur. Hava qabarcığının həcmi nisbətən böyük olduqda, nazik diametrlili boru tamamilə tutula bilər və maye hərəkət edə bilməz. Xüsusilə borunun şaxələnən yerində hava qabarcığı mayenin axınına daha çox maneə olur, çünki bir tərəfdən ayrılık radiusları xeyli kiçik, olan iki menisk əmələ gəlir (şəkil 13.4c).

Kiçik diametrlili qan damarlarına hava qabarcığı düşdükdə də, analoji hadisə baş verir, yəni qan damarlarının tam tutulması baş verə bilər ki, bu hadisə də *qaz emboliyası* adlanır. Həyati vacib orqanların qan damarlarında qaz emboliyasının baş verməsi orqanizm üçün çox təhlükəlidir. Ona görə də, insanın qan damarlarına dərman məhlullarını yeritdikdə, və yaxud qan köçürdükdə çox ehtiyatlı olmaq lazımdır ki, qan damarlarına hava qabarcıqları daxil olmasın.

Qaz emboliyası insanın, təzyiqi yüksək olan mühitdən təzyiqi aşağı olan mühitə qəflətən keçməsi zamanı əmələ gələn *Kesson xəstəliyinin* əsasını təşkil edir. Oduq ki, metro tikintisində uzun müddət şaxtada işləyən fəhlələr

yüksək təzyiqli mühitdən, alçaq təzyiqli mühitə tədricən keçməlidir, və yaxud da, havanı pis keçirən xüsusi paltar geyməlidirlər.

Mayenin kapilyar borularda qalxma hündürlüyünə görə onun səthi gərilmə əmsalını təyin etmək olur.

Müasir dövlət standartlarına görə kapilyar borunun daxili r_m radiusunun xarici R radiusunun 0,62 mislinə bərabərdir. Onda (6) düsturuna görə

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g \cdot 0,62R} \quad (7)$$

olduğundan, bu ifadədən tədqiq olunan mayenin səthi gərilmə əmsalını asanlıqla tapmaq olur:

$$\sigma = \frac{0,62\rho gh}{2} \quad (8)$$

Burada ρ - mayenin sıxlığı, g - ağırlıq qüvvəsinin təcildir.

İŞIN GEDİŞİ

1. Şüşə qabın içərisinə onun 2/3 hissəsi dolana qədər tədqiq olunan mayedən tökdükdən sonra kapilyar borunu qabın dibinə dəyməmək şərtilə şaquli vəziyyətdə, onun içərisinə daxil etməli (şəkil 13.5a). Bu məqsədlə kapilyar borunu ştativə də bərkitmək olur.

2. Kapilyar boruda meniskin qabarıq tərəfinin alt səthi ilə şüşə qabdakı mayenin üst səthi arasındakı h hündürlüyünü ölçməli.

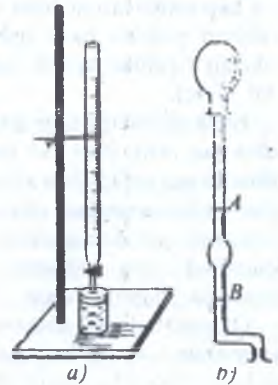
3. Kapilyar borunu mayedən çıxarıb onun xarici diametrini mikrometrlə ölçərək, borunun r_m radiusunu təyin etməli.

4. Mayenin sıxlığını aerometrlə ölçməli, və yaxud müvafiq cədvəldən təcrübə aparılan temperatura uyğun götürməli.

5. Təcrübədən alınan nəticələri nəzərə almaqla, (8) düsturuna görə mayenin σ səthi gərilmə əmsalını hesablamalı.

6. Müxtəlif konsentrasiyalı bir neçə məhlul götürüb, yuxarıda göstərilən qayda ilə səthi gərilmə əmsalının konsentrasiydan asılılığını tapmalı və bu asılılığın qrafikini qurmalı.

7. Eyni bir məhlulun müxtəlif temperaturlarda səthi gərilmə əmsalını analogi olaraq təyin edərək, səthi gərilmə əmsalının tempe-



Şəkil 13.5

raturdan asılılığını tapmalı və bu asılılığı qurmalı.

8. Tədqiq olunan mayelərdən hər biri üçün səthi gərilmə əmsalının mütləq və nisbi xətalarını hesablamalı

Calışma 2. Mayelərin səthi gərilmə əmsalının damcı üsulu ilə təyini

Cihazlar və ləvazimatlar: stalaqmometr, etalon və tədqiq olunan mayelər, kiçik şüşə stakan, areometr

Stalaqma- yunan sözü olub damcı deməkdir. Stalaqmometr kürə şəkilli genişlənməyə malik şaquli şüşə kapilyar borudan ibarətdir (şəkil 13.5 b). Stalaqmometrin üzərində müəyyən həcmi qeyd etmək üçün iki A və B nişanları vardır. Stalaqmometrə maye hava armudu vasitəsilə sorulur.

Stalaqmometrin aşağı ucunda əmələ gələn maye damcıları o zaman qopmağa başlayır ki, damcıya təsir edən $F_a = mg$ ağırlıq qüvvəsi (1) düsturuna ilə təyin olunan səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olsun, yəni

$$mg = \sigma l. \quad (9)$$

Bu düsturda $l=2\pi r_s$ olduğunu nəzərə alsaq, səthi gərilmə əmsalını aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi r_s} \quad (10)$$

burada g -sərbəstdüşmə təcili, r_s - stalaqmomterin ucunun daxili radiusudur.

Təcrübələrdə r_s - daxili radiusu ölçmək çox çətin olduğundan, səthi gərilmə əmsalını tapmaq üçün müqaisə metodundan istifadə edirlər.

Əgər eyni bir stalaqmometri səthi gərilmə əmsalı məlum olan etalon və tədqiq olunan mayelərlə doldurub, hər iki maye damcılarının (10) düsturunu tətbiq etsək, onda r_s - radiusu hər iki halda eyni olacaq, yəni

$$\sigma_e = \frac{m_e g}{2\pi r_s} = \frac{\rho_e V_e g}{2\pi r_s} \quad (11)$$

və ya

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi r_s} = \frac{\rho V g}{2\pi r_s} \quad (12)$$

olacaq.

(12) ifadəsini (11) ifadəsinə bölsək, tədqiq olunan mayenin səthi gərilmə əmsalını tapmaq olar:

$$\sigma = \sigma_r \frac{m}{m_r} \quad (13)$$

Beləliklə, etalon və tədqiq olunan mayelərin bir damcısının kütləsini taparaq (13) düsturuna əsasən tədqiq olunan mayenin səthi gərilmə əmsalını təyin etmək olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Stalaqmetrin A və B nişanları arasındakı həcmə etalon maye çəkməli.
2. Stalaqmetrin yuxarı ucundakı rezin armudu çıxararaq, stalaqmetrdən qopan 50-100 ədəd damcının n_r miqdarını sayıb bir qaba toplamalı.
3. Qaba toplanmış mayenin kütləsini ölçməli.
4. Toplanmış mayenin kütləsini damcılarının sayına bölərək etalon mayenin bir damcısının m_r kütləsini tapmalı.
5. Analoji əməliyyatları tədqiq olunan maye üçün də yerinə yetirərək, tədqiq olunan mayenin bir damcısının m kütləsini tapmalı.
6. Etalon mayenin təcrübə aparılan temperatura uyğun səthi gərilmə əmsalının qiymətini cədvəldən götürməli.
1. Tədqiq olunan mayenin səthi gərilmə əmsalını (13) düsturuna görə hesablamalı.
2. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.131, 1.141, 1.142.

Ədəbiyyat: [1], § 9.7, 9.8;

[2], t.1, § 13, 14;

[4], § 94-98.

KAPİLYAR BORUNUN RADIUSUNUN TƏYİNİ

Çalışma 1. Çəkiyə görə borunun radiusunun təyini

Cihazlar və ləvazimatlar: radiusu təyin ediləcək kapilyar boru, civə, analitik tərəzi, çəki daşları, katetometr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

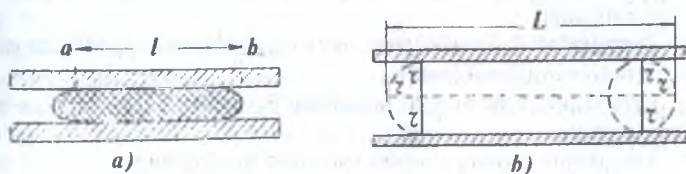
Radiusu təyin ediləcək kapilyar borunu analitik tərəzidə çəkib, sonra şaquli istiqamətdə stəkindəki 4-5 sm hündürlüyə malik civəyə salıb, borunun açıq ucunu barmaqla qapayaraq civədən çıxardıqda, kapilyar boruda müəyyən uzunluqda civə sütunu qalar. Bu civə sütunundan 2-3 sm hündürlüyündə boruda saxlanması kifayətdir. Bunun üçün borunu azca maili vəziyyətdə gətirib barmaqla kiçik təkanlar vermək lazımdır. Bu civəli borunu üfiqi vəziyyətdə analitik tərəzidə dəqiq çəkdikdən sonra, kapilyar borudakı civə sütununun uzunluğunu ölçmək lazımdır. Şəkil 14.1a-dan görüldüyü kimi, civənin kapilyarda meniski hər iki tərəfdən qabarıq olduğundan l uzunluğu civənin bir tərəfindəki qabarıq meniskin orta nöqtəsindən, onun digər tərəfindəki qabarıq meniskin kapilyarın daxili divarına toxunduğu yerə qədər olan məsafədir (ah məsafəsi).

Kapilyar borunun civə ilə birlikdə çəkisindən kapilyarın çəkisini çıxdıqda, kapilyar boru içərisindəki civənin çəkisini tapırıq. Digər tərəfdən, borudakı civənin P çəkisi, onun həcmi ilə xüsusi çəkisinin hasilinə bərabərdir.

Kapilyar borunun radiusunu r , onda yerləşən civənin borudakı uzunluğunu l , civənin xüsusi çəkisini D ilə işarə etsək, 14.1b şəklinə əsasən, borudakı civənin həcmi

$$V = \pi r^2 (l - 2r) + \frac{4}{6} \pi r^3 + \frac{4}{6} \pi r^3$$

olar. Bu ifadəni sadələşdirsək:



Şəkil 14.1

$$V = \pi r^2 l - \frac{2}{3} \pi r^3$$

alırıq. Cıvənin çəkisi isə,

$$P = \pi r^2 l D - \frac{2}{3} \pi r^3 D \quad (1)$$

olar. Kapilyar borunun radiusu $r=0,01$ sm-dən böyük olduğu hallarda (1) ifadəsindən istifadə edərək, onun radiusunu hesablamaq olar. Əgər kapilyar borunun radiusu $r=0,01$ sm-dən kiçik olarsa, bu halda (1) ifadəsinin sağ tərəfindəki ikinci hədd çox kiçik olduğundan, az xəta ilə onu nəzərə almamaq olar. ($r=0,01$ sm olarsa, bu halda borunun radiusunun hesablamasında buraxılan xəta 0,1% olar). Onda (1) ifadəsi sadələşir və kapilyar borunun radiusu üçün

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi l D}}$$

ifadəsi alınır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Təmiz yuyulub, qurudulmuş kapilyar borunu analitik tərəzidə çəkməli.

2. Kapilyar borunun şaquli istiqamətdə stəkandakı təmiz cıvəyə salmalı və açıq tərəfini barmaqla qapayaraq onu cıvədən çıxarmalı.

3. İçərisində cıvə olan kapilyar boruda 2-3 sm uzunluqda cıvə saxlayaraq, onu üfiqi vəziyyətdə ehmalca tərəzinin gözünə qoyub, çəkisini təyin etməli.

4. Kapilyar borunu cıvə ilə birlikdə mikroskopun skamyası üzərinə qoyub, cıvə sütununun uzunluğunu bir neçə dəfə təyin edərək, l üçün orta qiymət tapmalı.

5. Kapilyarın cıvə ilə birlikdə çəkisindən, onun boş çəkisini çıxmaqla, cıvənin çəkisini tapmalı.

6. Təcrübə temperaturuna uyğun olaraq, cıvənin xüsusi çəkisini cədvəldən götürməli.

7. Təcrübədən P , l və D üçün tapılan qiymətləri (1) ifadəsində yazaraq kapilyarın radiusunu hesablamaq.

8. Eyni kapilyar boru üçün təcrübəni 3-5 dəfə təkrar edərək, r -in orta qiymətini tapmalı.

9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalarını hesablamaq.

Çalışma 2. Kapilyar boruda mayenin qalxma hündürlüyünə görə borunun radiusunun təyini.

Cihazlar və ləvazimatlar: katetometr, müxtəlif radiuslu kapilyar borular, kapilyar borunu saxlayan dəyaq və yaxud ştativ, səthi gərilmə əmsalı məlum olan mayelər

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Kapilyar boruda isladan mayenin əyri səthi altında əmələ gələn əlavə təzyiq ΔP ($\Delta P = 2\alpha / R$) (lab. işi №13-ə bax) kapilyardakı maye sütununun təzyiqi (ρgh) ilə tarazlaşana kimi maye kapilyar boruda yuxarı qalxır (şəkil 14.2). Yəni tarazlaşma şərti

$$\frac{2\alpha}{R} = \rho gh. \quad (3)$$

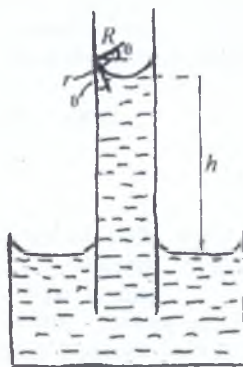
Mayenin sıxlığı ρ az, səthi gərilmə əmsalı α böyük olduqca, θ kənar bucağı kiçik olur və maye kapilyar boruda daha çox yuxarı qalxır. Şəkildən göründüyü kimi, maye səthinin əyrilik radiusu R ilə kapilyar borunun radiusu r arasında aşağıdakı münasibət mövcuddur:

$$R = \frac{r}{\cos \theta}.$$

Bu ifadəni (3)-də nəzərə alsaq,

$$r = \frac{2\alpha}{\rho gh} \cos \theta \quad (4)$$

olar, burada ρ -mayenin sıxlığı, α -onun səthi gərilmə əmsalı, h -mayenin kapilyarda qalxma hündürlüyü və g -sərbəstdüşmə təcildir. Təcrübə zamanı səthi gərilmə əmsalı böyük olan maye seçməklə, kapilyarın radiusunu (4) ifadəsinə görə hesablamaq olar. Digər tərəfdən, kapilyarın radiusu məlum olarsa, mayenin boruda qalxma hündürlüyünü ölçməklə, mayenin səthi gərilmə əmsalını hesablamaq olar.



Şəkil 14.2

İŞİN GEDİŞİ

1. Radusu təyin ediləcək kapilyar borunu təmiz yuyub qurutmalı.
2. Stəkana səthi gərilmə əmsalı məlum olan maye tökməli.
3. Kapilyar borunu şaquli istiqamətdə stəkandakı mayenin içərisinə salıb, ştativə bərkitməli.
4. Katetometrə stəkandakı maye səthinə nəzərən kapilyardakı mayenin hündürlüyünü ölçməli.
5. Müvafiq temperatur üçün cədvəldən mayenin sıxlığını tapmalı.
6. α , h və g -nin məlum qiymətlərini (4) ifadəsində yazaraq, kapilyar borunun radiusunu hesablamaq.
7. Təcrübəni 3-5 dəfə təkrar edərək, r üçün orta qiymət tapmalı.
8. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamaq.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.140, 1.160.

Ədəbiyyat: [1], § 9.7, 9.8;

[2], r.1, § 13, 14;

[4], § 94-98.

MAYELƏRİN HƏCMİ GENİŞLƏNMƏ ƏMSALININ
DÜLONQ-PTİ ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və təvazimatlar: şaquli istiqamətdə millimetrli bölgüləri olan ştativ, böyük diametrli iki silindrik şüşə boru, U şəkilli kiçik diametrli şüşə boru, buxar almaq üçün qab, qızdırıcı, termometr, xətkəş

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Bərabər həcmə malik iki müxtəlif mayeni eyni şəraitdə qızdırdıqda, onların həcmi genişlənmələri müxtəlif olur. Mayelərin bu xassəsini xarakterizə etmək üçün *həcmi genişlənmə*, və ya *termik genişlənmə əmsalı* adlanan fiziki kəmiyyətdən istifadə olunur. Fərz edək ki, mayenin həcmi T_0 temperaturunda V_0 , T_1 temperaturuna qədər qızdırdıqdan sonra isə, V_1 -dir. Maye həcmnin 1 Kelvinə uyğun artımı $(V_1 - V_0) / (T_1 - T_0)$ olar. Onda mayenin ilk V_0 həcmnin hər vahidinə düşən həcm artımını, yəni maye *həcmnin nishi termik artımını* aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$\beta = \frac{V_1 - V_0}{V_0 \Delta T}, \quad (1)$$

burada $\Delta T = T_1 - T_0$, β -mayenin həcmi genişlənmə əmsalı olub, ölçü vahidi 1/K-dir. Beləliklə, *mayenin həcmi genişlənmə əmsalı, ədədi qiymətcə, vahid həcmə malik mayenin temperaturunu 1 K artırdıqda, onun həcmnin artımına bərabər olan kəmiyyətdir.*

(1) ifadəsinə görə mayenin T_1 temperaturuna uyğun həcmi

$$V_1 = V_0(1 + \beta \Delta T) \quad (2)$$

olar.

Mayelərin həcmi genişlənmə əmsalını bilavasitə təcrübi yolla tapmaq üçün müxtəlif üsullar mövcuddur. Onlardan biri, birləşmiş qablar qanununa əsaslanmışdır. Üsulun mahiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir.

Fərz edək ki, T_0 temperaturunda olan maye əvvəlcə T_1 , sonra isə, T_2 temperaturuna qədər qızdırılmışdır. Bu hallara uyğun mayenin həcmliəri aşağıdakı düsturlarla ifadə olunar:

$$V_1 = V_0(1 + \beta \Delta T_1),$$

$$V_2 = V_0(1 + \beta \Delta T_2).$$

Burada $\Delta T_1 = T_1 - T_0$ və $\Delta T_2 = T_2 - T_0$. (3) bərabərliklərindən maye həcmlərinin nisbətini tapsaq,

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1 + \beta \Delta T_2}{1 + \beta \Delta T_1}.$$

olar.

Birləşmiş qablar qanunundan məlumdur ki, *bir-biri ilə qarışmayan iki müxtəlif növ maye sütununun hündürlüklərinin nisbəti, onların sıxlıqlarının nisbəti ilə tərs mütənasibdir*, yəni

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2}, \quad (5)$$

burada h_1 və h_2 -maye sütunlarının hündürlükləri, ρ_1 və ρ_2 isə, onların sıxlıqlarıdır.

Birləşmiş qabların qollarına temperaturları müxtəlif olan eyni maye tökdükdə də, bu hal özünü doğruldur. Belə ki, temperaturu yüksək olan qolda mayenin həcmi böyük, sıxlığı az, və əksinə, temperaturu kiçik olan mayenin qolda həcmi kiçik, sıxlığı isə, çox olur. Bunları nəzərə alaraq, (5) düsturunu aşağıdakı kimi yazı bilərik:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2}, \quad (6)$$

yəni, birləşmiş qablarda iki müxtəlif temperaturlu eyni mayenin birləşmiş qabların qollarındakı həcmlərinin nisbəti, onların sıxlıqlarının nisbəti ilə tərs mütənasibdir. (5) və (6) ifadələrinin müqayisəsindən alırıq:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{h_2}{h_1}. \quad (7)$$

(7) ifadəsini (4)-də nəzərə alsaq,

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1 + \beta \Delta T_2}{1 + \beta \Delta T_1}.$$

Bu ifadədən β -ni təyin etsək,

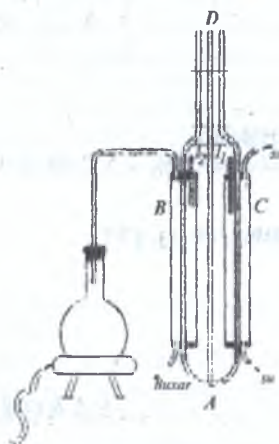
$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1 \Delta T_2 - h_2 \Delta T_1} \quad (8)$$

bərabərliyini alırıq.

(8)-dən göründüyü kimi, birləşmiş qabların qollarındakı mayenin hündürlüklərini və onların temperaturlarını ölçməklə, mayenin həcmi genişlənmə əmsalını hesablamaq olar.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Şəkil 15.1-dən göründüyü kimi, cihaz birləşmiş qablardan A , onun hər qoluna geydirilmiş iki böyük diametrli silindrik izoləedici şüşə B və C köynəklərindən ibarətdir. Silindrik köynəklərin yuxarı və aşağı ucları rezin tıxaclarla bağlanmışdır. Bu tıxaclarda termometr və eyni zamanda buxar və suyun hərəkəti üçün xüsusi dəşiklər qoyulmuşdur. Silindrik köynəklərin birində sabit temperatura malik su, digərində isə, temperaturu 100°S olan buxar dövr edir. Birləşmiş qabların qolları arasında ştativə şaquli vəziyyətdə bərkidilmiş D şkalası yerləşir. Bununla da qollardakı mayələrin səviyyələri (h - hündürlükləri) ölçülür. Kənardakı qabda alınan buxar rezin boru ilə köynəklərdən birinə (şəkildə B köynəyinə)



Şəkil 15.1

verilir və buradakı maye 100°S -yə kimi qızdırılır. Soyuq və isti qollardakı maye səviyyələrinin fərqi sabitləşdikdə, hündürlükləri və hər iki qollardakı temperaturları T_1 , T_2 termometrlərin göstərişlərinə görə qeyd edərək, (8) düsturuna əsasən tədqiq olunan mayenin həcmi genişlənmə əmsalını hesablamaq olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Tədqiq olunacaq mayeni birləşmiş qablara tökərək, qollardakı səviyyələri müəyyən etməli.
2. Soyuq qoldan sabit temperaturlu suyu dövr etdirməklə, həmin qolun temperaturunu T_1 ölçməli.
3. Qızdırılacaq qola rezin boru ilə buxar verməli. Bu buxarın çıxdığı yerdə kondensasiya etmiş mayenin yığılması üçün qab qoymalı.

4. Buxar keçdikcə, qızdırılmış qolda mayenin səviyyəsi yuxarı qalxmaya başlayacaq. Maye səviyyəsinin qalxması dayandıqda, qollardakı maye səviyyələrinin fərqlərini qeyd etməli.

5. Qollardakı mayenin temperaturalarını qeyd etməli.

6. Təcrübədən tapılan qiymətləri (8) ifadəsində yazmaqla, mayenin həcmi genişlənmə əmsalını hesablamalı.

7. Həcmi genişlənmə əmsalının təcrübə qiymətilə cədvəl qiymətini müqayisə etməli.

8. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl I

h_1, sm	h_2, sm	$\Delta T_1, \text{K}$	$\Delta T_2, \text{K}$	$\langle \Delta T_1 \rangle, \text{K}$	$\langle \Delta T_2 \rangle, \text{K}$	β, K^{-1}	$\langle \beta \rangle, \text{K}^{-1}$

Məsələlər:

Həll etməli [5], 2.5, 2.29, 2.30.

Ədəbiyyat: [4], § 88.

LABORATORİYA İŞİ № 16

HAVANIN RÜTUBƏTİNİN AVQUST PSİXROMETRİ VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: Avqust psixrometri, ventilyator, batist parça və yaxud tənziq, barometr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Bütün temperaturlarda suda, bitgilərdə, canlı aləmdə və s. buxarlanma getdiyindən Yer kürəsini əhatə edən atmosferdə həmişə su buxarı olur. Deməli, atmosfer quru hava ilə su buxarının qarışığından ibarətdir. Ona görə də atmosfer təzyiqi, quru hava ilə su buxarının parsial təzyiqlərinin 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 *higrometriya* adlanır.

Havanın rütubətinin öyrənilməsində bir neçə xarakteristik kəmiyyətdən istifadə olunur. Bunlardan ikisi ilə tanış olaq.

Havanın mütləq rütubəti. Verilmiş temperaturda havanın bir kub metrində olan su buxarının miqdarına havanın mütləq rütubəti deyilir. Mütləq rütubəti havada olan su buxarının parsial təzyiqi ilə də xarakterizə etmək olar. Beynəlxalq vahidlər sistemində parsial təzyiqə görə mütləq rütubətin ölçü vahidi P_a , su buxarının miqdarına görə isə kg/m^3 olar. Bir çox hallarda havada olan su buxarının parsial təzyiqini cəvə sütunu təzyiq vahidi ilə də (mm c.s.t., və ya mm Hg) ifadə edilir.

Nisbi rütubət. Müəyyən temperaturda havanın bir kub metrindəki su buxarının miqdarının, həmin temperaturda bir kub metr doymuş buxarın miqdarına olan nisbətində havanın nisbi rütubəti deyilir. Nisbi rütubətə aşağıdakı tərif də vermək olar. Müəyyən temperaturda havadakı su buxarının təzyiqinin, həmin temperaturda doymuş su buxarının parsial təzyiqinə olan nisbətində havanın nisbi rütubəti deyilir. Göründüyü kimi, nisbi rütubət vahiddən kiçikdir. Onun ən böyük mümkün olan qiyməti vahidə bərabərdir. Çox vaxt nisbi rütubəti faizlə ifadə edirlər. Deyilənlərə əsasən nisbi rütubət:

$$r = \frac{p}{P} 100\% , \quad (1)$$

burada p -verilmiş temperaturda havada olan su buxarının parsial təzyiqi, P -həmin temperaturda doymuş su buxarının təzyiqidir.

Atmosfer təzyiqini (quru hava ilə su buxarının birgə təzyiqi) bilavasitə ölçmək mümkündür. Su buxarının parsial təzyiqini isə dolaylı yolla tapmaq olar. Məlumdur ki, doymuş buxar qaz qanunlarına tabe olmur. Ona görə də, doymuş su buxarının təzyiqi temperaturdan asılı olaraq ayrıca öyrənilmiş və xüsusi cədvəldə verilmişdir.

Təcrübələr göstərir ki, müəyyən temperaturda doymuş su buxarının temperaturu artdıqda, o, doymamış hala keçir. Əksinə, müəyyən temperaturda doymamış su buxarının temperaturunu azaltmaqla, onu doymuş buxara çevirmək olur. İçərisində su buxarı olan havanı soyudarkən, həmin buxarın doymuş hala gəldiyi temperatura *şəh nöqtəsi* deyilir.

Verilmiş şəraitdə atmosferin kiçik bir oblastını soyudaraq, onu doymuş hala gətirsək, tədqiq olunan böyük həcmdəki 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, tədqiq olunan böyük həcm üçün verilmiş temperaturda mütləq rütubəti tapmış olarıq.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Avqust psixrometri dayaq üzərinə bərkidilmiş iki A və B termometrindən ibarətdir (şəkil 16.1). Bu termometrlərdən birinin xəzinəsi batist parçaya (və ya tənzifə) bükülür və parçanın ucu C qabında olan suya batırılır. Bunun nəticəsində, termometrin xəzinəsi həmişə nəm halda olur. Buna çox vaxt şərti olaraq *yaş termometr deyilir*. Digər termometr isə, hava ilə əhatə olunduğundan *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 temperatur da kiçik olar. Deməli, quru və yaş termometrlərin göstərişlər fərqi, havada olan rütubəti xarakterizə edir. Yaş termometrin xəzinəsini ventilyatorla yellətdikdə termometrdə əvvəlcə temperatur sürətlə aşağı düşür. Müəyyən müddətdən sonra yaş termometr xəzinəsinin ətraf mühitdən aldığı istilik miqdarı (Q_1) termometr səthindən mayenin buxarlanmasına sərf olunan istilik miqdarına (Q_2) bərabər olur və ona görə də termometrin göstərişi sabitləşir. Bu şərtə görə, vahid zamanda yaş termometrin xəzinəsinin ətraf mühitdən aldığı istilik miqdarı (Q_1) Nyuton qanununa görə aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Q_1 = a(t_0 - t_1) S, \quad (2)$$

burada t_0 - quru termometrin göstərişi, $(t_0 - t_1)$ termometrlərin göstərişlərindəki temperatur fərqi, S - termometr xəzinəsi səthinin sahəsi a -mütənasiblik əmsəlidir. Yaş termometrin səthindən vahid zamanda buxarlanan mayeyə sərf olunan istilik miqdarı isə, aşağıdakı kimi hesablanır:

$$Q_2 = \frac{P - p}{H} b S \lambda, \quad (3)$$

burada P -yaş termometrin t_1 temperaturuna uyğun doymuş su buxarının təzyiqi, p - adi şəraitdə, quru termometrin t_0 temperaturuna uyğun havada olan su buxarının parsial təzyiqi (yəni təzyiqlə ifadə olunan mütləq rütubət təzyiqi), H - atmosfer təzyiqi, λ - suyun xüsusi buxarlanma istiliyi, S - termometr xəzinəsinin səthinin sahəsi, b - mütənasiblik əmsəlidir. (2) və (3) ifadələrinin bərabərliyindən



Şəkil 16.1

$$p = P - \frac{a}{b\lambda} H(t_0 - t_1),$$

alınar. Burada eyni psixrometr üçün, a , b və λ sabit kəmiyyətlər olduğundan, $a/b\lambda$ -ni hər hansı A sabiti ilə əvəz etmək olar. Onda son ifadəni

$$p = P - AH(t_0 - t_1) \quad (4)$$

kimi yazmaq olar.

(4) ifadəsinə əsasən havanın p mütləq rütubətini hesablamaq olar. Burada t_0 və t_1 uyğun olaraq, quru və yaş termometrlərdən, H barometrdən, otaq temperaturuna uyğun doymuş 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 sabitinin qiyməti laboratoriyadakı cədvəldə verilir.

(4) ifadəsinə əsasən havanın mütləq rütubətini tapdıqdan sonra quru termometrin göstərdiyi t_0 temperaturuna uyğun doymuş su buxarının təzyiqini cədvəldən taparaq, havanın nisbi rütubətini (1) düsturuna əsasən hesablamaq olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Avqust psixrometrinin işə hazır vəziyyətdə olduğunu yoxladıqdan sonra, onun batist parça bağlanmış termometr xəzinəsinin yaş olması üçün C qabına su tökməklə parçanı islatmalı.
2. Yaş termometrin göstərişi sabitləşənə qədər ventilyator ilə hava üfurməli və son temperaturu t_1 qeyd etməli.
3. Quru termometrin göstərişini (t_0) qeyd etməli.
4. Psixrometrik cədvəldən t_0 temperaturuna uyğun doymuş su buxarının təzyiqini (P) tapmalı.
5. Otaqdakı barometrdən atmosfer təzyiqini (H) qeyd etməli.
6. P , H , t_0 , t_1 -in vəhəmin psixrometr üçün A sabitinin qiymətlərini (4) ifadəsində yazaraq, havanın mütləq rütubətini hesablamaq (A sabitinin qiymətini laboratoriyadakı cədvəldən qeyd etməli).
7. P və p -nin qiymətlərini (1) ifadəsində yazıb, havanın nisbi rütubətini hesablamaq.
8. Təcrübəni 3-5 dəfə təkrar edib, rütubətin orta qiymətini tapmalı.
9. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

Cədvəl 1

t_1 °S	t_0 °S	H	P	P	R

LABORATORİYA İŞİ № 17

BƏRK CİSMLƏRİN UZUNUNA GENİŞLƏNMƏ
ƏMSALININ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: Lermontov cihazı, millimetr bölgülü 1,5-2 metrlik xətkəş, şkalalı ekran, termometr, buxar hasiledici, rezin borular, işıq mənbəyi, elektrik qızdırıcısı, kondensasiya olunmuş buxar suyunun yığımaq üçün qab

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir ki, eyni şəraitdə, eyni xətti ölçülərə malik müxtəlif bərk cisimləri eyni temperatura qədər qızdırdıqda (və ya soyutduqda) onların xətti ölçülərinin dəyişməsi müxtəlifdir.

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

Fərz edək ki, verilmiş bərk cismin t_0 -dəki uzunluğu l_0 , t dərəcəyə qədər qızdırdıqdan sonrakı uzunluğu isə, l_1 -dir. Onda cismin t dərəcəyə uyğun mütləq uzanması $l_1 - l_0$ olar. Bu halda t_0 -S-yə uyğun mütləq uzanma $(l_1 - l_0)/t$ olacaqdır.

Bərk cismin ilk uzunluğunun l_0 hər vahidinə düşən uzununa genişlənməsi

$$\alpha = \frac{l_1 - l_0}{l_0 t} \quad (1)$$

kəmiyyəti ilə xarakterizə olunur. Burada α - bərk cismin nisbi uzununa genişlənmə əmsalı adlanır.

Cismin nisbi uzununa genişlənmə əmsalı, onu t_0 -S qızdırdıqda, t_0 -S temperatura uyğun vahid uzunluğunun artımına bərabər olan kəmiyyətdir.

(1) düsturundan göründüyü kimi, t temperaturuna uyğun bərk cismin l_0 uzunluğu

$$l_1 = l_0(1 + \alpha t) \quad (2)$$

olar. Verilmiş bərk cismi t_0 -S-dən t_1 və t_2 temperaturlara qədər qızdırdıqda, cismin son uzunluqları aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$l_1 = l_0(1 + \alpha t_1),$$

$$l_2 = l_0(1 + \alpha t_2). \quad (3)$$

Bu tənlikləri tərəf-tərəfə çıxsaq, uzununa genişlənmə əmsalı üçün

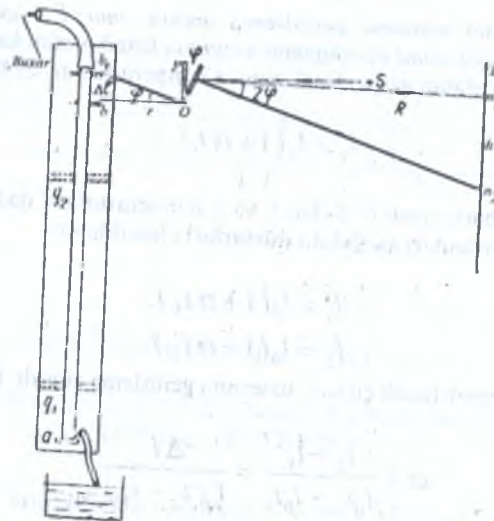
$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_0 t_2 - l_0 t_1} = \frac{\Delta l}{l_0(t_2 - t_1)} \quad (4)$$

alırıq. Son ifadəyə əsasən, bərk cismin ixtiyari temperatur intervalında uzununa genişlənmə əmsalını hesablamaq olar. Təcrübələr göstərir ki, eyni bərk cism üçün uzununa genişlənmə əmsalı α temperaturun geniş intervalında sabit kəmiyyət olmayıb, temperaturdan asılı olaraq, az da olsa dəyişir. Ona görə də, müəyyən temperatur intervah üçün α -nın orta qiymətindən istifadə olunur. (4) ifadəsinə daxil olan Δl -in bilavasitə ölçülməsi nisbətən çətin olduğundan, dolayı yolla onu tapmaq üçün şəkil 17.1-də verilmiş Lermontov cihazından istifadə olunur.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Şəkil 17.1-dən göründüyü kimi, 1-1,2 m uzunluğunda olan tədqiq olunan metal borunun (bürünc, mis, dəmir və.s.) aşağı ucu taxtaya bərkidilmiş a dayağına söykənir. Buna görə boru qızdırılarkən, aşağıya tərəf yerini dəyişə 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 üfqi istiqamətdə olan və O oxu ətrafında dönmə bilən r radiuslu ling söykənir. Boru qızdırılarkən, yuxarıya tərəf uzanır və lövhə yerini dəyişir. Bu zaman ling r ox tərəfindən dönmür. Şəkildən göründüyü kimi, ling dönərkən, onunla birlikdə lingə perpendikulyar birləşən P güzgüsü də dönmür. Metal borunun temperaturunun dəyişməsilə əlaqədar olaraq Δl uzunluq artımı, qiymətə, lövhəciyin yerdəyişmə məsafəsinə və beləliklə, lingin b -yə söykənən ucunun yerdəyişmə məsafəsinə



Şəkil 17.1

bərabər olar. Başlangıç vəziyyətdə S işıq mənbəyinin şüası güzgülə qayıdarkən, ekranın E xəttəsinin n_1 bölgüsünün üzərinə düşürdüsə, metal boru qızdıqdan sonra güzgülün əvvəlki vəziyyətindən φ bucağı qədər dönməsi nəticəsində güzgülə qayıdan şüa 2φ bucağı qədər meyl edərək xəttəsin n_2 bölgüsünün üzərinə düşər. Üçbucaq hoh_1 -dən uzunluq artımını tapmaq olar:

$$\Delta l = r \operatorname{tg} \varphi . \quad (5)$$

P güzgülündən E ekranına qədər olan məsafəni R ilə işarə etsək üçbucaq $n_1 P n_2$ -dən yazı bilərik:

$$\frac{n_1 n_2}{R} = \operatorname{tg} 2\varphi . \quad (6)$$

φ bucağı çox kiçik olduğu üçün, təqribən $\operatorname{tg} \varphi = \varphi$ və $\operatorname{tg} 2\varphi = 2\varphi$ kimi götürmək olar. Onda (5) və (6) ifadələrini

$$\Delta l = r \varphi ,$$

$$n_1 n_2 = R \cdot 2\varphi$$

kimi yazmaq olar. Xəttədəki $n_1 n_2$ məsafəsini h -la işarə edərək, yuxarıdakı ifadələrdən Δl -i tapsaq

$$\Delta l = r \frac{h}{2R} \quad (7)$$

olar. Δl -in bu qiymətini (4) ifadəsində nəzərə alsaq, aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\alpha = \frac{rh}{2Rl_0(t_2 - t_1)} , \quad (8)$$

burada R -ekranla güzgülü arasındakı məsafə, r -güzgülü O oxu ətrafında döndərən lingin uzunluğu, h -işə işığın ekrandakı yerdəyişmə məsafəsidir. Bu kəmiyyətlərin hər birini təcrübə zamanı ölçmək mümkün olduğundan (8) ifadəsinə əsasən, bərk cismin uzununa genişlənmə əmsalını hesablamaq olar. Metal borudan qaynayan suyun buxarı keçdiyindən, onun son temperaturu $t_2 = 100^\circ S$ götürülür.

Bərk cisimlərin uzununa genişlənmə əmsalını xüsusi cihaz (indikator) vasitəsi ilə 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 başlangıç vəziyyətə gətirilir. Bunun üçün indikatorun üst qapağını saat əqrəbinin 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. Indikatorun göstərişini $0,01$ -ə vurmaqla, metal borunun millimetrlərlə mütləq uzanmasını (Δl) tapmaq olur. Alınan qiymətləri (4) ifadəsində nəzərə almaqla, cismin uzununa genişlənmə əmsalını hesablamaq olur.

İŞIN GEDİŞİ

1. Qurğunu yoxladıqdan sonra borunun ilk uzunluğunu l_0 ölçməli.
2. Mikrometr, və ya ştangenpərgarla lingin qolunun uzunluğunu r dəqiq ölçməli.
3. Işıq mənbəyindən güzgülü üzərinə şüa salaraq, əks olunan şüanın ekrandakı vəziyyətini n_1 qeyd etməli. Bu halda, güzgülə qayıdan şüanın normal istiqamətdə yayılmasına çalışmaq lazımdır.
4. Güzgülə ekrana qədər olan məsafəni R ölçməli.

5. Borunun ilk temperaturunu t_1 otaq temperaturuna bərabər götürməli.

6. İçərisində adi su olan qabı elektrik qızdırıcısında qızdırmaqla alınan 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 uzanmağa başlayır və buna uyğun olaraq, ekranda işıq ləkəsi öz yerini dəyişir. Işıq ləkəsinin yerdəyişməsinə dayanana qədər borunun qızdırmasını davam etdirməli.

9. Ekranda işıq ləkəsinin yerdəyişməsi dayanandan 5-6 dəqiqə sonra onun ekrandakı son vəziyyətini n_2 qeyd etməli və $h=n_1n_2$ məsafəsini ölçməli.

10. Təcrübədən tapılan qiymətləri (8) düsturunda yazmaqla, metal borunun uzununa genişlənmə əmsalını hesablamaq.

11. Təcrübəni metal borunun soyumasına görə də təkrar etməli.

12. Təcrübədən alınan qiyməti cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli.

13. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamaq.

Cədvəl 1

l_0 sm	r sm	R sm	n_1	n_2	h sm	T °S	α 1/dər	$\langle \alpha \rangle$ 1/dər

Məsələlər:

Həll etməli [5], 2.4, 2.31, 2.32.

Ədəbiyyat: [6], § 92.

BƏRK CİSİMLƏRİN İSTİLİKKEÇİRMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: *A və B silindirik qutuları, qızdırıcı və soyuducu mənbələr, hər hölğüsü $0,1^{\circ}\text{S}$ olan termometrlər, tədqiq olunan cisimlər, su yığmaq üçün qablar, rezin borular, tərəzi və çəki daşları, ştangenpərgar, və ya mikrometr, xətkəş, saniyəölçən*

NƏZƏRİ MƏLUMAT

İstilikkeçirmə hadisəsi, nisbətən isti olan təbəqədən soyuq olan təbəqəyə müəyyən istilik miqdarının daşınması hadisəsindən ibarətdir.

Temperaturları müxtəlif olan cisimlərin birindən digərinə istiliyin keçməsi hadisəsi *xarici istilikkeçirmə*, eyni cismin müxtəlif temperaturlu hissələrinin (təbəqələrinin) birindən digərinə istiliyin keçməsi hadisəsi isə, *daxili istilikkeçirmə* adlanır. Bu işdə daxili istilikkeçirmə hadisəsinə baxılacaq.

Təcrübələr göstərir ki, istilik cismin bir nöqtədən digərinə bir neçə üsulla verilə (ötürülə) bilər:

a) cismin temperaturu daha yüksək olan müəyyən hissəsindəki hissəciklərinin kinetik enerjiləri onun digər hissəsindəki hissəciklərinin kinetik enerjisindən böyük olduğundan, yüksək enerjili molekulalar irəliləmə hərəkəti nəticəsində temperatur yüksək olan yerdən, temperatur aşağı olan yerə hərəkət edərək, özləri ilə müəyyən miqdarda enerji (istilik) daşıyırlar. İstiliyin bu yolla verilməsinə *konveksiya* deyilir. Maye və qaz molekulaları irəliləmə hərəkəti edə bildiyindən, konveksiya yolu ilə istiliyin verilməsi qazlarda və mayələrdə müşahidə olunur;

b) istilik şüalanması qanunlarına görə, temperaturu mütləq sıfırdan böyük olan bütün cisimlər müxtəlif tezlikli elektromaqnit dalğaları şüalandırır. Bu şüalar işıq kvantlarından ibarət olub, müəyyən enerjiyə malikdir. Bu enerji isə, müəyyən istilik miqdarına ekvivalentdir. İstiliyin bu üsulla daşınmasına *şüalanma yolu* ilə istiliyin verilməsi deyilir;

c) istiliyin isti təbəqədən, nisbətən soyuq təbəqəyə verilməsi atom və molekulaların bilavasitə hərəkəti ilə deyil, öz enerjilərini qonşuluqdakı hissəciklərə ötürməsi yolu ilə baş verərsə, buna *istilikkeçirmə* deyilir.

Bərk cisimlərdə istilikkeçirməni ətraflı öyrənək.

İxtiyari hərəkət zaman fasilələrində cismin müəyyən en kəsiyindən keçən istilik miqdarı sabit qalarsa, belə istilik axını qərarlaşmış axın, əks halda isə, qərarlaşmamış axın adlanır. Qərarlaşmış istilik axınında, axın istiqamətinə

perpendikulyar qoyulmuş S səthindən dt zaman müddətində keçən istilik miqdarı, dt zaman müddəti, S -səthinin sahəsi və $(T_1 - T_2)/l$ temperatur qradienti (istiliyin ötürüldüyü istiqamətdə vahid uzunluqda temperaturun dəyişməsi) ilə mütənəşib olar,

$$dQ = -k \frac{T_1 - T_2}{l} S d\tau. \quad (1)$$

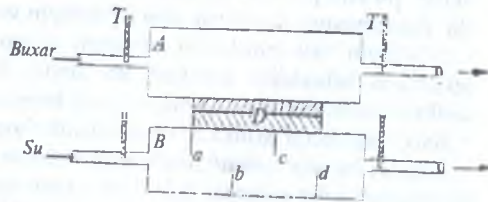
Bu ifadəyə *Furye tənliyi* deyilir. Tənlikdəki mənfi işarəsi istiliyin temperaturun azaldığı istiqamətdə ötürdüyünü göstərir. Burada müttənasiblik əmsəlidir. Bu əmsəla *daxili istilikkeçirmə əmsəli* deyilir. (1) düsturuna əsəən k -nin fiziki mənəsinə əşğıdakı kimi ifadə etmək olar:

Temperatur qradienti vahidə hərəkət olduqda, istiliyin daşınma istiqamətinə perpendikulyar qoyulmuş vahid səthdən, vahid zamanda keçən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə, həmin cismin istilikkeçirmə əmsalı deyilir.

BS vahidlər sistemində istilikkeçirmə əmsalının vahidi $C/m \cdot \text{san} \cdot K$ -dir. Bu vahidlə yanaşı, $\text{kcal}/\text{sm} \cdot \text{san} \cdot \text{dər}$, və ya $\text{kcal}/\text{m} \cdot \text{san} \cdot \text{dər}$ kimi törəmə vahidlərdən də istifadə olunur. Ümumi halda, istilikkeçirmə əmsalı 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 olunanları silindrik, müstəvi və müntəzəm istilik rejimi üsullarıdır. Müstəvi üsulla bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalını təyin etməyin nəzəri əsasları və müvafiq qurğusu ilə tanış olaq.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalını təyin etmək üçün istifadə olunan qurğunun yandan görünüşü şəkil 18.1-də göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, istilikkeçirmə əmsalı təyin ediləcək D cismi, içi boş olan A və B silindrik qutuların arasına qoyulur və möhkəm sıxılır. A və B qutularının 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



Şekil 18.1

olaraq, qutulardan biri qızdırıcı, digəri isə, soyuducu adlanır. Tədqiq olunan D cisminin toxunma səthi A və B qutularının səthindən bir qədər kiçik olmalıdır.

Buxar və soyuq suyun qutulara daxil olduğu və onlardan çıxdığı yerə $0,1^{\circ}\text{S}$ bölgüyə malik termometrlər (mümkün olarsa $0,01^{\circ}\text{S}$ dəqiqliyə malik Bekman termometrləri) yerləşdirilir. B qutusunun içərisindəki a, b, c, d lövhələri qutuya daxil olan suyun istiqamətini dəyişməklə, temperaturun bərabər paylanmasını təmin etmək üçündür.

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 qararlaşmış halı alınır. Bu hala B qabına daxil olan və ondan çıxan suyun temperaturlarının 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 qararlaşmış hal əldə edildikdən sonra, B qabından çıxan müəyyən miqdarda soyuq suyun aldığı, və beləliklə, D cisminin keçirdiyi istilik miqdarını hesablamaq mümkündür.

Fərz edək ki, $d\tau$ müddətində B soyuducusundan çıxan suyun kütləsi m , suyun soyuducuya daxil olduğu və çıxdığı yerlərdə temperaturlar fərqi $(T_4 - T_3)$ -dür. Onda m kütləli suyun aldığı dQ istilik miqdarı

$$dQ = mc(T_4 - T_3) \quad (2)$$

olar. Burada c -suyun müvafiq temperaturda xüsusi istilik tutumudur. Digər tərəfdən, həmin istilik miqdarı Furiye qanununa görə

$$dQ = -k \frac{\bar{T}_1 - \bar{T}_2}{l} S d\tau \quad (3)$$

ifadəsi ilə hesablanır. Burada $\bar{T}_1$ - qızdırıcının, $\bar{T}_2$ isə, soyuducunun orta temperaturlarıdır. Onları termometrlərin göstərişlərinə əsasən aşağıdakı kimi tapmaq olar:

$$\bar{T}_1 = \frac{T_1 + T_2}{2}, \quad \bar{T}_2 = \frac{T_3 + T_4}{2}$$

burada, T - qızdırıcının (A qabının) girişində, T_2 - isə, həmin qabın çıxışında, T_3 və T_4 isə, soyuducunun (B qabının) girişində və çıxışındakı temperaturlardır. Bu ifadələri (2) düsturunda nəzərə alıb, (3)-ə bərabər olduğunu götürsək, yazı bilərik

$$mc(T_4 - T_3) = k \frac{\bar{T}_1 - \bar{T}_2}{l} S d\tau. \quad (4)$$

Bu bərabərlikdən k -ni tapsaq,

$$k = \frac{2mcl(t_4 - t_3)}{(t_1 + t_2 - t_3 - t_4) S d\tau} \quad (5)$$

alırıq. Burada l -tədqiq olunan cismin qalınlığı, $d\tau$ -isə, kütləsi m olan mayenin B borusundan axma müddətidir. (5) ifadəsinə əsasən, bərk cismin istilikkeçirmə əmsalını hesablamaq olar.

Bərk cisimlərin istilikkeçirmə əmsalını nisbi üsulla daha asan təyin etmək mümkündür. Bunun üçün əvvəlcə k_2 istilikkeçirmə əmsalı məlum olan etalon E bərk cismi götürmək lazımdır.

Tədqiq olunan və etalon cisimlərdən qalınlığı l_1 , l_2 və səthinin sahəsi S_1 , 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 miqdarının qarşısını almaq üçün hər iki qutunun kənarları istiliyi pis keçirən materialla, məsələn, azbest təbəqəsi ilə örtülür. Bu halda, A qızdırıcısına buxar daxil olduqda və ondan çıxdıqda malik olduğu temperaturlar fərqinə $T_1 - T_2$ uyğun dQ istilik miqdarı D və E cisimlərindən keçərək, B qutusuna və ondan axan suya verilir. Kənara verilən istilik itkisinin çox kiçik olduğunu qəbul etsək, qararlaşmış istilik axını zamanı A -nın verdiyi, yəni (D və E lövhələrindən keçən) istilik miqdarı B -nin aldığı istilik miqdarına bərabər olar. Həmin istilik miqdarı D və E lövhələri vasitəsi ilə ötürüldüyündən, Fyrie 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 kənarlarında baş verən istilik itkisini nəzərə almasaq, eyni zaman müddətində lövhələrdən keçən istilik miqdarları bərabər olar, yəni $dQ_1 = dQ_2$. Onda

$$k_1 = k_2 \frac{(T_4 - T_3) S_2 l_1}{(T_1 - T_2) S_1 l_2} \quad (6)$$

alırıq.

Burada k_2 cədvəldən, qalan kəmiyyətlər isə, bilavasitə təcrübədən tapılır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Əvvəlcə tədqiq olunan müstəvi cismin qalınlığını və diametrini mikrometr, və ya ştangenpərgar vasitəsi ilə ölçməli və onun səthinin sahəsini hesablamalı.

2. D lövhəsini A və B qutuları arasında yerləşdirib, kənardan xarici qüvvə tətbiq etməklə sıxmalı.

3. A və B qutularını uyğun olaraq, buxar mənbəyinə və soyuq su kranına birləşdirərək, qərarlaşmış axın əldə etməli.

4. Termometrlər vasitəsi ilə su və buxarın giriş və çıxışlarda temperaturların dəyişməsinə nəzarət etməli.

5. 2 və 4 termometrlərinin göstərişləri sabitləşdikdən sonra (bu hal istiliyin verilməsinin qərarlaşmış halıdır), 1,2,3 və 4 termometrlərinin göstərişlərini qeyd etməli.

6. Qabaqcadan kütləsi məlum olan qaba soyuducudan çıxan sudan müəyyən m qram toplamalı və onun axma müddətini dt saniyəölçənlə tapmalı. Qaba yığılan su ilə birlikdə qabın kütləsindən, boş qabın kütləsini çıxaraq, qaba yığılan suyun kütləsini m təyin etməli.

7. Suyun temperaturuna uyğun c xüsusi istilik tutumunu cədvəldən tapmalı.

8. Təcrübə zamanı əldə edilən bütün qiymətləri (4) ifadəsində yazaraq, tədqiq olunan bərk cismin istilikkeçirmə əmsalını hesablamalı.

9. Soyuducudan axan suyun axma sürətini tədricən dəyişdirməklə, təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli.

10. k üçün orta qiymət tapmalı.

11. Etalon lövhə E seçib, onun temperaturuna uyğun istilikkeçirmə əmsalını k_2 cədvəldən götürməli. Temperaturun qiyməti E -cisinin toxunduğu qutunun orta temperaturu ilə müəyyən edilir.

12. Tədqiq olunan D və etalon E cisimlərin uyğun olaraq, qalınlıqlarını l_1, l_2 və səthlərinin 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 (5) ifadəsində yazıb, tədqiq olunan cismin istilikkeçirmə əmsalını k_1 hesablamalı.

16. Soyuducudan axan suyun sürətini dəyişdirməklə, təcrübəni 3-5 dəfə təkrar etməli və k_1 üçün orta qiymət tapmalı.

17. Eyni bərk cisim üçün istilikkeçirmə əmsalını mütləq və nisbi üsulla təyin edərək, alınan nəticələri müqayisə etməli.
18. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalarmı hesablamalı.

Cədvəl 1

m, q	$d\tau, \text{san}$	$k,$ $\text{kcal/sm} \cdot \text{san} \cdot \text{dər}$	$\langle k \rangle,$ $\text{kcal/sm} \cdot \text{san} \cdot \text{dər}$

Cədvəl 2

$l_p,$ sm	$l_s,$ sm	$S_p,$ sm^2	$S_s,$ sm^2	$t_p,$ $^\circ\text{S}$	$t_s,$ $^\circ\text{S}$	$t_3,$ $^\circ\text{S}$	$t_4,$ $^\circ\text{S}$	$k_p,$ $\text{kcal/sm} \cdot \text{san} \cdot \text{dər}$	$\langle k_p \rangle,$ $\text{kcal/sm} \cdot \text{san} \cdot \text{dər}$

Məsələlər:

Həll etməli [5], 2.33, 2.34, 2.35.

Ədəbiyyat: [2], t. I, § 17-19;

[4], § 89-93.

LABORATORİYA İŞİ № 19

QAZLARIN İSTİLİK TUTUMLARI NİSBƏTİNİN KLEMAN-DEZORM ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: Kleman-Dezorm cihazı, mayeli manometr, barometr, nasos, termometr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Məlumdur ki, 1 mol miqdarında götürülmüş ideal qazın termodinamik halını xarakterizə edən üç makroskopik parametr arasındakı asılılıq, Klapeyron tənliyi ilə verilir:

$$PV_0 = RT. \quad (1)$$

burada P - verilmiş qazın təzyiqi, V_0 - onun bir molunun həcmi, T - mütləq temperatur, R - isə, universal qaz sabitidir.

Molekulyar fizika kursundan məlum olduğu kimi, termodinamikanın I qanununa görə, termodinamik prosesdə sistemə xaricdən verilən istilik miqdarı, onun daxili enerjisinin artmasına və bu sistemin xarici qüvvələrə qarşı gördüyü işə sərf olunur:

$$dQ = dU + dA. \quad (2)$$

Digər tərəfdən məlumdur ki, istilik tutumu sistemin temperaturunu bir dərəcə artırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir:

$$C = \frac{dQ}{dT}. \quad (3)$$

İstilik tutumunun qiyməti sistemin hansı şəraitdə qızdırılmasından asılıdır.

Məlum olan dörd əsas termodinamik proses üçün istilik tutumunun necə dəyişdiyini nəzərdən keçirək.

1. İzoxorik proses. Qazın bir haldan başqa hala keçməsi sabit həcmdə baş verərsə, belə prosesə izoxorik proses deyilir. Bu halda $dV=0$ olur. İstilik tutumu təyin ediləcək cismin həcmi dəyişmədikdə, sistem xarici qüvvələrə qarşı iş görməz, yəni $dA=0$ olar və belə proses üçün termodinamikanın I qanununa görə, sistemə verilən istilik miqdarı yalnız onun daxili enerjisinin artmasına sərf olunur:

$$dQ = dU.$$

İzoxorik prosesdə sistemin temperaturunu bir dərəcə artırmaq üçün ona verilən istilik miqdarına bərabər olan kəmiyyətə sabit həcmdə istilik tutumu deyilir və C_V kimi işarə edilir. Onda C_V - üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$C_V = \frac{dU}{dT}. \quad (4)$$

2. İzobarik proses. Qazın bir haldan başqa hala keçməsi sabit təzyiqdə baş verərsə, belə prosesə izobarik proses deyilir. Bu halda $P=\text{const}$ olur və termodinamikanın I qanununa görə $dQ=dU+dA$ olur. İzobarik prosesdə sistemin temperaturunu bir dərəcə artırmaq üçün ona verilən istilik miqdarına bərabər olan kəmiyyətə sabit təzyiqdə istilik tutumu deyilir və C_p kimi işarə edilir:

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

Sabit təzyiqdə qazın həcmnin dəyişməsi zamanı görülən iş $dA = P dv$ olduğundan,

$$C_p = \frac{dU}{dT} + P \frac{dV_0}{dT} \quad (5)$$

olar.

C_p ilə C_v istilik tutumları arasındakı əlaqəni tapaq. Bunun üçün (1) ifadəsini diferensiallayaraq:

$$PdV_0 + V_0 dP = R dT. \quad (6)$$

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

$$PdV_0 = R dT,$$

yaxud

$$P = \frac{dT}{dV_0} R \quad (7)$$

alırıq. Burada (4) və (5) ifadələrini nəzərə alsaq,

$$C_p = C_v + R \quad (8)$$

olar. Yəni bir mol ideal qaz üçün sabit təzyiqdəki istilik tutumu, sabit həcmdəki istilik tutumundan universal qaz sabiti qədər böyükdür.

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 $dU = 0$ olar və termodinamikanın I qanunu $dQ = dA$ şəklinə düşür. Burada istilik tutumundan danışmaq mənasızdır.

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. $dA = PdV$ və $dU = C_v dT$ olduğunu nəzərə alsaq yazırıq:

$$PdV_0 = -C_v dT. \quad (9)$$

(6) və (9) ifadələrini tərəf-tərəfə bölək:

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

Burada R -in (8)-də tapılan ifadəsini nəzərə alsaq,

$$1 + \frac{V_0}{P} \frac{dP}{dV_0} = -\frac{C_p - C_v}{C_v}$$

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 etsək,

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

və ya

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

alırıq. Burada γ - *Puasson əmsalı* adlanır. Sonuncu ifadəni integrallasaq

$$PV_0^\gamma = \text{const} \quad (10)$$

alırıq.

Bu ifadə ideal qazlar üçün adiabatik prosesin əsas tənliyi olmaqla, *Puasson düsturu* adlanır. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi $C_p > C_v$ -dir. Ona görə də $\gamma = C_p/C_v > 1$ olar. Qazların sabit həcmdəki istilik tutumunu təcrübədən tapmaq çox çətin olduğu halda, sabit təzyiqdəki istilik tutumunu tapmaq xeyli asandır. Ona görə də C_p və γ -nı təcrübədən taparaq, C_v -ni hesablamaq daha əlverişlidir. Bu işdə C_p/C_v nisbətinin bilavasitə təcrübədən tapılması üzərində dayanacağıq. C_p/C_v nisbətini tapmaq üçün istifadə olunan üsullardan biri Kleman - Dezorm üsuludur.

QURGUNUN TƏSVİRİ

Qurğunun sxemi 19.1-ci şəkildə verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, cihaz, içərisində hava olan və istiliyi pis keçirən 10-12 litr həcmə malik şüşə

balondan A ibarətdir. Bu balon Kamovski nasosu H və mayeli manometr M birləşdirilir.

1. Əvvəlcə kranı K açaraq, balondakı qazın təzyiqi atmosfer təzyiqi ilə bərabərləşdirilir. Bu vəziyyət manometrəki maye səviyyələrinin bərabər olması ilə müəyyən edilir. Bu halda balondakı qazın həcmi V , təzyiqi P , temperaturu T və kütləsi m ilə işarə edilir.

2. Kranı bağlayaraq nasosla 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, $P'_1 = P + h$ olar.

3. Balona hava doldurduqdan sonra, manometrəki maye səviyyələrinin 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.

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 .

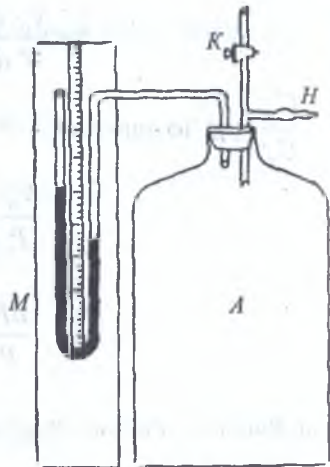
5. Kranı bağladıqdan 4-5 dəqiqə sonra, qazın həcmi və ilk kütləsi sabit qaldığı halda, temperaturu T_2 -dən T yə qədər artacaqdır. Bu zaman onun təzyiqi P -dən P_2 yə ($P_2 = P + h_2$) qədər artır. Qaz adiabatik genişləndiyi hal üçün Puasson tənliyinə əsasən

$$P_1 V_1^\gamma = P V^\gamma \quad (11)$$

yazmaq olar.

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

$$P_1 V_1 = P_2 V. \quad (12)$$



Şəkil 19.1

(12)-in hər iki tərəfini γ dərəcədə qüvvətə yüksəldib, (11)-ə bölsək

alırıq:

$$\frac{P_1^\gamma V_1^\gamma}{P_1 V_1^\gamma} = \frac{P_2^\gamma V_2^\gamma}{P V_2^\gamma}.$$

Buradan

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

Bu ifadəni loqarifmləsək,

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

alırıq. Buradan

$$\gamma = \frac{\ln P_1 - \ln P}{\ln P_1 - \ln P_2}. \quad (13)$$

Bu ifadədə P atmosfer təzyiqidir.

$$P_1 = P + h_1,$$

$$P_2 = P + h_2$$

olduğunu nəzərə alsaq,

$$\gamma = \frac{\ln(P + h_1) - \ln P}{\ln(P + h_1) - \ln(P + h_2)}. \quad (14)$$

Son ifadədə $\ln(P + h_1)$ və $\ln(P + h_2)$ ifadələrini Teylor sırasına ayıraraq, yalnız birinci və ikinci hədlə kifayətlənsək (sonra gələn hədlər çox kiçik olduğundan nəzərə alınmır), alırıq

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

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

Bu qiymətləri (13)-də yerinə yazıb sadələşdirsək,

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}. \quad (15)$$

Yekun düsturunu alırıq. (15) ifadəsinə əsasən qazlar üçün C_p/C_v nisbətini, yəni Puasson əmsalını hesablamaq olar.

IŞIN GEDİŞİ

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

2. Kranı bağlayıb, manometrdə 5-6 sm təzyiqlər fərqi yaranana qədər nasos vasitəsi ilə balona hava doldurmalı. Manometrdə səviyyələr fərqi sabitləşdikdən sonra, 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 artır. Maye səviyyələrindəki fərqi sabitləşdikdən sonra, manometrdəki maye hündürlükləri fərfini (h_2) qeyd etməli.

4. h_1 və h_2 üçün təcrübədən tapılan qiymətləri (15) ifadəsində yazıb, C_p/C_v nisbətini hesablamalı.

5. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edərək, C_p/C_v nisbəti üçün orta qiymət tapmalı.

6. Alınan nəticələri cədvəldə yazmalı.

7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl I

h_{11} , m	h_{12} , m	h_{13} , m	$\langle h_1 \rangle$, m	h_{21} , m	h_{22} , m	h_{23} , m	$\langle h_2 \rangle$, m	C_p/C_v

Məsələlər:

Həll etməli [5], 2.80, 2.82, 2.83.

Ədəbiyyat: [6], § 43-45, 49.

MAYE VƏ BƏRK CİSİMLƏRİN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMLARININ KALORİMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: xüsusi istilik tutumu təyin ediləcək maye, kalorimetr, qarışdırıcı, qızdırıcı su hamamı, xüsusi istilik tutumu məlum olan bərk cisim, cəvəli termometr, tərəzi və çəki daşları, qızmış bərk cismi tutmaq üçün maşa, menzurka

NƏZƏRİ MƏLUMAT

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

Verilmiş cismin temperaturunu bir dərəcə artırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə, həmin cismin istilik tutumu deyilir. İstilik tutumu ilə yanaşı xüsusi və molyar istilik tutumları anlayışlarından da istifadə olunur.

1.Xüsusi istilik tutumu- hər hansı maddənin vahid kütləsini bir dərəcə qızdırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir. SQS vahidlər sisteminə xüsusi istilik tutumunun ölçü vahidi kal/q.dər , və ya kkal/kq.dər-dir . BS sisteminə isə, xüsusi istilik tutumunun ölçü vahidi C/kq.K - dir.

2.Molyar istilik tutumu: - 1 mol miqdarında götürülmüş maddənin temperaturunu bir dərəcə artırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir.

SQS vahidlər sisteminə molyar istilik tutumunun ölçü vahidi kal/mol.dər və kkal/mol.dər-dir .

Göründüyü kimi, cismin molyar istilik tutumu onun xüsusi istilik tutumundan böyükdür. Cisimləri sabit həcmdə və sabit təzyiqdə qızdırdıqda onların istilik tutumları müxtəlif olur. Bunlara, uyğun olaraq, *sabit həcmdəki və sabit təzyiqdəki istilik tutumu deyilir.*

İstər xüsusi, istərsə də molyar istilik tutumunu həm sabit həcmdə, həm də sabit təzyiqdə hesablamaq mümkündür.

Maddənin vahid kütləsini, həcmi sabit qalmaq şərti ilə bir dərəcə qızdırmaq üçün ona verilən istilik miqdarı ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə, həmin maddənin *sabit həcmdəki 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 təzyiqdəki xüsusi istilik*

tutumu deyilir və c_p ilə işarə olunur.

Bu tərifləri analoji olaraq, molyar istilik tutumları üçün də verə bilərik. Təcrübələr və nəzəri hesablamalar göstərir ki, eyni maddənin sabit təzyiqdəki xüsusi istilik tutumu, həmin maddənin sabit həcimdəki xüsusi istilik tutumundan qiymətəcə böyük olur, çünki sabit həcimdə cismi bir dərəcə qızdırdıqda, ona verilən istilik miqdarı yalnız, onun daxili enerjisinin artmasına sərf olunduğu halda, sabit təzyiqdə cismi bir dərəcə qızdırdıqda, ona verilən istilik miqdarı həm daxili enerjisinin artmasına və həm də onun genişlənməsi üçün xarici qüvələrə qarşı görülən işə sərf olunur. Xüsusi istilik tutumlarını təyin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Bu üsullardan biri də mayələrin və bərk cisimlərin xüsusi istilik tutumlarının kalorimetr vasitəsi ilə təyin etmə üsuludur.

Çalışma 1. Mayələrin xüsusi istilik tutumunun təyini

Kalorimetrin eyni metaldan hazırlanmış 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, müəyyən müddətdən 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 salsaq, qızdırılmış cisim kalorimetr sisteminə müəyyən qədər istilik miqdarı verərək soyuyar, kalorimetr sistemi isə, həmin istilik miqdarı qədər istilik alaraq qızar. Bu proses temperaturlar bərabərləşənə qədər davam edir. Kalorimetr sisteminin son temperaturunu θ ilə işarə edək. Şüalanma və başqa yolla baş verən istilik mübadiləsini nəzərə almasaq, enerjinin saxlanması qanuna görə soyuyan bərk cismin verdiyi istilik miqdarı

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

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

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

bərabər olmalıdır:

$$m_2 c_2 (t_2 - \theta) = (m_1 c_1 + m c_x + \omega)(\theta - t_1), \quad (9)$$

burada ω termometrın su ekvivalentidir. Cismi bir dərəcə qızdırmaq üçün ona verilən istilik miqdarına, həmin cismin su ekvivalenti deyilir. Deməli cismin kütləsinin onun xüsusi istilik tutumuna hasilı, həmin cismin su

ekvivalentini verir. Cıvəli termometrin su ekvivalentini hesablayaq.

Təcrübələr göstərir ki, 1cm^3 şüşə ilə 1cm^3 cıvənin su ekvivalentləri bir-birinə çox yaxındır. Belə ki, şüşənin xüsusi istilik tutumunun $C_s = 0,19 \text{ kal / q dər}$, sıxlığının $2,5 \text{ q/sm}^3$, cıvənin xüsusi istilik tutumunun $C_c = 0,033 \text{ kal / q dər}$ və sıxlığının $13,6 \text{ q/sm}^3$ olduğunu nəzərə alaraq, hər birinin 1sm^3 həcmi üçün su ekvivalentini hesablasaq, $0,19 \cdot 2,5 = 0,47 \text{ kal / dər sm}^3$ və $0,033 \cdot 13,6 = 0,46 \text{ kal / dər sm}^3$ alırıq.

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

$$\omega = 0,46v \frac{\text{kal}}{\text{dər}}. \quad (10)$$

Beləliklə, (10)-u (9)-da nəzərə alsaq, mayenin xüsusi istilik tutumunu aşağıdakı düsturla hesablaya bilərik:

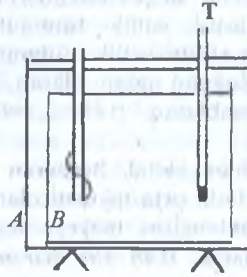
$$c_x = \frac{m_2 c_2 (t_2 - \theta) - (m_1 c_1 + 0,46v)(\theta - t_1)}{m(\theta - t_1)}. \quad (11)$$

Kalorimetrik üsulla ixtiyari maddənin xüsusi istilik tutumunu təyin etmək olar.

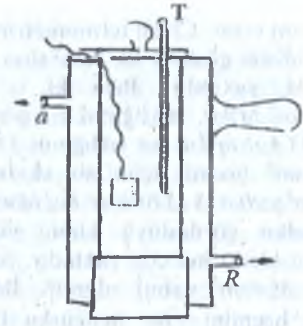
QURĞUNUN TƏSVİRİ

Cihaz, biri digərinin içərisində yerləşdirilmiş iki silindrik qabdan (A və B) ibarətdir (şəkil 20.1). Bu qabların divarları arasında hava, oturaqları 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 hava sorulmuş Dühr qabından da istifadə olunur. 20.2-ci 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 α borusundan daxil olub, R borusundan çıxır. Daxili qabın içərisindəki havanın temperaturu, su buxarının temperaturu (100°S) ilə eyni olduğundan, oraya salınmış bərk cisim də həmin temperatura kimi qızır.

Xarici mühitlə kalorimetr sistemi arasında baş verən istilik mübadiləsini azaltmaq üçün temperatur şəraitini elə seçmək lazımdır ki,



Şəkil 20.1



Şəkil 20.2

kalorimetr sistemi ilə onu əhatə edən mühitin temperaturlar fərqi $2-4^{\circ} \text{S}$ -dən çox olmasın.

Nəticələrin dəqiq alınması üçün kalorimetr sisteminin ilk temperaturu xarici mühitə nəzərən $2-4^{\circ} \text{S}$ aşağı olmalıdır. Təcrübə zamanı bərk cismin verdiyi istilik hesabına kalorimetr sisteminin temperaturu xarici mühitin temperaturundan təqribən $2-4^{\circ} \text{S}$ artıq olar. Onda, kalorimetr sistemi təcrübə aparılan müddətin birinci yarısında $2-4^{\circ} \text{S}$ temperatur fərqinə uyğun xarici mühitdən istilik alırsa, təcrübənin ikinci yarısında $-2-4^{\circ} \text{C}$ temperatur fərqinə 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 (9) ifadəsi daha dəqiq ödənilir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Kalorimetrin daxili qabını qarışdırıcı ilə birlikdə tərəzidə çəkərək, onun m kütləsini tapmalı.
2. Tədqiq olunan mayedən kalorimetrtin daxili qabına töküb, tərəzidə çəkməklə mayenin m kütləsini təyin etməli.
3. Kalorimetrdəki mayəyə termometr daxil edib, ilk t_1 temperaturunu qeyd etməli.
4. Xüsusi istilik tutumu (c_2) məlum olan bərk cismin m_2 kütləsini təyin etməli.
5. Bərk cismin buxar hamamında t_2 temperaturuna qədər qızdırıb, kalorimetmə salmalı.

6. Temperaturlar bərabərləşənə qədər qarışdıraraq, sistemin son θ temperaturunu 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 (11) ifadəsində yerinə yazaraq, mayenin xüsusi istilik tutumunu hesablamaq.
10. c_x üçün tapılan qiyməti, onun cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli.
11. Təcrübənin mütləq və nisbi xətaqlarını hesablamaq.

Çalışma 2. Bərk cismlərin xüsusi istilik tutumunun təyini

Cihazlar və ləvazimatlar: kalorimetr və qarışdırıcı, qızdırıcı qurğu, buxar hamamı, xüsusi istilik tutumu təyin ediləcək bərk cisim, cıvəli termometr, maşa, tərəzi, çəki daşları, menzurka

İndi bərk cismin xüsusi istilik tutumunun kalorimetr vasitəsi ilə təyin edilməsi üsulunu nəzərdən keçirək.

Fərz edək ki, kalorimetrin qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsi m_1 , xüsusi istilik tutumu c_1 -dir. Bu kalorimetmə kütləsi m_2 və xüsusi istilik tutumu c_2 olan maye töküb, içərisinə termometr daxil edək. 5-10 dəqiqədən sonra kalorimetr sisteminin ilk temperaturunu t_1 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, maşanın vasitəsilə kalorimetrdəki mayenin içərisinə salıb qarışdırmaq lazımdır. Bu zaman qızmış bərk cisim kalorimetr sistemində müəyyən qədər istilik miqdarı verərək soyuyacaq və kalorimetr sistemi isə, həmin istiliyi alaraq qızacaqdır. Sistemin son temperaturu θ olsun. Şüalanma yolu ilə verilən istilik itkisi nəzərə alınmazsa, enerjinin saxlanması qanununa əsasən, soyuyan bərk cismin verdiyi istilik miqdarı

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

qızan kalorimetr sisteminin aldığı istilik miqdarına

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

bərabər olmalıdır, yəni

$$m c_x (t_2 - \theta) = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + \omega)(\theta - t_1), \quad (12)$$

burada ω -termometrin su ekvivalentidir, ($\omega=0,46\nu$ -dir), ν -termometrin kalorimetrdəki mayeyə batan hissəsinin həcmi olub, menzurka ilə təyin edilir. ω -nın qiymətini (12) ifadəsində yazaraq, c_x -i tapsaq,

$$c_x = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2 + 0,46\nu)(\theta - t_1)}{m(t_2 - \theta)} \quad (13)$$

alırıq.

Bu ifadə ilə ixtiyari bərk cismin xüsusi istilik tutumunu hesablamalı olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Kalorimetrin daxili qabının (qızıqdırıcı ilə birlikdə) kütləsini m_1 təyin etməli.
2. Kalorimetmə, onun həcmnin dördə üç hissəsi qədər su töküüb, suyun kütləsini m_2 təyin etməli.
3. Kalorimetr sisteminin ilk temperaturunu t_1 təyin etməli (termometrin təcrübə qurtarana kimi kalorimetrdən çıxarmamalı).
4. Xüsusi istilik tutumunu təyin ediləcək bərk cismi tərəzidə çəkməli və onun kütləsini m tapmalı.
5. Bərk cismi buxar hamamında t_2 temperaturuna qədər (t_2 qaynamaqda olan su buxarının temperaturu olub, 100°S qəbul olunur) qızdırdıqdan sonra, maşa ilə götürüb kalorimetrdəki suya salmalı.
6. Qarıqdırıcı ilə suyu qarışdırıb, kalorimetr sisteminin son temperaturunu (θ) qeyd etməli.
7. Kalorimetr və qızıqdırıcının xüsusi istilik tutumunu (c_1) və mayenin xüsusi istilik tutumunun qiymətini cədvəldən götürməli.
8. Termometrin mayeyə batan hissəsinin həcmi ν menzurka ilə təyin etməli.
9. Təcrübədən tapılan qiymətləri (13) ifadəsində yazaraq, bərk cismin xüsusi istilik tutumunu hesablamalı.
10. Təcrübədən c_x üçün alınan qiyməti, onun cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli.
11. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 2.79, 2.88.

Ədəbiyyat: [3], § 74;

[4], § 75, 76.

BUZUN XÜSUSİ ƏRİMƏ İSTİLİYİNİN TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: kalorimetr, tərəzi və çəki daşları, termometr, su, buz, sücəkən kağız

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Təcrübələr göstərir ki, bərk cisimləri qızdırdıqca onların temperaturunun artması, ancaq, müəyyən müddətə qədər davam edir. Bundan sonra, cismin qızdırılmasına baxmayaraq onun temperaturu sabit qalır. Temperaturun sabit qaldığı bu müddətdə kristal cismə verilən istilik enerjisi molekulalar arasındakı rabitə qarşılıqlı təsirlərinə qarşı görülən iş - cismin tədricən bərk halından maye halına keçməsinə, yəni onun əriməsinə sərf olunur. Bu cür əriməyə misal olaraq, buzı göstərmək olar: buz əriyən zaman onun temperaturu, buz tamamilə suya çevrilənə qədər dəyişməyərək, 0°C -yə bərabər olur. Kristal cisimlərin normal təzyiqdə əriməyə başladığı temperatur bu cismin *ərimə temperaturu* adlanır. Ərimə temperaturunda verilmiş kristal cismi tamamilə maye halına gətirmək üçün ona verilən istilik miqdarına isə, cismin *ərimə istiliyi* deyilir. Eyni şəraitdə, eyni miqdarda müxtəlif cisimlərin əriməsi üçün müxtəlif istilik miqdarı lazım olur. 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 mayeyə çevirmək üçün ona verilən istilik miqdarına bərabər olan kəmiyyətə, xüsusi ərimə istiliyi deyilir və λ ilə işarə olunur.

Ərimə temperaturunda olan bərk cismin kütləsi m olarsa, onun əriməsi üçün sərf olunan istilik miqdarı

$$Q = m\lambda \quad (1)$$

olar. Buradan

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

Beynəlxalq vahidlər sistemində (BS) xüsusi ərimə istiliyinin vahidi C/kq -dır. BS-dən kənar vahidlər sistemində isə, xüsusi ərimə istiliyi kcal/q və kkal/kq vahidləri ilə ölçülür.

Bərk cismin xüsusi ərimə istiliyini təcrübi yolla tapmaq üçün, həmin cismin kütləsini və ərimə temperaturunda onu tamamilə maye hala gətirmək üçün ona verilən istilik miqdarını bilmək lazımdır. Volfram, dəmir, mis,

platin və s. kimi bərk cisimləri əritmək üçün yüksək temperatur olunduğundan xüsusi qızdırıcılardan istifadə olunur. Lakin, buz, natrium və s. kimi cisimlərin ərimə temperaturu $0^{\circ} - 100^{\circ}\text{S}$ intervalında olduğundan, laboratoriya şəraitində məhz belə cisimlərin xüsusi ərimə istiliyini təyin edirlər. Buzun xüsusi ərimə istiliyini təyin etmək üçün kalorimetrdən istifadə olunur (şəkil 20.1).

Buz, kalorimetrin içərisindəki suda əridilir. Bu halda buzun əriməsi üçün lazım olan istilik kalorimetr sistemindən alınır. Bunun nəticəsində sistem soyuyur, buz isə, əriyərək, tamamilə maye halına keçir və sonra tədricən qızır. Ümumi sistem orta bir temperaturaya 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 $t_0 = 0^{\circ}\text{S}$ 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. Kalorimetra daxil edilmiş termometrin mayeyə batan hissəsinin həcmi v , kalorimetr sisteminin ilk temperaturu t_1 olsun. Buzu kalorimetra salıb, onu əriyib qurtarana kimi qarışdırsaq, sistem soyuyar. Buz əriyib qurtardıqdan sonra, sistemin son temperaturunu t_2 ilə işarə edək. Onda:

- a) ərimə temperaturunda kütləsi m olan buzun tamamilə əriməsi üçün sərf olunan istilik miqdarı $Q_1 = m\lambda$;
- b) buzdan alınan suyun 0°S -dən $t_2^{\circ}\text{S}$ -yə qədər qızması zamanı aldığı istilik miqdarı $Q_2 = mc(t_2 - t_0)$ olar. Onda buzun və ondan alınan suyun qızmasına sərf olunan istilik miqdarı

$$Q_1 + Q_2 = m\lambda + mc(t_2 - t_0) \quad (2)$$

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

$$Q_4 = m_2 c (t_1 - t_2),$$

və termometrin kalorimetrdə suya batan hissəsinin verdiyi

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

istilik miqdarlarının cəminə bərabər olar, yəni

$$Q_3 + Q_4 + Q_5 = (m_1 c_1 + m_2 c + 0,46v)(t_1 - t_2) . \quad (3)$$

Enerjinin saxlanması qanununa görə (2) və (3) ifadələri ilə təyin olunan istilik miqdarları bir-birinə bərabərdir. Bu bərabərlikdən buzun xüsusi ərimə istiliyini tapsaq,

$$\lambda = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c + 0,46v)(t_1 - t_2) - mc(t_2 - t_0)}{m} \quad (4)$$

olar.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Cihaz, biri digərinin içərisində yerləşdirilmiş iki silindrik qabdan (*A* və *B*) ibarətdir (şəkil 20.1). Bu qabların divarları arasında hava təbəqəsi, oturacaqları arasında isə, istiliyi pis keçirən maddədən hazırlanmış dayaq olur. (*T*-kalorimetrə salınmış termometrdir.) Daha dəqiq nəticələr almaq üçün, kalorimetr əvəzinə, divarları arasında havası sorulmuş Dühr qabından istifadə olunur.

Xarici mühitlə 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° S-dən çox olmasın.

Nəticələrin dəqiq alınması üçün kalorimetr sisteminin ilk temperaturu xarici mühitə nəzərən 2-4° S çox olmalıdır. Təcrübə zamanı buzun əriməsi üçün aldığı istilik hesabına kalorimetr sisteminin temperaturu xarici mühitin temperaturundan təqribən 2-4° S az olar. Beləliklə, kalorimetr sistemi təcrübənin aparıldığı müddətin birinci yarısında 2-4° S temperatur fərqinə uyğun xarici mühitə istilik verirsə, təcrübənin aparıldığı müddətin ikinci yarısında xarici mühitdən - 2-4° S temperatur fərqinə uyğun istilik miqdarı alacaqdır. Beləliklə, təcrübə aparılan müddətdə 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 (3) ifadəsi daha dəqiq ödənilir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Kalorimetrin daxili qabını qarışdırıcı ilə birlikdə tərəzidə çəkməli.
2. Kalorimetrin daxili qabına bir qədər su töküb, qarışdırıcı ilə birlikdə çəkildikdən sonra, suyun kütləsini tapmalı.

3. İçərisində qarışdırıcı və su olan kalorimetmə termometr sistemin ilk temperaturunu (t_1) qeyd etməli.
4. Bir parça (təxminən 50-60 qram) buz su çəkən kağızla qurulaııb, tərəzidə çəkmədən kalorimetrdəki suya salmalı.
5. Buz əridikdən sonra sistemin son temperaturunu qeyd etməli.
6. Kalorimet sisteminə daxil olan maddələrin xüsusi istilik tutumlarını cədvəldən götürməli.
7. Termometrin suya batan hissəsinin həcmiini v menzurka ilə təyin etməli.
8. Kalorimetrin içərisindəki suyu qarışdırıcı ilə birlikdə tərəzidə çəkməklə, ərimiş buzun kütləsini hesablamalı.
9. Ölçmənin nəticələrini (4) ifadəsində yazmaqla, buzun xüsusi ərimə istiliyini hesablamalı.
10. Təcrübədən tapılan qiyməti, onun cədvəl qiyməti ilə müqayisə etməli.
11. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl I

t_0^0	$<t_0^0>$	t_1^0	$<t_1^0>$	t_2^0	$<t_2^0>$	v	$<v>$	m	$<m>$	m_2	$<m_2>$	λ	$<\lambda>$
0S	0S	0S	0S	0S	0S	sm^3	sm^3	g	g	g	g		

Məsələlər:

Həll etməli [5], 2.54, 2.76, 278.

Ədəbiyyat: [3], § 74;

[4], § 75, 76;

MÜQAVİMƏTİN KÖRPÜ ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: sabit cərəyan mənbəyi, qalvanometr, müqavimətlər mağazası, naməlum müqavimət, reoxord, açar, dövrə qurmaq üçün naqillər

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Elektrik sahəsinin təsiri altında elektrik yüklərinin hərəkəti baş verir. Elektrik yüklərinin nizamlı hərəkəti elektrik cərəyanı adlanır.

Metallarda ancaq elektronlar sərbəst olaraq yerlərini dəyişə bildiyindən, metallarda elektrik cərəyanı keçirici (sərbəst) elektronların hərəkətindən ibarətdir. Keçirici məhlullarda sərbəst elektronlar olmadığından, onlarda mütəhərrik yüklü zərrəciklər ionlardır. Qazlarda isə elektrik yük daşıyıcıları həm elektronlar, həm də ionlardır.

Metallarda elektronlar qəfəsin düyünlərindəki ionlarla toqquşduqlarına görə, onların nizamlı hərəkəti pozulur ki, bu da naqillərin elektrik müqavimətinin yaranmasına səbəb olur. Naqilin müqaviməti R naqil maddəsinin növündən, onun formasından, həndəsi ölçülərindən və həmçinin naqilin halından asılıdır. Naqil en kəsiyi sabit, silindr şəklində (məftil) olduqda, onun müqaviməti

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

düsturu ilə ifadə olunur, burada l - naqilin uzunluğu, S onun en kəsiyinin sahəsidir. Mütənasiblik əmsalı ρ maddənin növündən və onun halından asılı olub, verilmiş maddənin xüsusi müqaviməti adlanır. Xüsusi müqavimətin tərs qiymətinə bərabər olan kəmiyyət, maddənin xüsusi elektrik keçiriciliyi adlanır.

Naqilin uclarına tətbiq olunmuş gərginliklə U , onda yaranan cərəyan şiddəti i arasında birqiymətli asılılıq mövcuddur $i=f(U)$. Bu asılılığa naqilin volt-ampere xarakteristikası deyilir. Bir çox naqillər (xüsusilə metallar) üçün cərəyan şiddəti gərginliklə düz mütənasibdir:

$$i = \Lambda U.$$

Bu qanun Om qanunu adlanır. Burada mütənasiblik əmsalı olan Λ naqilin elektrik keçiriciliyi, elektrik keçiriciliyinin tərsi olan kəmiyyət isə, naqilin elektrik müqaviməti (R) adlanır. Onda Om qanununu

$$i = \frac{U}{R}$$

şəklində yazmaq olar.

Beynəlxalq vahidlər sistemində müqavimət vahidi olaraq götürülür. Bu elə naqilin müqavimətidir ki, onun ucları arasındakı gərginlik $1V$ olduqda, ondan keçən cərəyan şiddəti $1A$ -ə bərabər olsun:

$$1 \text{ Om} = \frac{1V}{1A}.$$

Elektrik keçiriciliyinin vahidi isə, Om -un tərsidir (Om^{-1}).

Metalların müqavimətini təyin etmək üçün bir çox üsullar mövcuddur. Bunlardan ən çox tətbiq olunanı Uistston körpüsü üsuludur. Uistston körpüsü üsulunun elektrik sxemi şəkil 22.1-də verilmişdir.

Şəkildən görüldüyü kimi naməlum R_x müqavimətilə bərabər, daha üç məlum R_0, R_1, R_2 müqavimətləri ardıcıl birləşdirilərək, dördbucaqlı $ACBD$ şəklində qapalı dövrə təşkil edir. Dördbucaqlının diaqonallarından birinə qalvanometr G (bu sahə *körpü* adlanır), o birinə isə, açarla ardıcıl olaraq cərəyan mənbəyi birləşdirilmişdir. Açarın vasitəsilə dövrəni qapadıqda, qalvanometr dövrənin CD qolunda cərəyanın olduğunu göstərir. R_0, R_1 və R_2 müqavimətlərini uyğun seçməklə, C və D nöqtələrinin potensiallarının (φ) bərabərliyinə nail olmaq mümkündür. Bu halda qalvanometrin dövrəsindən cərəyan keçməz (qalvanometrin əqrəbi sıfır bölgüsünün üzərində dayanar). Onda aşağıdakı münasibətləri yazmaq olar:

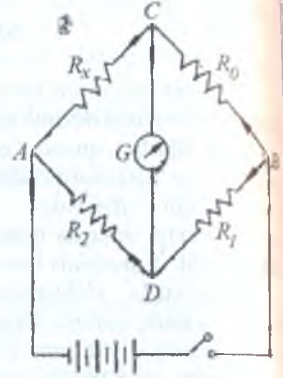
$$\varphi_A - \varphi_C = \varphi_A - \varphi_D, \quad \varphi_C - \varphi_B = \varphi_D - \varphi_B, \quad (1)$$

və ya

$$I_0 R_0 = I_1 R_1, \quad (2)$$

$$I_x R_x = I_2 R_2. \quad (3)$$

Burada, I_0, I_1, I_2 və I_x uyğun olaraq dövrənin R_0, R_1, R_2 və R_x müqavimətlərindən keçən cərəyan şiddətləridir. C və D düyün nöqtələrinə Kirxhofun birinci qaydasını tətbiq edək. Kirxhofun birinci qaydasına görə istənilən budaqlanma nöqtəsində birləşən dövrə hissələrinin cərəyan



Şəkil 22.1

nöqtələrinin cəbri cəmi sıfır hərəkətdir. Bu qaydanı və eləcə də C və D nöqtələrinin potensiallarının eyni olduğunu, yəni qalvanometrdən cərəyan keçmədiyini nəzərə alsaq, yazı bilərik:

$$I_0 = I_x, \quad I_1 = I_2. \quad (4)$$

(2) və (3) ifadələrini tərəf-tərəfə bölüb (4) münasibətini nəzərə alsaq,

$$\frac{R_0}{R_x} = \frac{R_1}{R_2}$$

olar. Buradan

$$R_x = R_0 \frac{R_2}{R_1}. \quad (5)$$

Bu ifadəyə əsasən, dörd müqavimətdən üçü məlum olduqda, dördüncü müqaviməti tapmaq olar.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

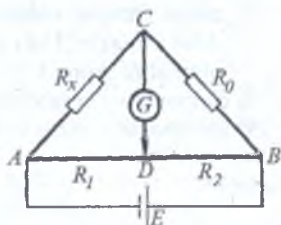
Praktikada R_0 müqaviməti olaraq, müqavimətlər mağazası götürülür. Bundan başqa iki R_1 və R_2 müqavimətlərini AB reoxord əvəz edir (şəkil 22.2). Reoxord, millimetrli bölgüləri olan, xətkəş üzərinə bərkidilmiş böyük müqavimətli bircins naqilə deyilir. Birləşdirilmiş CD naqilinin kontaktı D , reoxord iki AD və DB hissələrinə bölərək, reoxord üzərində sağa və sola sürüşdürülə bilər. Bu hissələr reoxordun qolları adlanır.

Reoxordun naqili bircins və en kəsiyi sabit olduğundan, AD və DB hissələrinin müqavimətlərinin nisbətini uyğun olaraq, reoxordun qollarının uzunluqlarının nisbətə əvəz etmək olar, yəni

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1} \quad (6)$$

yazmaq olar, burada l_1 və l_2 qalvanometrin əqrəbinin sıfır vəziyyətinə uyğun, reoxordun qollarının uzunluğudur.

(6) ifadəsini (5)-də nəzərə alsaq, məchul müqavimət üçün



Şəkil 22.2

$$R_x = R_0 \frac{l_2}{l_1}$$

alarıq.

Təcrübə zamanı məlum R_0 müqavimətini ilə seçmək lazımdır ki, körpü rolunu oynayan G qalvanometrə birləşdirilmiş naqilin D kontaktı reoxordun ortasına yaxın məsafədə yerləşdikdə, qalvanometrdən cərəyan keçməsin. Əgər R müqaviməti R_0 -a bərabər olarsa, naqilin D kontaktı reoxordun ortasında yerləşər və beləliklə, ondan cərəyan keçməz. Onda naməlum müqaviməti daha dəqiq təyin etmək olar.

İŞİN GEDİŞİ

Uitston körpüsü vasitəsilə müqavimətin təyini:

- 1) şəkil 22.2-dəki kimi dövrə qurmalı;
- 2) D kontaktını reoxordun ortasında saxlamaqla, məlum müqaviməti ilə seçmək lazımdır ki, CD qolundan keçən cərəyan mümkün qədər kiçik olsun;
- 3) kontaktın yerini dəyişməklə, qalvanometrin göstərişinin sıfıra bərabər olmasına nail olmalı;
- 4) bu hala uyğun l_1 və l_2 məsafələrini ölçməli;
- 5) müqavimətlər mağazasından dövrəyə daxil edilmiş məlum R_0 müqavimətini qeyd etməli;
- 6) (7) düsturuna əsasən R_x müqavimətini hesablamalı;
- 7) müqavimətlər mağazasından dövrəyə müxtəlif R_0 müqavimətləri daxil etməklə, 1)-6) əməliyyatlarını 5 dəfə təkrar etməli və R_x -in orta qiymətini tapmalı;
- 8) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 1-də göstərməli;
- 9) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

l_1, sm	l_2, sm	R_0, Om	R_x, Om

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.10, 3.11, 3.17.

Ədəbiyyat: [3], § 95-100;

[4], § 115-120.

TERMoeLEMENTİN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ VƏ TERMoeLEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNİN TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: mis-konstantan termoelementi, həssas qalvanometr, içərisində kerosin, və ya texniki yağ olan sınaq şüşəsi, düar qabları, və ya iki kimyəvi stəkan, iki termometr, elektrik qızdırıcısı, müqavimətlər mağazası, dövrə qurmaq üçün naqillər

NƏZƏRİ MƏLUMAT

1797-ci ildə Volta müəyyən etmişdir ki, iki müxtəlif metalları bir-birinə toxundurduqda, onların toxunduqları yerdə potensiallar fərqi yaranır. Volta metalları elə sıraya düzmüşdür ki, onlardan hər biri özündən sonra gələn metala toxunduqda müsbət yüklə elektriclənir. Metalların belə sıraya düzülüşü aşağıdakı kimidir: *Al, Zn, Sn, Cd, Pb, Sb, Bi, Hg, Fe, Cu, Ag, Au* və s. İki müxtəlif metalın toxunması zamanı, toxunma nöqtəsində əmələ gələn potensiallar fərqi, kontakt potensiallar fərqi deyilir.

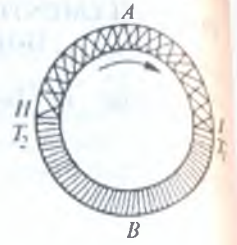
Nəzəri mülahizələr və təcrübi tədqiqatlar göstərir ki, kontakt potensiallar fərqi, toxunan metallarda elektronların çıxış işlərinin və metalların sərbəst elektronlarının konsentrasiyasının müxtəlif olması nəticəsində əmələ gəlir. Belə ki, iki müxtəlif metalları toxundurduqda sərbəst elektronlar, çıxış işi az və sərbəst elektronların konsentrasiyası isə çox olan metaldan, çıxış işi çox və konsentrasiyası az olan metala diffuziya edir. Bunun nəticəsində də, birinci metalda mənfi yüklərin miqdarı azalır, yəni o müsbət yüklənir, ikinci metalda isə, mənfi yüklərin miqdarı artır, yəni o, mənfi yüklənir. Hər iki səbəb nəzərə alındıqda, *A* və *B* metallarının toxunduqları yerdə əmələ gələn kontakt potensiallar fərqi

$$V_{AB} = A_B - A_a + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_A}{n_B}, \quad (1)$$

kimi ifadə olunur, burada A_A və A_B uyğun olaraq, *A* və *B* metallarından elektronların çıxış işləri, $(kT/e) \ln(n_A/n_B)$ isə, həmin metalların vahid həcmələrində olan sərbəst elektronlar sayının müxtəlif olması hesabına yaranan potensiallar fərqidir. Burada, *k*-Bolsman sabiti ($k=1,38 \cdot 10^{-13} \text{ c/K}$),

T -toxunma yerinin temperaturu, e -elektronun yükü, n_A və n_B isə uyğun olaraq, A və B metallarında sərbəst elektronların konsentrasiyalarıdır.

Təcrübələr göstərir ki, eyni temperaturda iki müxtəlif metalların bir uclarını toxundurub, digər uclarını açıq saxlasaq, belə toxunma zamanı da kontakt potensiallar fərqi əmələ gəlir. Həmin metalların digər uclarını da birləşdirib qapalı dövrə əmələ gətirdikdə isə, birləşdirilmə nöqtələri arasındakı kontakt potensiallar fərqi sıfıra bərabər olur. Bu hadisə ardıcıl toxunan metallar üç və daha çox olduqda da, özünü doğruldur. Beləliklə, eyni temperatur şəraitində müxtəlif metalları, ardıcıl toxunduraraq qapalı dövrə əmələ gətirdikdə, dövrədəki kontakt potensiallar fərqlərinin cəmi, yəni dövrənin elektrik hərəkət qüvvəsi sıfıra bərabər olur. Əgər iki metalın uclarını cüt-cüt birləşdirib qapalı dövrə təşkil etsək, kontaktlardan birini qızdırdıqda, dövrədə e.h.q. əmələ gəlir (şəkil 23.1). (1) ifadəsinə görə A və B metallarının I toxunma nöqtəsindəki kontakt potensiallar fərqi



Şəkil 23.1

$$V_{AB} = A_B - A_A + \frac{kT_1}{e} \ln \frac{n_A}{n_B}, \quad (2)$$

II toxunma nöqtəsindəki kontakt potensiallar fərqi isə,

$$V_{BA} = A_A - A_B + \frac{kT_2}{e} \ln \frac{n_B}{n_A} \quad (3)$$

olduğundan, bunların cəmi dövrədəki termoelektrik hərəkət qüvvəsini verir:

$$E = V_{AB} + V_{BA} = \frac{k}{e} (T_1 - T_2) \ln \frac{n_A}{n_B}. \quad (4)$$

Burada verilmiş metallar üçün $\ln(n_A/n_B)$ nisbəti, k və e sabit kəmiyyətlər olduğundan, bu ifadəni aşağıdakı kimi yazmaq olar

$$E = C(T_1 - T_2), \quad (5)$$

burada C -mütənasiblik əmsalı olub, ədədi qiymətə, iki müxtəlif metalın toxunma nöqtələrindəki (lehim, və ya qaynaq edilmiş yerlərindəki)

temperaturlar fərqi 1°S olduqda, 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 lehim nöqtələrində temperaturlar fərqi yaratdıqda, dövrədə cərəyan əmələ gəlir. Bu cərəyana termoelektrik cərəyanı deyilir.

(4) ifadəsinə əsasən, kontaktlarının temperaturları T_1 və T_2 olan iki müxtəlif metalın toxunmasından yaranan termoelektrik hərəkət qüvvəsinə hesablamaq olar.

Hazırda termoelektrik hadisəsinə əsasən düzəldilmiş termoelementlər (və ya termocütlər) vasitəsilə 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 temperaturlar fərqindən 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, yəni temperaturun dəyişməsilə termoelektrik hərəkət qüvvəsinin dəyişməsi arasındakı asılılığı qurmaq lazımdır. Bunun üçün termocüt dövrəsinə həssas qalvanometr daxil edilir. Sonra lehim nöqtələrindən birinin temperaturunu sabit saxlamaqla, digərinin temperaturu tədricən dəyişdirilir. Bu zaman qalvanometrın göstərişi, lehim nöqtələrinin temperaturlar fərqinə uyğun olaraq, tədricən dəyişəcəkdir. Qalvanometrın bölgülərinə uyğun temperaturlar fərfini qeyd edərək, onların arasındakı asılılığın qrafikini qurmaq olar. Bu da termocütün dərəcələnməsi adlanır. Qrafikdən 1°S temperaturlar fərfinə uyğun, qalvanometrın göstərişini φ_n aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\varphi = \gamma (T_n - T_0),$$

burada T_0 və T_n - lehim nöqtələrinin temperaturları, γ - isə, termoelementin həssaslığıdır. Termoelementin həssaslığı, ədədi qiymətə, lehim nöqtələrinin temperaturlar fərqi 1K olduqda, qalvanometrın göstərişinə bərabər olan kəmiyyətdir. Beləliklə, təcrübə zamanı qalvanometr əqrəbinin bir bölgü meyl etməsinə uyğun gələn temperaturlar fərfini ölçmək olur. Qalvanometrın göstərdiyi bölgülərin sayını, onun bir bölgüsünə uyğun gələn temperatur fərfinə vuraraq, tədqiq olunan mühitin temperaturunu hesablamaq mümkündür.

Termocütlerin müxtəlif növləri vardır. Məsələn, mis-konstantan, dəmir-konstantan, volfram-molibden, platin-radiumlu platin və konstantan termocütlerini göstərmək olar. Bunlardan mis-konstantan və platin-radiumlu platin termocütü ilə çox yüksək olmayan temperaturları (700-800°S) (1700°S-yə kimi) ölçmək mümkündür. Sonuncu termocütün tellərindən bir təmiz platindən, digəri isə 10% radium qarışığı olan platindən hazırlanır.

Lehim nöqtələrinin temperaturlar fərqi 1°S olduqda, termoelektrik hərəkət qüvvəsi böyük olan termocüt daha həssas olur.

Termoelementin elektrik hərəkət qüvvəsi aşağıdakı kimi təyin edilir. Əvvəlcə termocüt dövrəsinə həssas qalvanometr qoşub, lehimlərin $T_n - T_0$ temperaturları fərqinə uyğun, qalvanometrin göstərişini qeyd edirlər. Dövrədəki qalvanometrin, termoelementin və birləşdirici naqillərin müqavimətlərini R_0 ilə işarə etsək, yazıla bilər

$$E = i \varphi_0 R_0, \quad (6)$$

burada φ_0 - qalvanometrin göstərişi, i - isə, qalvanometrin həssaslığı olub, onun əqrəbini bir bölgə meyl etdirmək üçün ondan keçən cərəyan şiddəti ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir.

Termoelement və qalvanometr dövrəsinə ardıcıl olaraq məlum R müqaviməti qoşaraq, qalvanometrin buna uyğun göstərişini φ qeyd etsək,

$$E = i \varphi (R_0 + R) \quad (7)$$

olar. (6) və (7) ifadələrindən məchul müqaviməti (R_0) yox etməklə, termoelektrik hərəkət qüvvəsi üçün

$$E = i \frac{\varphi_0 \varphi}{\varphi_0 - \varphi} R \quad (8)$$

alırıq. Bu ifadəni (5)-də nəzərə alıb, oradan C -ni tapsaq

$$C = \frac{E}{T_n - T_0} = \frac{iR}{T_n - T_0} \frac{\varphi_0 \varphi}{\varphi_0 - \varphi} \quad (9)$$

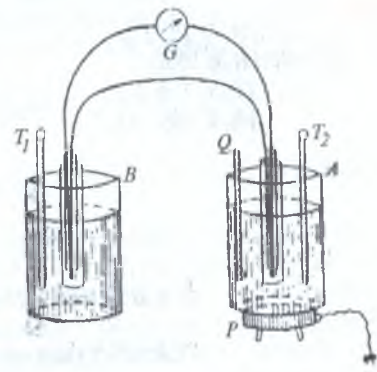
alırıq. Burada C - bir dərəcə temperaturlar fərqinə uyğun termoelektrik hərəkət qüvvəsi olub, termoelementin (termocütün) voltlarla ifadə olunan həssaslığı adlanır. i isə, qalvanometrin həssaslığıdır (onun qiyməti qalvanometrin üzərindəki xarakteristik cədvəldən götürülür).

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Termoelement, ucları cüt-cüt lehimlənmiş iki müxtəlif növ metal çubuqdan ibarətdir (şəkil 23.2).

Lehim nöqtələri, içərisində yağ, və ya kerosin olan sınaq şüşələrinə, sınaq şüşələri isə, A və B termostatlarının içərisinə salınır. Temperaturları ölçmək üçün A və B qabına dəqiq termometrlər də daxil edilir.

Termocütün kontaktlarında temperatur fərqi yaratmaq üçün lehimlərdən biri P qızdırıcısı vasitəsi ilə qızdırılır. A termostatında temperaturun bərabər paylanmasını əldə etmək üçün qarışdırıcıdan Q istifadə olunur.



Şəkil 23.2

İŞİN GEDİŞİ

1) 23.2-ci şəkildə olduğu kimi dövrə qurmalı. Sonra A və B qablarında temperaturları bərabərləşdirməli. Bunun üçün hər termostata eyni temperaturlu maye tökməli və temperaturu (T_0) qeyd etməli. Bu halda qalvanometrin əqrəbi sıfır bölgüsünü göstərməlidir.

2) B qabının temperaturunu sabit saxlayaraq, A qabını tədricən qızdırmaqlı.

3) A və B qablarının temperaturlar fərqinə uyğun qalvanometrin göstərişlərini qeyd etməli.

4) Temperaturlar fərqi ilə qalvanometrin göstərişləri arasındakı asılılığı göstərən qrafiki qurmalı.

5) 1°S temperaturlar fərqinə uyğun qalvanometrin göstərişini qeyd etməli.

6) Termoelementin lehim nöqtələrinin temperaturlar fərqini sabit saxlamaqla, əvvəlcə R_0 məchul müqavimətinə görə qalvanometrin göstərişini (φ_0), sonra dövrəyə ardıcıl olaraq daxil edilmiş məlum R müqavimətinə görə qalvanometrin göstərişini (φ) müəyyən etməklə, (9) ifadəsinə əsasən, bir dərəcə temperaturlar fərqinə uyğun termoelektrik hərəkət qüvvəsini, yəni termoelementin həssaslığını hesablamalı.

7) Dövrəyə müxtəlif məlum müqavimətlər daxil etməklə, təcrübəni 3-5 dəfə təkrar etməli.

- 8) C üçün tapılan qiymətlərə əsasən onun orta qiymətini tapmalı,
9) Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.15, 3.16.

Ədəbiyyat: [1], § 15.6;

[2], т.1, § 53;

[4], § 126-131.

LABORATORİYA İŞİ № 24

TERMİSTORUN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ

Cihazlar və ləvazimlər: gərginlik mənbəyi, Uitston körpüsü, müqavimətlər mağazası, termometr, elektrik qızdırıcısı, naftalin

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Müqavimət termometrlərində metalların və yarımkeçiricilərin temperaturunun dəyişməsindən asılı olaraq, onların müqavimətinin dəyişməsi xassəsindən istifadə olunur. Temperaturun artması ilə metalların müqaviməti artır, yarımkeçiricilərin müqaviməti isə, azalır. Yarımkeçiricilərin temperaturu artdıqca, onlarda sərbəst elektrik yük daşıyıcılarının (elektron və deşiklərin) konsentrasiyası da artır, bu isə, yarımkeçiricilərin müqavimətinin azalmasına səbəb olur.

Hal-hazırda praktikada *yarımkeçirici müqavimət termometrləri-termistorlar* geniş tətbiq olunur. Onların müqaviməti temperaturdan asılı olaraq, metallara nəzərən 10-20 dəfə çoxdur. Yarımkeçirici maddələrin xüsusi müqaviməti böyük olduğundan, termistorlar kiçik ölçüyə malik olurlar.

Xüsusi müqavimət maddənin növündən və onun halından asılıdır. *Müqavimətin temperatur əmsali* α

$$\alpha = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dT}, \quad (1)$$

temperatur bir dərəcə artdıqda, xüsusi müqavimətin nisbi dəyişməsinə göstərir. Burada ρ maddənin xüsusi müqavimətidir.

(1) münasibəti göstərir ki, xüsusi müqavimət temperaturdan asılı olaraq xətti qanunla deyil, mürəkkəb şəkildə dəyişir. Ancaq, bir çox keçiricilər (məsələn, metallar) üçün müəyyən kiçik temperatur intervalında ρ -nın dəyişməsinə nəzər almamaq olar. Onda xüsusi müqavimətin temperaturdan asılılığını

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t) \quad (2)$$

şəklində yazmaq olar. Burada ρ_0 xüsusi müqavimətin 0°S -dəki, ρ -isə onun $t^\circ\text{S}$ -dəki qiymətidir.

Metallar üçün $\alpha > 0$. Metallardan fərqli olaraq, elektrolitlərdə $\alpha < 0$ olur, yəni onların müqaviməti temperatur artdıqca azalır. Elektrolitlərdə elektrik yük daşıyıcıları müsbət və mənfi yüklü ionlardır. Elektrolitlərin temperaturu artdıqda həm ionların dissosiasiyası sürətlənir, həm də mayenin özlülüyü azalır. Əsasən bu iki səbəbdən, mayelərdə sərbəst yük daşıyıcılarının konsentrasiyası və yürüklüyü artır və ona görə də onun müqaviməti azalır.

Təmiz metallar üçün müqavimətin temperatur əmsalı $1/273 = 0,00367$ ədədinə yaxındır. Bəzi xəlitələr üçün α çox kiçikdir. Məsələn, platin üçün nümunədən asılı olaraq, temperaturun $0-100^\circ\text{S}$ intervalında $\alpha = 38 \cdot 10^{-4} \text{ dər}^{-1}$ qiymətini alır. Ona görə də, belə xəlitələrdən müqavimət etalonları düzəltmək üçün istifadə edilir. Platinin müqaviməti zamana görə son dərəcə sabit olduğundan, onun müqavimətini ölçməklə, temperaturu dəqiq təyin etmək olur.

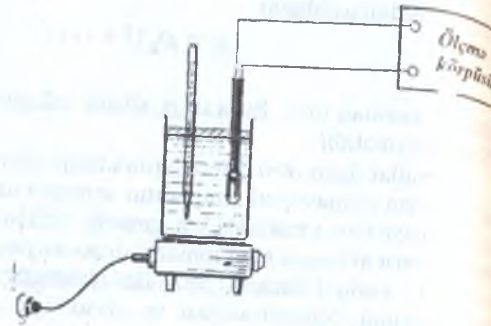
Tibdə termistorlardan temperaturun ölçülməsi üçün geniş istifadə olunur. Termistorun istilik ətalətinin kiçik olması çox qısa müddətdə temperaturu ölçməyə imkan verir. Müqavimət termometrlərinin ən üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, onların köməyiylə, adi maye termometrlərinin tətbiq oluna bilmədiyi çox alçaq və həm də, çox yüksək temperaturları və bədənin müxtəlif daxili və xarici orqanlarının temperaturunu ölçmək mümkündür.

Müqavimət termometrinin sxemində (məsələn, dəri termometrində) Uitston körpüsündən istifadə olunur (bax lab. işi № 22). Bu sxemdə termistor, temperatur çeviricisi olmaqla, körpünün bir qoluna birləşdirilir. Körpünün başqa qollarının müqaviməti elə seçilir ki, körpü müəyyən bir başlanğıc temperatura tənzimlənmiş olsun. Termistor çox kiçik istilik ətalətinə malik olduğundan, o, tədqiq edilən səthə toxunduqda, qısa bir müddətdə onun temperaturu həmin səthin temperaturu ilə bərabərləşir. Termistorun temperaturunun dəyişməsi öz növbəsində, onun müqavimətinin dəyişməsinə səbəb olur. Bunun nəticəsində də, körpünün

tarazlığı pozulur və beləliklə, qalvanometrin əqrəbi sıfır vəziyyətindən məhrumdur. Qalvanometrin şkalası birbaşa Selsiyə görə dərəcələrə bölünür.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Elektrotermometr sxemində termistordan istifadə etmək üçün termistoru dərəcələmək lazımdır, yəni termistorun müqavimətinin temperaturdan asılılığını müəyyən etmək lazımdır. Termistoru dərəcələmək üçün şəkil 24.1-dəki kimi qurğu yığılır. Şəkildəki "ölçmə körpüsü" şəkil 22.2 verilmiş Uistston körpüsünün sxemindən ibarətdir. Həmin sxemdə körpünün R_x müqaviməti



Şəkil 24.1

əvəzinə termistorun R_T müqaviməti birləşdirilir. Digər qollardakı müqavimətlər lab. işi № 22-də təsvir olunduğu kimidir. Termistoru dərəcələmək üçün laboratoriyalarda istifadə olunan sadə Uistston körpüsündə körpünün qollarından birinin əvəzinə müqavimətlər mağazası götürülür. Sabit müqavimətlərin nisbətini $R_1:R_2$ isə, 100:1, 10:1, 1:1, 1:10-a və s. götürmək mümkündür. Belə körpüdə qolların müqavimətlərinin nisbətini vahidə bərabərləşdirmək ($R_1:R_2=1:1$) daha əlverişlidir. Bu halda körpünün düsturuna görə, termistorun müqaviməti R_0 (bax lab. işi № 22) müqavimətinə bərabər olar. Doğrudan da,

$$\frac{R_T}{R_0} = \frac{R_2}{R_1}$$

olduğundan (bax lab. işi № 22) və $R_1 = R_2$ bərabərliyini nəzərə alsaq,

$$R_T = R_0$$

olar.

Termistor cərəyanı keçirməyən maye (məsələn, texniki yağ) ilə doldurulmuş qabda yerləşdirilir (şəkil 24.1). Bu qaba termistordan başqa termometr, qabda temperaturun bərabərliyini təmin etmək məqsədilə,

mayeni qarışdırmaq üçün işlədilən ağac çubuq və alçaldıcı transformatorun vasitəsilə gərginlik mənbəyinə birləşdirilmiş elektrik qızdırıcısı daxil edilir. Qızdırıcıya verilən gərginliyin qiyməti elə olmalıdır ki, qabda temperaturun dəyişməsi kifayət qədər yavaş baş versin.

Əvvəlcə otaq temperaturunda körpünün müqaviməti tənzimlənərək, (bu halda qalvanometrin əqrəbi sıfırın üstündə durur) termistorun müqaviməti təyin edilir (müqavimət adətən bir neçə min Om -a bərabər olur). Bundan sonra, müqavimətlər mağazasının R_0 müqaviməti 100-200 Om azaldılır. Aydın ki, onda körpünün balans pozulmuş olur. Termistoru qızdırmaqla, onun müqavimətinin azalması hesabına, yenidən körpünün tənzimlənməsinə nail olmaq mümkündür. Bu zaman termistorun müqaviməti o qədər azalır ki, onun müqaviməti mağazanın müqavimətilə bərabərləşmiş olsun. Müqavimətlərin bərabərləşməsinə uyğun temperatur, qaba salınmış termometrin köməyiylə qeyd edilir.

Sonra, müqavimətlər mağazasının müqavimətini yenidən 100-200 Om azaldaraq, körpünün müvazinətini pozub, yenidən termistoru qızdıraraq onun müqavimətini azaltmaq yolu ilə körpünün müvazinəti bərpa edilir. Bu yolla, otaq temperaturundan başlayaraq, 50-60 $^{\circ}S$ -yə qədər temperaturun müəyyən intervalında temperaturdan asılı olaraq, termistorun müqaviməti 8-10 dəfə qeyd olunur. Beləliklə, təcrübədən alınan nəticələrə görə temperaturdan asılı olaraq, termistorun R_T müqavimətinin qrafiki qurulur. Alınmış əyri, dərəcələmə intervalı hüdudunda temperaturu ölçmək üçün istifadə olunur.

İŞİN GEDİŞİ

1. Termistorun dərəcələnməsi:

- a) şəkil 24.1-ə əsasən qurğunun sxemini yığmalı;
- b) qabdakı temperaturu qeyd etməli və otaq temperaturuna uyğun körpünü tənzimləyib, termistorun müqavimətini qeyd etməli;
- c) müqavimətlər mağazasında müqaviməti R_0 100-200 Om azaldaraq, qızdırıcını mənbəyə birləşdirməli. Zaman keçdikcə, körpünün tənzimlənməsinin nəzarət düyməsini basmaqla, körpünün tənzimlənməsinin bərpa olunmasını yoxlamalı;
- ç) qalvanometrin əqrəbinin sıfır vəziyyətinə qayıtmasına uyğun termometrin göstərişini 0,1 $^{\circ}S$ dəqiqliyiylə qeyd etməli;
- d) yuxarıda göstərilən əməliyyatları bir neçə dəfə 8-10 müxtəlif temperatur intervalları üçün təkrar etməli;
- e) əvvəlcə aparılan əməliyyatların əksinə olaraq, müqavimət mağazasının müqavimətini R_0 hər dəfə 100-200 Om artırmaqla və termistoru yavaş-yavaş soyutmaqla, körpünü tənzimləyərək, termistoru dərəcələməli;
- ə) qızdırıcını dövrədən açmalı;

- f) alınmış nəticələri qrafikdə göstərməli və cədvəl 1-də verməli;
g) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

$R_T = R_0, \text{ Om}$						
Temperatur $t, ^\circ\text{S}$						

2. Naftalinin bərkimə temperaturunun təyini.

- a) naftalini sınaq şüşəsində əridib, termistoru onun içərisində yerləşdirməli;
b) naftalin ərimiş halda olduqda, körpünü tənzimləməli. Naftalin soyuduqca, qalvanometrın əqrəbinin göstərişinə görə, hər bir dəqiqədən sonra müqavimətlər mağazasının köməyi ilə körpünün tənzimlənməsini yenidən bərpa etməli. Buna uyğun zaman müddətini və müqavimətin qiymətini $R_T = R_0$ qeyd etməli;
c) termistorun müqavimətinin R_T zaman (τ) asılılığını qrafikdə göstərməli;
ç) termistorun dərəcələnmə qrafikindən istifadə edərək, naftalinin bərkimə temperaturunu tapmalı. (Bərkimə halına uyğun termistorun müqaviməti dəyişməz olaraq qalar);
d) təcrübənin nəticələrini cədvəl 2-də göstərməli;
e) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 2

τ müddəti (1 dəq intervalında)						
R_T						

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.55, 3.56, 3.59.

Ədəbiyyat: [1], § 15.6;

[4], § 126-131.

LABORATORİYA İŞİ № 25

QEYRİ-ELEKTRİK KƏMIYYƏTLƏRİN ELEKTRİK METODLARI VASİTƏSİLƏ ÖLÇÜLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: yerini dəyişə bilən içliyə malik induktiv makara, dəyişən gərginlik mənbəyi, milliampermetr, tenzoçevirici modeli, ölçü körpüsü, mikrometr, müxtəlif yüklər

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Müasir tibbi-bioloji tədqiqatlar, yeni diaqnostik cihaz və qurğuların hazırlanması bir çox fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsini tələb edir. Ölçülən fiziki kəmiyyətlərin çoxu qeyri-elektrik təbiətli, yəni mexaniki, istilik, akustik, optik və başqa təbiətli kəmiyyətlərdir. Xüsusilə, orqanizmin fəaliyyətini xarakterizə edən kəmiyyətlərdən, məsələn, qanın təzyiqi, temperaturu, ürəyin tonu və s. spesifik bioelektrik siqnalları yaratmadıqlarından, elektrik cihazları vasitəsilə onları bilavasitə qeyd etmək mümkün deyildir.

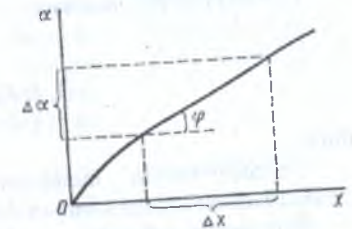
Hal hazırda qeyri-elektrik kəmiyyətlərin elektrik cihazları ilə ölçülməsi geniş tətbiq olunur. Elektrik metodlarının əsas üstünlükləri, onların yüksək həssaslığa və elektrik cihazlarının kiçik ətalətə malik olmasıdır. Bunlardan əlavə, elektrik metodları ilə ölçmələri müəyyən məsafədən aparmaq, alınan nəticələri müəyyən məsafəyə ötürmək və onları EHM-də rahat qeyd edərək, təhlil etmək mümkündür.

Qeyri-elektrik kəmiyyətləri elektrik metodu ilə ölçmələrin prinsiplial quruluş sxemi əsasən üç hissədən ibarətdir: 1) qeyri-elektrik kəmiyyəti elektrik kəmiyyətinə çevirən qurğu-çevirici; 2) çeviricidən alınan elektrik siqnallarının gücləndiricisi; 3) qeydedici qurğu.

Çevirici vasitəsilə çevrilən kəmiyyət x -giriş, ölçülən siqnal α isə - çıxış kəmiyyəti adlanır. Çıxış kəmiyyətinin giriş kəmiyyətindən funksional asılılığı analitik ifadə, və ya qrafik yolla verilərək, çeviricinin xarakteristikası adlanır. Adətən çalışırlar ki, çevirici, xətti xarakteristikaya malik olsun, yəni çıxış kəmiyyətinin giriş kəmiyyətilə asılılığı düz mütənəsb olsun, yəni

$$\alpha = kx$$

asılılığı ödənilsin.



Şəkil 25.1

$\Delta\alpha / \Delta x$ kəmiyyəti çeviricinin *həssaslığı* adlanır (şəkil 25.1). Çeviricinin təhrif olunmadan qəbul edə bildiyi giriş kəmiyyətinin maksimal qiyməti onun *sərhəd qiyməti* adlanır. Çeviricinin qeydə ala bildiyi giriş kəmiyyətinin dəyişməsinin ən kiçik qiyməti isə, onun *həssaslıq həddü* adlanır.

Çeviricilər iki yerə bölürlər: generator və parametrik çeviricilər.

Parametrik çeviricilərdə giriş signalının təsiri ilə onun hər hansı bir elektrik təbiətli parametri dəyişir.

Generator çeviricilərdə isə, qeyri-elektrik təbiətli giriş signalının təsiri ilə elektrik təbiətli kəmiyyət, məsələn gərginlik, və ya cərəyan yaranır.

Parametrik çeviricilərin bəzi növlərinə nəzər salaq:

1. Müqavimət çeviricisi. Müqavimət çeviricisi olaraq, reostatdan istifadə olunur. Bu çeviricidə ölçülən kəmiyyətin qiymətindən asılı olaraq, reostatın sürgüsü yerini dəyişir. Beləliklə, giriş kəmiyyətini sürgünün yerdəyişməsi, çıxış kəmiyyətini isə-aktiv müqavimət xarakterizə edir.

2. Tenzoçevirici. Bu çeviricinin iş prinsipi tenzoeffekt hadisəsinə əsaslanır ki, bu da mexaniki deformasiya zamanı naqillərin aktiv müqavimətinin dəyişməsilə bağlıdır. Tenzomaterialın əsas xarakteristikası onun nisbi tenzohəssaslıq əmsalıdır k_n :

$$k_n = \varepsilon_R / \varepsilon_l, \quad (1)$$

burada, $\varepsilon_l = \Delta l / l$ -naqilin nisbi uzanması; $\varepsilon_R = \Delta R / R_0$ -naqilin müqavimətinin nisbi dəyişməsidir. Huk qanununa görə

$$\varepsilon_l = \frac{\sigma}{E}, \quad (2)$$

burada E -verilmiş maddə üçün Yunq modulu, $\sigma = P / S$ -maddədə yaranan mexaniki gərginlik, P - deformasiya etdirici qüvvə, S isə, nümunənin en kəsiyinin sahəsidir.

(2)-ni (1)-də nəzərə alsaq,

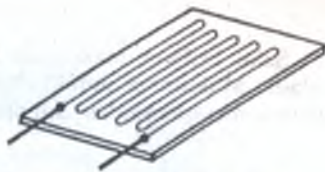
$$k_n = \varepsilon_R \frac{E}{\sigma} = \frac{\Delta R \cdot SE}{R_0 P} \quad (3)$$

alınar.

Tenzoçeviricinin maddəsinə qoyulan əsas tələb, onun nisbi tenzohəssaslıq əmsalının imkan daxilində böyük qiymətə malik olmasıdır.

Son zamanlarda ən çox tətbiq olunan naqilli tenzoçeviricilərdir (şəkil 25.2). Belə çeviricilərdə kağız parçasının, və ya lakla örtülmüş təbəqənin üzünə ziqzaqşəkilli nazik naqıl yapışdırılır. Bu naqilin uçlarına çıxış

naqilləri birləşdirilir. Çeviricinin üstü də bəzən kağız ilə örtülür. Detallara yapışdırılmış belə çevirici səth təbəqəsinin deformasiyasına həssas olur. Beləliklə, çeviricinin giriş kəmiyyəti-naqilin səth qatının deformasiyası, çıxış kəmiyyəti isə, çeviricinin müqavimətinin dəyişməsi ilə əlaqədardır.



Şəkil 25.2

Tibb texnikasında döş qəfəsinin həcmnin və perimetrinin dəyişməsinə, nəfəsalma tezliyini xarakterizə edən pnevmoqramı qeyd etmək üçün xəstənin döş qəfəsinin üzərinə qoyulan tenzoçeviricidən istifadə olunur. Bu tip çevirici elastik materialdan hazırlanmış cilet şəklindədir. Çeviricinin həssas elementini kömür (qrafitlə doldurulmuş iki rezin boru) təşkil edir ki, onun müqaviməti döş qəfəsinin deformasiyası zamanı dəyişir.

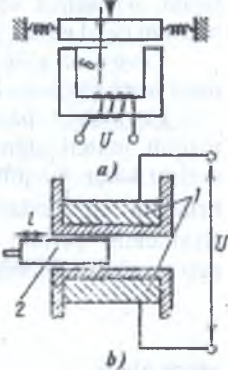
3. Tutum çeviricisi. Belə çeviriciyə misal olaraq, dəyişən tutumlu kondensatoru göstərmək olar. Müstəvi kondensatorun tutumu

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / d,$$

burada ϵ -mühitin dielektrik nüfuzluluğu, ϵ_0 -dielektrik sabiti, S -kondensatorun lövhəsinin sahəsi, d -lövhələr arasındakı məsafədir.

Bu çeviricilərdə ölçülən kəmiyyət d , S və ϵ -nin funksiyası ola bilər. Axırncı halda çevirici maddələrin tərkibini analiz etmək üçün tətbiq edilir. Tutum çeviricisinin tətbiqində, əksər hallarda giriş kəmiyyəti olaraq, kondensatorun köynəklərinin bir-birinə nəzərən yer dəyişməsi götürülür.

Tibbdə tutum çeviricisindən ağciyərin fəaliyyətini təhlil etmək üçün istifadə olunur. Çeviricinin həssas elementi 3 ədəd nazik sintetik təbəqədən ibarətdir ki, onların da xarici səthlərinə qalınlığı 10 μm olan aluminium təbəqəsi çəkilmişdir. Nəfəsalma və nəfəsvermə zamanı havanın təsiri ilə hərəkət edən təbəqə, hərəkətsiz təbəqələrdən birinə, və ya digərinə yaxınlaşır və beləliklə də, sistemin tutumu dəyişir.



Şəkil 25.3

4. İnduktiv çeviricisi. Şəkil 25.3a-da F qüvvəsinin təsiri ilə qalınlığı dəyişən kiçik hava qatına h malik olan çevirici göstərilmişdir. Hava qatının qalınlığı dəyişdikdə, makaranın induktivliyi, və eləcə də dövrənin tam müqaviməti Z dəyişir.

Beləliklə F qüvvəsilə dövrənin tam müqaviməti Z arasında funksional asılılıq mövcud olur:

$$Z=f(F).$$

Şəkil 25.3b-də makaranın 1 içərisində yerini dəyişə bilən polad içlik 2 yerləşir. Makaranın induktivliyi L və eləcə də, onun tam müqaviməti Z içliyin yerdəyişməsindən asılı olur:

$$Z = f(I).$$

İndi isə bəzi generator çeviricilərinə nəzər salaq.

5. Pyezoelektrik çeviricisi. Bu çeviricinin iş prinsipi pyezoelektrik effektinə, yəni deformasiya zamanı kristal dielektriklərin polyarlaşması hadisəsinə əsaslanır.

Belə çeviricilərdə giriş kəmiyyəti mexaniki gərginlik, təzyiq, yerdəyişmə və s., çıxış kəmiyyəti isə, elektrik gərginliyi olur.

Tibbdə pyezoçeviricilər arterial təzyiqi ölçmək, arteriyalarda ürək pulsunu qeyd etmək və s. üçün istifadə olunur.

6. İnduksiya çeviricisi. Bu çeviricinin iş prinsipi makaranın və sabit maqnitin bir birinə nəzərən yerdəyişməsi zamanı induksiya e.h.q.-nin yaranmasına əsaslanır.

İnduksiya çeviricilərində giriş kəmiyyət olaraq mexaniki yerdəyişmənin sürəti götürülür. Ona görə də belə çevirici ancaq, sürəti ölçən cihazlarda istifadə olunur. Şəkil 25.4-də ağciyər ventilyasiyasını qeydə alan çevirici göstərilmişdir. Ağciyər ventilyasiyanın təyini, nəfəsalma və nəfəsvermə proseslərində alınan və verilən havanın həcmi qeyd etmək yolu ilə həyata keçirilir.

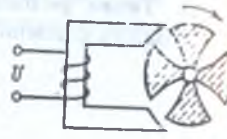
Çeviricidə giriş və çıxış siqnallarını dəqiq ayırmaq məqsədilə havanın daxil olma və çıxma kanalları ayrı-ayrılıqda götürülür.

Çeviricinin pərləri hava axını olan yerdə quraşdırılır. Hər bir pər maqnit materialdan hazırlanmış və maqnitlənmişdir. Pərlər fırlandıqca, sargını kəsən maqnit seli periodik olaraq, dəyişir və bunun nəticəsində də, fırlanma sürətindən asılı olaraq onda induksiya e.h.q. $\mathcal{E}$ yaranır. Çeviricinin pərinin fırlanma sürəti sərf olunan havanın həcmi V ilə mütənasibdir. Beləliklə,

$$\mathcal{E} = f(V)$$

asıllığı alınır.

Bu işdə yuxarıdakı çeviricilərdən ancaq, tenzoçevirici və induktiv çeviricinin həssaslığının təyini haqda laboratoriya işindən bəhs ediləcək.

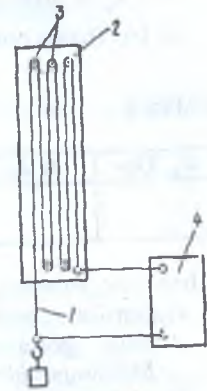


Şəkil 25.4

QURĞUNUN TƏSVİRİ

1. Nisbi tenzohəssaslıq əmsalının ölçülməsi, konstantan maddəsindən hazırlanmış tenzoçeviricinin modeli əsasında aparılır (şəkil 25.5). Burada konstantan naqıl 1 diyircəklərin 3 vasitəsilə karkasa 2 bərkidilmişdir. Naqıldən yük asdıqda o, dartılır və onun müqaviməti dəyişir. Müqavimətin ölçülməsi sabit cərəyan körpüsü 4 vasitəsilə aparılır.

2. İnduktiv çeviricinin modeli şəkil 25.6-da göstərilmişdir. Çevirici, yerini dəyişən 2 içliyinə malik 1 makarasından ibarətdir. İçlik yerini dəyişdikdə, makaranın induktivliyi də dəyişir. İnduktivliyin dəyişməsinə görə makaradakı cərəyan şiddətinin dəyişməsi haqqında mühakimə yürütmək olur. Cərəyan şiddətinin I , içliyin yerdəyişməsindən I asılılıq qrafiki çeviricinin xarakteristikası adlanır. Makaranın qidalandırılması alqaldıcı transformator vasitəsilə ardıcıl birləşdirilmiş mənbəyin hesabına yerinə yetirilir.



Şəkil 25.5

İŞİN GEDİŞİ

1. Çeviricinin nisbi tenzohəssaslıq əmsalının təyini:

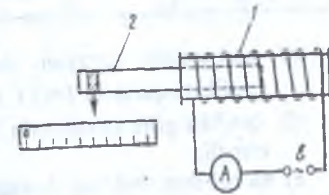
- sabit cərəyan körpüsü vasitəsilə tenzoçevirici modelinin başlanğıc müqavimətini R_0 ölçməli;
- ardıcıl olaraq naqıldən müxtəlif m kütləli yüklər asaraq, çeviricinin müqavimətini R ölçməli;
- mikrometrlə naqilin diametrini d ölçməli;
- hər bir yük üçün ayrılıqda çeviricinin nisbi tenzohəssaslıq əmsalını hesablamaq;

Nəzərə almalı ki,

$$p = mg, \Delta R = R - R_0, S = \pi D^2 / 4.$$

Onda (2)-dən alırıq:

$$k_n = \frac{(R - R_0)E\pi d^2}{4R_0mg}.$$



Şəkil 25.6

- d) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də göstərməli;
e) $\langle k_n \rangle$ qiymətini hesablamalı;
ə) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

R_0, Om	m, kq	R, Om	d, m	k_N	$\langle k_H \rangle$

2. İnduktiv çeviricinin xarakteristikasının çıxarılması:
a) transformatoru dövrəyə qoşmalı və çeviricinin içliyini elə qoymalı ki, onun göstəricisi şkalanın sıfır bölgüsü ilə üst-üstə düşsün. Milliampmetrin göstərişini I qeyd etməli;
b) Makarada içliyi hərəkət etdirərək, onun hər bir santimetr yerdəyişməsinə uyğun milliampmetrin göstərişini qeyd etməli;
c) ölçmənin nəticəsini cədvəl 2-də göstərməli.

Cədvəl 2

l, mm	0	0,01	0,02	...
I, A				

- ç) sarğacdakı cərəyan şiddətinin içliyin yerdəyişməsindən asılılıq qrafikini qurmalı $I=f(l)$;
d) qrafikə görə çeviricinin həssaslığını $k = \Delta I / \Delta l$ düsturu ilə təyin etməli;
e) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.10, 3.11, 3.42.

Ədəbiyyat: [1], § 21.3-21.5;
[4], § 152.

ELEKTROFOREZ ÜSULU İLƏ İONLARIN YÜRÜKLÜYNÜN TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: elektroforetik qurğu, elektrolitlər, saniyə ölçən, ştangenpərgar

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Elektrolitlərdə ionlar başqa molekullarla çoxlu toqquşmalara uğradıqlarından, hərəkətləri zamanı sürtünməyə məruz qalırlar. Bu sürtünmənin təbiəti, makroskopik cisimlərin qaz və mayədə hərəkəti zamanı meydana çıxan sürtünmənin təbiəti ilə eyni olur. Sürətin kiçik qiymətlərində sürtünmə qüvvəsi cismin hərəkət sürəti ilə düz mütənasibdir. Buna oxşar olaraq, ionun sürtünmə qüvvəsi də onun nizamlı hərəkətinin v sürəti ilə düz mütənasib olduğu qəbul edilir, yəni sürtünmə qüvvəsi $F_s = -fv$, burada f - ionların və həlledicinin növündən və temperaturundan asılı olan sürtünmə əmsəlidir. Elektrik sahəsi mövcud olduqda, iona sahə tərəfindən $F = qE$ qüvvəsi təsir edir. Bu qüvvənin təsiri ilə ion başlanğıc zaman anlarında təcillə hərəkət edir və sürətin müəyyən qiymətində $F = F_s$ bərabərliyi ödənilir. Beləliklə, sürtünmə qüvvəsi ilə ona sahə tərəfindən təsir edən qE qüvvəsi bir-birini tarazlaşdırır. Onda ionların hərəkəti bərabərsürətli düzxətli olur. Ionların qararlaşmış hərəkətinin sürəti

$$qE = fv$$

bərabərliyindən təyin edilir:

$$v = \frac{q}{f} E = bE$$

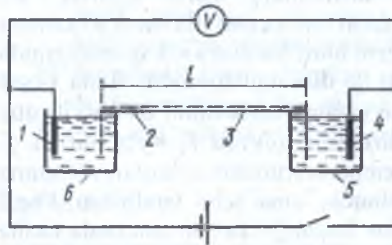
burada $b = q/f$ ionun yürüklüyü adlanır. Ionun yürüklüyü, ədədi qiymətcə, intensivliyi vahidə bərabər olan sahədə hərəkət edən ionun sürətinə bərabərdir.

Bəzi ionların məhlulun rəngə boyanmasından istifadə edərək, ionların hərəkətini görmək və onların hərəkət sürətini biləvasitə ölçmək mümkündür.

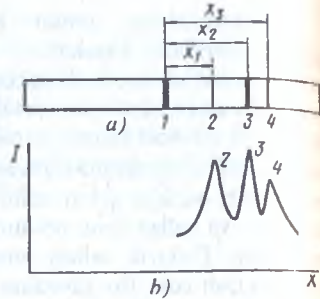
QURĞUNUN TƏSVİRİ

İonların yürüklüyünü təyin etmək üçün işlədilən qurğu şəkil 26.1-də göstərilmişdir. Qurğuda elektrolitlə doldurulmuş qablara (5,6) elektrodlar (1 və 4) qoyulmuşdur. Şüşə 3 lövhəsinin üzərinə ölçüsü $2,5 \times 40$ sm olan həmin elektrolitlə isladılmış xüsusi 2 kağız lenti qoyulmuşdur. Kağız lentin ucları elektrolitlərin içərisinə salınmışdır. Sabit cərəyan mənbəyindən elektrodlara gərginlik verilir.

İonlarının yürüklüyü təyin edilən elektrolitdən cüzi miqdarda ($0,005-0,01$ ml) kağız lentin ortasına qoyulur (əgər elektrolit şəffafdırsa, onları rəngləmək, elektrik sahəsində ionları qarışdırmaqla əldə edilir.)



Şəkil 26.1



Şəkil 26.2

Tədqiq edilən elektrolitin ionlarının yürüklüyünü təyin etmək üçün ionların v sürətini və sahənin E intensivliyini bilmək lazımdır. Dövrəni qapadıqda, elektrolitin ionları süzgəc kağızın üzərilə yerlərini dəyişməyə başlayır və müəyyən t zaman müddətində, x məsafəsi qədər yerlərini dəyişirlər. Şəkil 26.2a - da elektroforeqrama göstərilmişdir: 1-üç komponentli elektrolitin töküldüyü yer; 2,3,4-elektrik sahəsində ayrıldıqdan sonra məhluldakı müxtəlif ionların yerdəyişmə məsafələridir. X , və t -ni ölçməklə, ionların sürətini tapmaq olar: $v = X/t$.

Məlumdur ki, $E = \Delta\varphi / l$, burada $\Delta\varphi$ - potensiallar fərqi (verilmiş halda voltmetrin göstərdiyi gərginlik), l - süzgəc kağız lentin şüşə üzərindəki uzunluğudur.

Sürətin və sahənin intensivliyinin ifadələrini (1) -də nəzərə alsaq,

$$b = \frac{v}{E} = \frac{xl}{\Delta\varphi t} \quad (2)$$

BS-də ionların yürüklüyünün vahidi $[b] = m^2 / (V \cdot san)$ -dir.

Təcrübə zamanı süzgəc kağızının qurumasının qarşısını almaq üçün qablar və şüşə lövhə qapağın altında yerləşdirilir. Qapağın altında doymuş baxar yaradırlar ki, bu da kağızın qurumasının qarşısını alır.

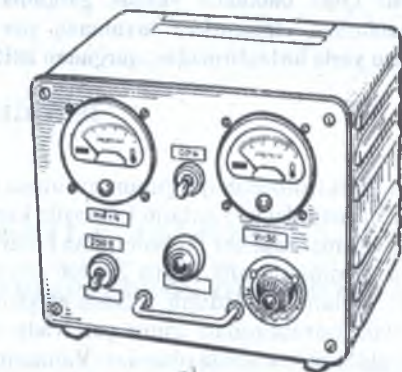
İonların yürüklüyü onlar üçün xarakterik parametrlər olduğundan, yürüklüyü tapmaqla, ionların növünü təyin etmək və ionlar qarışığını elektrik sahəsində komponentlərinə ayırmaq olur.

Təkcə yüngül ionlar deyil, ölçüsü böyük olan qeyri elektro-neytral hissəciklər, məsələn, kolloid hissəciklər də elektrik sahəsində hərəkət edə bilirlər. Belə hissəciklərin yürüklüyü onların kütləsindən və yükündən asılıdır.

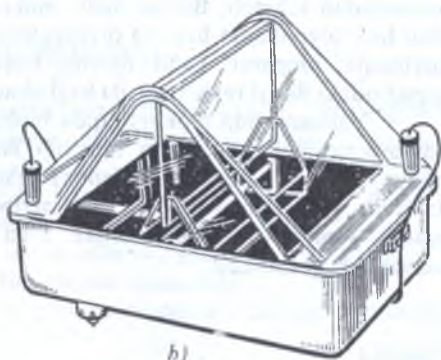
Elektroforez tibdə, qan zərdabının zülal tərkibini analiz etmək üçün istifadə edilir. Zülalın komponentləri (albuminlər, α -, β - və γ -globulinlər və s.) müxtəlif yürüklüyə və yükə malik olduqlarından, onlar elektrik sahəsində müxtəlif sürətlə hərəkət edərək, ayrılırlar. Onlar şəffaf olduqlarından, elektroforetik ayrılma sonra elektroforeqramı qurudub, uyğun boyaq maddəsilə rəngləyirlər.

Elektroforeqramın fotometriyası zülalın komponentlərinin miqdarı nisbətlerini tapmağa imkan verir (şəkil 26.2-yə bax). Bundan əlavə, elektroforez maddə şirəsinin zülal tərkibini analiz etmək, nuklein turşularını, amin turşularını və başqa bioloji vacib maddələri ayırmaq üçün də tətbiq olunur.

Kağız üzərində elektroforez üsulu ilə yürüklüyün təyində xüsusi qurğudan istifadə olunur. Bu məqsədlə tibbi-bioloji praktikada ən çox istifadə olunan PVEF-1 cihazıdır. Bu cihaz elektrik sahəsində zülalları və digər yüksək molekullu birləşmələri komponentlərinə ayırmaq üçün istifadə olunur. Cihaza qida bloku (şəkil 26.3a) və elektroforetik kamera (şəkil



a)



b)

Şəkil 26.3

26.3b) daxildir. Kamera plastik kütlədən hazırlanmış iki bölmədən ibarətdir ki, bu bölmələrə ümumi həcmi 2 litr olan məhlul tökülür. Forez üçün lazım olan kağız lent çərçivədə yerləşdirilir. Kameranın qapağına iki elektrod birləşdirilmişdir. Cihazın qabaq paneli şəkil 26.3a-da göstərilmişdir. Cihazın arxa divarında (+) və (-) sıxaclar (elektroforetik kameranı birləşdirmək üçün) və "yerlə birləşdirmə" sıxacı yerləşdirilmişdir.

Qida blokunu elektroforetik vannasız dövrəyə qoşmaq qadağandır.

Diqqət! Qida blokunda yüksək gərginlik mənbəyi olduğundan, təsadüfən cərəyanötürən elementlərə toxunmaq çox təhlükəlidir. Ona görə də qida blokunu yerlə birləşdirmədən, qurğudan istifadə etmək qəti qadağandır!

İŞİN GEDİŞİ

1. Elektroforetik qurğunun quruluşu ilə tanış olmalı;
2. Tənzimləyici vintlərin köməyi ilə kameranı üfqi vəziyyətdə saxlamalı;
3. Kameranın hər iki bölməsinə bufer elektrolit məhlulu tökməli;
4. Xromatoqrafik kağızı 25x400 mm ölçüdə zolaq şəkilində lif boyunca kəsib, onlardan dördünü həmin elektrolitdə isladaraq, süzgəcli kağızın köməyi ilə qurutduqdan sonra çərçivədə elə yerləşdirməli ki, lentin ucları elektrolitlərin içərisində olsunlar. Vannanı qapaqla kip örtmək lazımdır;
5. Qapaqdakı deşikdən kağız lentin üzərinə 0,02-0,01 ml tədqiq olunan preparatdan tökməli. Bunun üçün mikropipetkanın köməyi ilə eni 20 mm olan foto plyonkanın üzərinə preparatdan töküüb, onu kağız lentin üzərinə qoymaqla, preparatı kağız üzərinə köçürməli. Bundan sonra vannanın qapağındakı deşiyi rezin tıxac ilə bağlamaq lazımdır;
6. Vannanı qida blokuna, qida blokunu isə, yerlə birləşdirməli, cihazı dövrəyə qoşmalı, müəllimin tapşırığı ilə dövrəyə işçi gərginliyi verməli, saniyə ölçəni işə salmalı. Rənglənmiş zolağın lent boyunca nəzərə cərpacaq dərəcədə yerdəyişməsi (20-30 dəq ərzində) yarandıqdan sonra, dövrəni açaraq, saniyəölçəni dayandırılmalı. l və x -i ölçməli. Ölçmənin nəticəsini cədvəl 1-də göstərməli;

Cədvəl 1

N_0	X, mm	l, mm	t, mm	Δh	B	$\langle h \rangle$
1						
2						
3						
4						

7. (2) düsturuna görə rəngli məhlulun ionlarının yüklüyünü h blamal;
8. təcrübəni 3-5 dəfə təkrar edib, $\langle h \rangle$ -ni tapmalı;
9. təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.50, 3.53.

Ədəbiyyat: [1], § 15.1-15.4;

[2], r.2, § 148;

[3], § 133-135.

LABORATORİYA İŞİ № 27

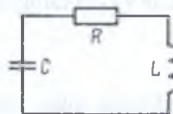
SÖNƏN ELEKTROMAQNİT RƏQSLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: elektron ossilloqrafi, təcrübəni aparmaq üçün işlədilən qurğu

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Real rəqs konturu C tutumlu kondensatordan, L induktivlikli makaradan və R aktiv müqavimətindən ibarətdir (şəkil 27.1).

Əgər kondensatoru yükləyib, onun induktiv makarada və müqavimətdə boşalmasına şərait yaratsaq, kondensator get-gedə boşalar və konturda sönən elektromaqnit rəqsləri yaranar. Bu zaman makarada yaranan öz-özünə induksiya e.h.q., elektromaqnit induksiya qanununa görə



Şəkil 27.1

$$\mathcal{E}_i = -L \frac{di}{dt}$$

olar.

Qapalı kontur üçün Om qanununa görə, dövrədə yaranan induksiya e.h.q. kondensatordakı $U_c = q / C$ gərginlik düşgüsü ilə, müqavimətdəki

$U_R = IR$ gərginlik düşgüsünün cəminə bərabərdir, yəni

$$-L \frac{di}{dt} = iR + \frac{q}{c}.$$

(1) ifadəsində $i = dq / dt$ olduğunu nəzərə alsaq,

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{CL} = 0$$

olar.

$$\frac{R}{L} = 2\beta \quad \text{və} \quad \frac{1}{LC} = \omega_0^2 \quad \text{əvəzləmələrini aparsaq, yaza bilərik:}$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\beta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0.$$

(2) ifadəsi *sönən elektromaqnit rəqsinin diferensial tənliyidir*. Burada β - sönmə əmsalı, ω_0 - sistemin məxsusi rəqsinin dairəvi tezliyidir.

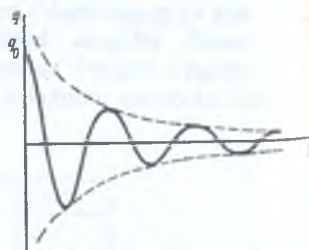
Sistemin məxsusi rəqsinin periodu T_0 Tomson düsturu ilə təyin edilir:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}.$$

(2) tənliyinin həlli $\omega_0^2 - \beta^2 = \omega^2$ ifadəsinin işarəsindən asılıdır. Burada ω -sönən rəqsin dairəvi tezliyidir. Əgər $\omega^2 > 0$ -dırsa, onda ω - həqiqi ədəd olar və (2) tənliyinin həlli

$$q = q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0) \quad (3)$$

şəklində olar. Burada, q_0 -kondensatorun köynəklərindəki yükün maksimal (amplitud) qiymətidir. (3) funksiyasının qrafiki şəkil 27.2-də verilmişdir. $q = \pm q_0 \exp(-\beta t)$ funksiyası rəqsin amplitudunun dəyişmə qanununu ifadə edir və qrafikdə qırıq xətlərlə göstərilmişdir. Əgər $\omega_0^2 < 0$ olarsa, rəqs alınmaz və kondensatorun boşalması qeyri-periodik olar.



Şəkil 27.2

(3) tənliyindən gərginliyin və cərəyan şiddətinin konturda dəyişmə qanunlarını almaq olar:

$$U = \frac{q}{C} = \frac{q_0}{C} e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0) = U_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0), \quad (4)$$

$$I = \frac{dq}{dt} = -q_0 e^{-\beta t} [\beta \cos(\omega t + \varphi_0) + \omega \sin(\omega t + \varphi_0)]. \quad (5)$$

$\omega = 2\pi / T$ olduğundan, $\omega_0^2 - \beta^2 = 4\pi^2 / T^2$ yazmaq olar. $\omega_0^2 = 1 / LC$ olduğunu da nəzərə alsaq, rəqsi xarakterizə edən kəmiyyətlərlə tutum arasındakı asılılığı

$$C = [L(4\pi^2 / T^2 + \beta^2)]^{-1}, \quad (6)$$

kimi yazmaq olar.

Rəqsin sönmə tezliyi, sönmə əmsalı β ilə təyin olunur: β nə qədər çox olarsa, rəqsin amplitudu da o qədər tez azalar. Rəqsin sönmə dərəcəsi, sönmənin loqarifmik dekrementi λ adlanan adsız kəmiyyətlə də xarakterizə olunur. Sönmənin loqarifmik dekrementi, zamana görə bir period qədər fərqlənən iki rəqsin amplitudlarının nisbətinin natural loqarifminə bərabərdir:

$$\lambda = \ln[A(t) / A(t+T)], \quad (7)$$

və ya

$$\lambda = \ln \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}} = \ln e^{\beta T} = \beta T.$$

Buradan

$$\beta = \lambda / T. \quad (8)$$

(7) və (8) ifadələrini (6)-da yerinə yazsaq, tutum üçün

$$C = \left\{ L \left[\left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 + \left(\frac{\ln[A(t) / A(t+T)]}{T} \right)^2 \right] \right\}^{-1} \quad (9)$$

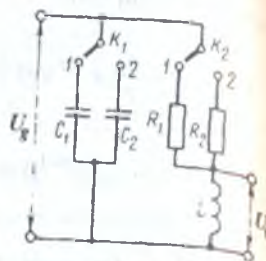
alırıq.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Qurğunun sxemi şəkil 27.3-də göstərilmişdir. Qurğu L induktivlikli makaradan, C_1 və C_2 tutumlu kondensatordan R_1 və R_2 müqavimətlərindən ibarətdir.

K_1 açarının köməyiylə C_1 və C_2 kondensatorlarını, K_2 açarının köməyiylə R_1 və R_2 müqavimətlərini növbə ilə rəqs konturuna qoşmaq olur. Beləliklə, verilmiş qurğu müxtəlif parametrlərə malik olan dörd rəqs konturu almağa imkan verir.

Kondensatora elektron ossilloqrafının çevirici generatorundan mişarabənzər gərginlik U_K verilir. Çıxış signalı U_C isə, induktiv makaradan götürülərək, ossil-qrafın girişinə verilir. Ossilloqrafın ekranında sönən elektromaqnit rəqsinin qrafiki alınır.



Şəkil 27.3

İŞİN GEDİŞİ

1. K_1 və K_2 açarını I vəziyyətinə qoymalı və LC_1R_1 rəqs konturunu almalı;
2. ossilloqrafi dövrəyə qoşaraq, ekranda sönən rəqslərin dayanıqlı mənzərəsini almalı. Alınmış əyrini millimetrlı kağızda çəkməli;
3. ekranda x məsafəsini və signalın açılma müddətini k ölçərək (32 №-li laboratoriya işinə bax), rəqsin periodunu T təyin etməli;
4. bir neçə cüt ardıcıl $A(t)$ və $A(t+T)$ amplitudlarının qiymətlərini ölçüb, hər cüt amplitud üçün sönmənin loqarifmik dekrementini λ , sönmə əmsalını β və kondensatorun tutumunu C təyin etməli [(7), (8) və (9) düsturlarına bax]. λ və β -nin orta qiymətlərini hesablamalı;
5. ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl I-də göstərməli;

Cədvəl I

Kon-tur	x , sm	K mks/sm	T , s	$A(t)$, Mm	$A(t+T)$, mm	λ	β , s ⁻¹	C , Φ	$\langle C \rangle$, Φ

6. K_1 və K_2 açarlarının vəziyyətlərini dəyişməklə, uyğun ölçmə və hesablamaları LC_1R_2 , LC_2R_1 və LC_2R_2 rəqs konturları üçün də aparmalı;
7. C_1 və C_2 -nin orta qiymətlərini hesablamalı;
8. təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər
Həll etməli [5], 1.86, 1.92.
Ədəbiyyat: [1], § 18.1;
[2], r.1, § 57;
[4], § 178.

LABORATORİYA İŞİ № 28

DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ İNDUKTİVLİYİN VƏ TUTUMUN ÖLÇÜLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: induktivlik makarası, kondensator, gərginlik tənzimləyicisi, voltmetr, milliampmetr, birləşdirici naqillər

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Dəyişən cərəyan dedikdə, qiyməti və istiqaməti zamana görə ixtiyari qanunla dəyişən cərəyan başa düşülür. Ancaq, çox zaman dəyişən cərəyanı dedikdə, zamana görə harmonik qanunla dəyişən cərəyan başa düşülür. Kvazistasionar cərəyan halında cərəyanın dəyişməsi kifayət qədər kiçik olduğundan, budaqlanmamış dövrənin ixtiyari kəsiklərində cərəyan şiddətinin ani qiymətləri eyni olur. Kvazistasionar cərəyanın ani qiyməti üçün Om qanunu və Kirxhof qaydası ödənilir, lakin dövrənin müqaviməti cərəyanın dəyişmə tezliyindən asılı olur.

Dəyişən cərəyan dövrəsində omik müqavimətin, induktivliyin və kondensatorun olduğu halda, onda gedən proseslərə baxaq.

1. Dəyişən cərəyan dövrəsində omik müqavimət.

Əvvəlcə fərz edək ki, dəyişən cərəyan mənbəyi, induktivliyi və tutumu nəzərə alınma bilməyəcək dərəcədə kiçik olan ($L, C \rightarrow 0$) R müqavimətli xarici dövrəyə qoşulmuşdur (şəkil 28.1). Dövrədə

$$I = I_0 \sin \omega t \quad (1)$$

qanunu ilə dəyişən cərəyanın olduğunu qəbul edək. Bu zaman dövrədə gərginliyin U_R hansı qanunla dəyişdiyini tapaq.

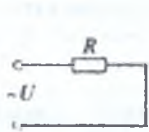
Dövrəyə Om qanununu tətbiq etsək,

$$U_R = IR = I_0 R \sin \omega t = U_{R_0} \sin \omega t \quad (2)$$

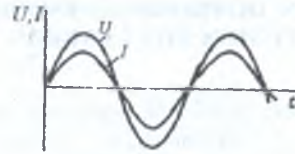
alarıq. Burada $U_{R_0} = I_0 R$ – gərginliyin amplitud qiymətidir. Beləliklə, dövrədəki gərginlik də sinus qanunu ilə dəyişər. Cərəyanın və gərginliyin rəqsləri arasındakı fazalar fərqi sıfıra bərabər olur (şəkil 28.2). Ona görə də gərginlik və cərəyan şiddəti eyni anda maksimum qiymətlərini alırlar.

Gərginliyin maksimum qiyməti U_{R_0} -a, cərəyanın maksimum qiyməti I_0 -a bərabərdir.

Bəzən, harmonik rəqsləri qrafik yolla toplamaq analitik üsuldən xeyli sadə olur. Bunun üçün vektor diaqramlarından istifadə edirlər.



Şəkil 28.1



Şəkil 28.2



Şəkil 28.3

Harmonik rəqsi bərabərsürətlə fırlanan vektorun proyeksiyası kimi təsvir etmək olur. Fərz edək ki, I_0 uzunluqlu vektor saat əqrəbinin əks istiqamətində ω bucaq sürəti ilə bərabərsürətlə fırlanır. Onda I_0 vektorunun dönmə bucağı $\varphi = \omega t + \alpha$ olar, burada α kəmiyyəti başlanğıc halda ($t=0$) φ bucağının qiymətidir. Baxılan I_0 vektorunun X oxu üzrə proyeksiyası $I_x = I_0 \cos(\omega t + \alpha)$ və X oxuna perpendikulyar olan Y oxu üzrə proyeksiyası $I_y = I_0 \sin(\omega t + \alpha)$ qanunu ilə dəyişər. Beləliklə, rəqsin məlum və sabit ω tezliyində tam mənası ilə harmonik rəqsi təyin edə bilərik. Bunun üçün verilmiş X istiqaməti ilə α bucağı əmələ gətirən və uzunluğu I_0 olan vektor çəkmək lazımdır.

İndi bu üsulu baxdığımız hala tətbiq edək. Diaqramın oxunu elə seçək ki, cərəyanın rəqsini göstərən vektor, həmin ox boyunca yönəlmiş olsun (şəkil 28.3). Bu oxu "cərəyanlar oxu" adlandırırlar. Onda gərginliyin rəqslərini göstərən vektor, cərəyanlar oxu boyunca yönəlir. Çünki, cərəyanla gərginlik arasında fazalar fərqi yaranmır. Bu vektorun uzunluğu gərginliyin amplituduna ($I_0 R$) bərabər olar.

2. Dəyişən cərəyan dövrəsində induktivlik.

Fərz edək ki, dəyişən cərəyan dövrəsinə yalnız induktivlik daxil edilmişdir (şəkil 28.4). Dəyişən cərəyan halında, elektromaqnit induksiya qanununa görə, induktiv sarğacda öz-özünə induksiya e.h.q yaranır. Onda Om qanununa görə

$$U = IR - \mathcal{E}$$

Baxdığımız hal üçün $R=0$ və induksiya e.h.q-nin

$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$$

qanununu nəzərə alsaq,

$$U = L \frac{dI}{dt} \quad (3)$$

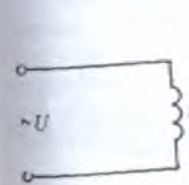
Dövrədə cərəyan şiddəti (1) münasibətilə ifadə olunduğundan, onun maksimuma görə törəməsini tapaq:

$$\frac{dI}{dt} = I_0 \omega \cos \omega t.$$

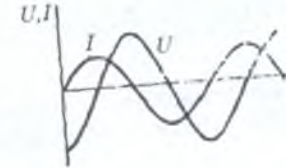
Aldığımız düsturu (3)-də yerinə yazsaq,

$$U = I_0 \omega L \cos \omega t = I_0 \omega L \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \quad (4)$$

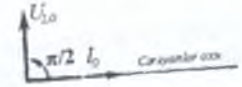
olar. (1) və (4)-ün müqayisəsindən görünür ki, dəyişən cərəyan dövrəsində induktivlik olduqda, gərginliyin rəqsləri cərəyanın rəqslərini fazaca $\pi/2$ qədər qabaqlayır (şəkil 28.5). Cərəyan şiddəti sıfırdan keçdikdə, gərginlik maksimuma çatır, sonra isə, azalmağa başlayır. Cərəyan şiddəti maksimum olduqda isə, gərginlik sıfıra bərabər olur.



Şəkil 28.4



Şəkil 28.5



Şəkil 28.6

Fazalar fərqi əmələ gəlməsinin fiziki səbəbini aydınlaşdırmaq. Dövrə hissəsinin müqaviməti sıfıra bərabər olduqda, verilən gərginlik öz-özünə induksiya e.h.q-ni tamamilə tarazlaşdırır ($U = -\mathcal{E}$). İnduksiya e.h.q-nin cərəyanın dəyişmə sürətilə mütənasib olduğundan, induksiya e.h.q-nin

maksimumu cərəyanın sıfır qiymətinə (cərəyanın dəyişmə sürətinin maksimumuna) uyğun olur və əksinə.

(4) ifadəsindən görünür ki, gərginliyin amplitudu

$$U_{I_0} = I_0 \omega L$$

olur. Onda Om qanununa görə

$$X_L = \omega L$$

dövrə hissəsinin müqaviməti rolunu oynayır. X_L - induktivliyin zahiri müqaviməti adlanır. İnduktiv müqavimətdə enerji itkisi baş vermir. Belə müqavimət reaktiv müqavimət adlanır. Şəkil 28.6-da alınmış nəticələr vektor diaqramı vasitəsilə göstərilmişdir. Burada gərginliyin rəqsini göstərən vektor cərəyanlar oxuna nəzərən müsbət istiqamətdə (saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətinin əksinə) $\pi/2$ bucaq qədər dönmüşdür, onun uzunluğu gərginliyin $I_0 \omega L$ amplituduna bərabərdir.

3. Dəyişən cərəyan dövrəsində tutum.

Nəhayət, üçüncü xüsusi hala baxaq. Tutaq ki, dövrənin baxılan hissəsinə C tutumlu kondensator daxil edilmişdir (şəkil 28.7). Bu hissənin müqavimətini və induktivliyini nəzərə alırıq. Bu halda gərginliyin hansı qanunla dəyişdiyini araşdıraq. Kondensatorun köynəklərindəki gərginlik $U_C = q/c$ olar. Cərəyan şiddəti isə, $I = dq/dt$ olduğundan

$$q = \int I dt$$

olar. Dövrədə cərəyan şiddəti $I = I_0 \sin \omega t$ qanunu ilə dəyişdiyini nəzərə alsaq,

$$q = \int I_0 \sin \omega t dt = -\frac{I_0}{\omega} \cos \omega t + C_1$$

alırıq. İntegrallama sabiti C_1 kondensatorun cərəyanının rəqsləri ilə əlaqəsi olmayan ixtiyari sabit yükü göstərdiyindən $C_1 = 0$ götürürük. Onda,

$$U_C = -\frac{I_0}{\omega C} \cos \omega t = \frac{I_0}{\omega C} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (6)$$

alırıq. (1) və (6)-nın müqayisəsindən görünür ki, kondensatorda gərginliyin rəqsi cərəyanın rəqsindən fazaca $\pi/2$ qədər geri qalır. Cərəyanın və gərginliyin zamana görə dəyişmə qrafiki şəkil 28.8-də göstərilmişdir.

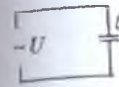
Kondensatorda gərginliyin amplitudu

$$U_{C_0} = I_0 \frac{1}{\omega C}$$

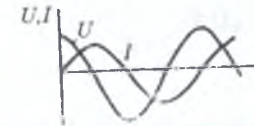
Bu ifadəni Om qanunu ilə müqayisə etsək,

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (7)$$

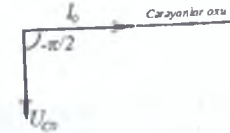
dövrənin baxılan hissəsinin müqaviməti rolunu oynayır. Bu kəmiyyət tutumun zahiri müqaviməti adlanır. Tutum müqaviməti də induktiv müqaviməti kimi, heç bir enerji itkisi yaratmadığından reaktiv müqavimətdir.



Şəkil 28.7



Şəkil 28.8

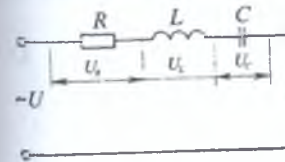


Şəkil 28.9

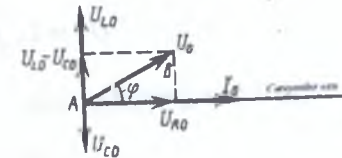
Alınan nəticələr şəkil 28.9-da vektor diaqramı vasitəsilə göstərilmişdir. Burada gərginliyin rəqslərini göstərən vektor, cərəyanlar oxuna nəzərən $\pi/2$ bucağı qədər saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində (mənfi istiqamətdə) dönmüşdür. Bu vektorun uzunluğu gərginliyin amplituduna U_{C_0} bərabərdir.

4. Dəyişən cərəyan dövrəsində omik, induktiv və tutum müqavimətləri.

İndi isə müqavimətin, induktivlik makarasının və kondensatorun dəyişən cərəyan dövrəsində ardıcıl birləşməsi halına baxaq (şəkil 28.10) və fərz edək ki, dövrədə cərəyan (1) qanunu ilə dəyişir. Bu hal üçün cərəyanla gərginliyin rəqsləri arasındakı əlaqəni tapaq. Naqillər ardıcıl birləşdirildiyindən, axtarılan U gərginliyi üç gərginliyin-müqavimətdəki U_R , induktivlik makarasındakı U_L və kondensatordakı U_C gərginlik



Şəkil 28.10



Şəkil 28.11

düşgülərinin cəminə bərabərdir.

Bu üç harmonik rəqsi toplamaq üçün vektor diaqramından istifadə edək (şəkil 28.11). Bu diaqramda müqavimətdəki gərginliyin rəqsləri cərəyanlar oxu boyunca yönəlmiş və uzunluğu $U_{R_0} = I_0 R$ olan U_{R_0} vektoru ilə, kondensatordakı və induktivlikdəki gərginliklərin rəqsləri isə, cərəyan oxuna perpendikulyar olan və uzunluqları uyğun olaraq, $U_{C_0} = I_0 / \omega C$ və $U_{L_0} = I_0 \omega L$ -ə bərabər olan vektorlar ilə göstərilir. Axırncı əks fazalı iki rəqsi toplasaq, bir harmonik rəqs alırıq ki, o da cərəyanlar oxuna perpendikulyar və uzunluğu

$$U_r = I_0 \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

olan U_r vektoru ilə təsvir olunur.

Beləliklə, dövrənin tam gərginliyinə, fazaca cərəyanın üzərinə düşən U_R gərginliyi ilə, fazaca ondan $\pi/2$ qədər fərqlənən U_r gərginliyindən ibarət iki harmonik rəqsin cəmi kimi baxmaq olar. Onlardan birincisi (U_R) *gərginliyin aktiv toplananı*, ikincisi isə (U_r) *reaktiv toplananı* adlanır. Bu iki rəqsin cəmi yenə də harmonik rəqs verir

$$U = U_0 \sin(\omega t + \varphi). \quad (8)$$

Vektor diaqramından göründüyü kimi, yekun dərginlik vektorunun uzunluğu gərginliyin U_0 amplituduna, yekun vektorun cərəyanlar oxu ilə əmələ gətirdiyi bucaq isə, φ başlanğıc fazasına bərabərdir. Şəkil 28.11-dəki gərginlik üçbucağına Pifaqor teoremini tətbiq etsək,

$$U_0^2 = U_{R_0}^2 + (U_{L_0} - U_{C_0})^2$$

Buradan ayrı-ayrı gərginlik düşgülərinin amplitud qiymətlərini nəzərə alsaq:

$$U_0 = I_0 \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (9)$$

alırıq. Şəkildən göründüyü kimi

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}. \quad (10)$$

(9) münasibəti Om qanununa oxşayır; gərginliyin amplitudu U_0 cərəyanın amplitudu I_0 ilə düz mütənəsidir. Bu düsturu bəzən dəyişən cərəyan üçün Ohm qanunu adlandırırlar. Ancaq, yadda saxlamaq lazımdır ki, bu düstur gərginlik və cərəyanın ani qiymətləri üçün yox, onların yalnız amplitudlarına aiddir.

Sabit cərəyan halına oxşar olaraq, dəyişən cərəyan halında dövrənin müqaviməti

$$Z = \frac{U_0}{I_0} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (11)$$

kimi təyin olunur.

Buna müvafiq olaraq, dövrənin aktiv müqaviməti

$$R = \frac{U_R}{I_0}$$

sabit cərəyan üçün dövrənin müqavimətinə bərabərdir. Aktiv müqavimət naqillərdə elektronların sürünməsinin nəticəsidir. Bu müqavimətin varlığı Coul-Lens istiliyinin ayrılmasına səbəb olur.

Dövrənin reaktiv (passiv) müqaviməti

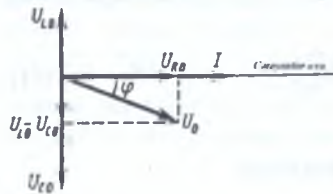
$$y = \frac{U_r}{I_0} = X_L - X_C$$

induktivliyin və tutumun (dəyişən cərəyan dövrlərində yaratdıqları) zahiri müqavimətləri fərqi bərabərdir.

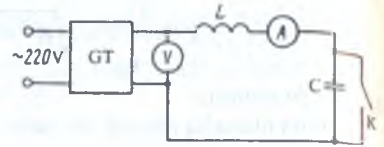
(10) münasibətindən görünür ki, əgər $X_L > X_C$ olarsa, $\varphi > 0$ olar və yekun gərginlik cərəyan şiddətini fazaca φ bucağı qədər qabaqlayır (şəkil 28.11). Əgər $X_L < X_C$ olarsa, $\varphi < 0$ olar və dövrdə yekun gərginlik cərəyan şiddətindən fazaca φ bucağı qədər geri qalar. Onda vektor diaqramı şəkil 28.12-dəki kimi olar. (9) və (1) düsturları vasitəsilə dəyişən cərəyan dövrəsinin müxtəlif parametrlərini təyin etmək olur. Bu işdə dəyişən cərəyan dövrəsində induktivlik və tutumun təyin edilməsindən bəhs edilir.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Qurğunun sxemi şəkil 28.13-də verilmişdir. Elektrik dövrəsinə ardıcıl olaraq induktiv makara L , kondensator C , rezistor R və ampermetr A qoşulmuşdur. Gərginlik tənzimləyicisindən (GT) dövrəyə gərginlik verilir və



Şekil 28.12



Şəkil 28.13

voltmetrlə V ölçülür. Kondensatora paralel olaraq açar K qoşulmuşdur. Açar bağlı olduqda, kondensatordan cərəyan keçmir və dövrənin ümumi müqaviməti aktiv müqavimətlə induktiv müqavimətdən asılı olur.

İŞİN GEDİŞİ

1. Açıyı bağlayaraq, dövrəyə gərginlik verməli və cərəyan şiddətini I_1 ölçməli.
2. Açıyı açıq saxlayaraq, cərəyan şiddətini ölçməli.
3. Hesablamalı:
 - a) dövrənin induktiv müqavimətini:

$$X_L = \sqrt{(U / I_1)^2 - R^2};$$

b) makaranın induktivliyini:

$$L = \frac{X_L}{\omega} \quad (\omega = 2\pi f);$$

c) tutum müqavimətini:

$$X_C = X_L \pm \sqrt{(U/I_2)^2 - R^2};$$

ç) kondensatorun tutumunu:

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f(\sqrt{(U/I_1)^2 - R^2} \pm \sqrt{(U/I_2)^2 - R^2})}$$

4. Analoji ölçmə və hesablamaları gərginliyin bir neçə müxtəlif qiymətlərində aparmalı.

5. $\langle L \rangle$ və $\langle C \rangle$ -ni hesablamalı.

6. Ölçmə və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də göstərməli.

7. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

8. Dövrədə müqavimət R və induktivlik L olan halda vektor diaqramını qurmalı:

a) cədvəldən cərəyanın hər hansı bir I , qiyməti üçün, müqavimətdə və induktiv makarada gərginlik düşgünlərinin qiymətlərini tapmalı:

$$U_{R_0} = \sqrt{2} I_1 R, \quad U_{L_0} = \sqrt{2} I_1 X_L;$$

b) yekun gərginliyi, cərəyan şiddətilə gərginlik arasındakı faza sürüşməsinə φ tapmalı və vektor diaqramını qurmalı

$$\varphi = \arctg \frac{X_L}{R}.$$

9. Dövrədə müqavimət R , induktivlik L və kondensator C olduğu halda, cərəyan şiddətilə gərginlik arasındakı faza sürüşməsinə tapmalı və vektor diaqramını qurmalı.

Cədvəl 1

$U,$ V	$I_1,$ A	$I_2,$ A	$X_L,$ Ωm	$L,$ Hn	$\langle L \rangle,$ Hn	$X_C,$ Ωm	$C,$ F	$\langle C \rangle,$ F

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.133, 3.135, 3.137.

Ədəbiyyat: [1], § 18.2-18.4;

[2], t.1, § 43,44;

[4], § 170-176.

EKVİVALENT ELEKTRİK SXEMLƏRİNİN
İMPEDANSININ TƏYİNİ

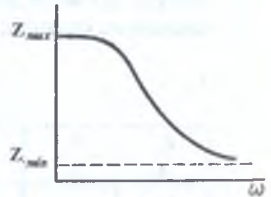
Cihazlar və ləvazimatlar: ikişüallı elektron ossilloqrafı, səs tezlikli generator, təcrübə aparmaq üçün qurğu

NƏZƏRİ MƏLUMAT

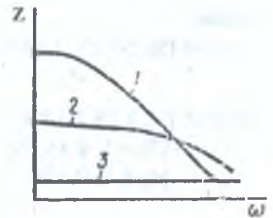
Canlı toxumalar toxuma mayesi ilə əhatə olunmuş hüceyrələrdən ibarətdir. Hüceyrənin sitoplazması və toxuma mayesi elektrolitlərdir ki, onlar da cərəyanı pis keçirən membran vasitəsilə bir-birindən ayrılmışlar. Belə sistemlər statik və polyarlaşma tutumlarına malikdirlər. Polyarlaşma tutumu, sabit elektrik cərəyanının elektrolitdən keçdikdə yaratdığı elektrokimyəvi polyarlaşmanın nəticəsidir. Polyarlaşma tutumu, cərəyanın şiddətindən və onun keçmə müddətindən asılıdır. Müasir məlumatlara görə, canlı toxumalar induktivliyə malik deyillər. Yəni, orqanizmdə elə sistem yoxdur ki, induktiv makaraya oxşar olsun. Ona görə, də orqanizmin induktivliyi sıfıra yaxındır. Bioloji membranlar və beləliklə də, orqanizm bütövlükdə tutum xassəsinə malik olduğundan onun impedansı yalnız, omik (aktiv) və tutum müqavimətləri ilə təyin olunur. Bioloji sistemlərdə tutum elementlərinin -"canlı kondensatorların" olması, cərəyan şiddətinin fazaca gərginliyi qabaqlaması ilə də təsdiq olunur.

Dəyişən cərəyan canlı toxumalardan keçdikdə, elektrik keçiriciliyinin dispersiyası müşahidə edilir. Toxumanın tam müqaviməti və beləliklə də, onun keçiriciliyi cərəyanın tezliyindən asılı olur. Cərəyanın tezliyi azaldıqca, toxumanın tam müqaviməti (impedansı) müəyyən maksimum z_{max} qiymətə qədər artır. Tezlik artdıqca tam müqavimət müəyyən minimum z_{min} qiymətə qədər azalır. Əzələnin impedansının tezlikdən asılılıq qrafiki şəkil 29.1-də göstərilmişdir.

Canlı toxumanın elektrik keçiriciliyinin dispersiyası, tutum müqavimətinin tezlikdən asılılığının və polyarlaşma tutumunun təsirinin nəticəsidir ki, alçaq tezliklərdə daha güclü olmaqla, tezlik artdıqca zəifləmiş olur.



Şəkil 29.1



Şəkil 29.2

Elektrik keçiriciliyinin dispersiyası yalnız canlı toxumalara xasdır. Toxumalar öldükcə, $z(\omega)$ asılılığının ayrılığı azalmış olur. Şəkil 29.2-də toxumaların müqavimətinin tezlikdən asılılığı göstərilmişdir. Şəkil 29.2-də 1-ci ayrı canlı toxumanın, 2-ci ayrı zədələnmiş toxumanın, 3-cü ayrı, isə ölmüş toxumanın müqavimətlərinin tezlikdən asılılıq qrafikini göstərir.

Toxumaların elektrik keçiriciliyinin öyrənilməsi konservləşdirilmiş toxumaların həyatı keyfiyyətinin təyində və transplantasiya cərrahiyyəsində geniş istifadə olunur. Onun vasitəsilə konservləşdirilmiş dərinin, sümüyün, gözün buynuz təbəqəsinin və s. həyat fəaliyyəti qiymətləndirilir.

Cərəyan şiddəti ilə gərginlik arasındakı faza sürüşməsinin böyük olması bioloji obyektlərə xasdır. Bu da, tam müqavimətdə tutum müqavimətinin payının çox olmasından xəbər verir. Məsələn, 1 kHs tezlikdə insanın dərisi üçün faza sürüşməsi 55°-dir.

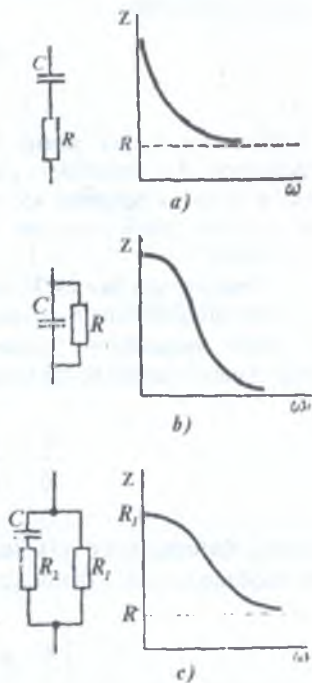
Canlı orqanizmin impedansı onun fizioloji halından asılıdır. Orqan və toxumaların müqaviməti onların qan ilə təchiz olunmasından asılıdır ki, bu da xəstəliyə diaqnoz qoyuluşunda istifadə olunur. İmpedansın ölçülməsinə əsaslanan diaqnostik metod reografiya adlanır.

Canlı toxumanın impedansını ekvivalent elektrik sxemlərinin köməyiylə modeləşdirmək olur. Şəkil 29.3a,b,c-də belə sxemlərdən üçü verilib və verilmiş sxemlərə uyğun, müqavimətin tezlikdən asılılıq qrafikləri göstərilmişdir. Qrafiklərin müqayisəsindən görünür ki, canlı toxumanın impedansına daha yaxın olan $z(f)$ ($f = \omega/(2\pi)$) asılılığı c) sxeminə uyğundur.

Şəkil 29.3a-dakı ekvivalent elektrik sxeminə görə, omik və tutum müqavimətləri ardıcıl birləşdirilmişdir. Bu halda impedansın tezlikdən asılılığı

$$Z = \sqrt{R^2 + 1/(\omega C)^2} \quad (1)$$

düsturu ilə ifadə olunur. Qrafikdən görünür ki, tezlik sıfıra yaxınlaşanda tam müqavimət sonsuzluğa yaxınlaşır və bu nəticə təcrübənin nəticələri ilə



Şəkil 29.3

ziddiyyət təşkil edir. Yəni, bu sxemə görə alırıq ki, sabit cərəyan halında müqavimət sonsuzluğa bərabər olur. Ancaq, təcrübə göstərir ki, $\omega \neq 0$ olduqda, müqavimət sonlu qiymətə malikdir (şək.29.-ə bax). Şəkil 29.3b-dəki ekvivalent elektrik sxeminə görə omik və tutum müqavimətləri paralel birləşdirilmişdir. Onda imperadsın tezlikdən asılılığı aşağıdakı kimi olar

$$Z = \frac{1}{\omega C + 1/R}. \quad (2)$$

(2) ifadəsindən alırıq ki, tezlik sonsuzluğa yaxınlaşanda, tam müqavimət sıfıra yaxınlaşır. Bu nəticə də təcrübənin nəticəsilə (şəkil 29.1-ə bax) uzlaşır. Həqiqətdə isə, böyük tezliklərdə bioloji toxumalar müəyyən müqavimətə malik olurlar. Beləliklə, 29.3b-dəki birləşmə də özünü doğrultmur.

Nəhayət, axırıncı 29.3c şəklindəki ekvivalent elektrik sxeminə omik və tutum müqavimətləri qarışıq şəkildə birləşdirilmişdir. Bu birləşməyə görə R_2 omik müqaviməti, tutum müqavimətilə ($1/\omega C$) ardıcıl, R_1 omik müqavimətilə paralel birləşdirilmişdir. Belə birləşmədə tam müqavimət

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + 1/\omega C} \quad (3)$$

düsturu ilə hesablanır. (3) ifadəsindən görünür ki, $\omega=0$ olduqda, $Z=R_1$, $\omega=\infty$ olduqda isə, $X_C=0$ olduğundan, sxemin tam müqaviməti

$$Z = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

düsturu ilə təyin olunur. (4) ifadəsinə görə tam müqavimət tezliyin böyük qiymətlərində sonlu qiymət alar. Beləliklə, 29.3c ekvivalent elektrik sxemi əvvəlki 29.3a və 29.3b ekvivalent elektrik sxemlərinə nəzərən ən uğurlu model olmaqla, tam müqavimətin tezlikdən asılılığın xarakterini düzgün ifadə edir.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Canlı toxumaların ekvivalent sxemlərin impedansını ölçmək üçün işlədilən qurğunun sxemi şəkil 29.4-də göstərilmişdir. K açarının köməyiylə üç ekvivalent sxemlərdən birini dövrəyə qoşmaq olur. Onlara ardıcıl olaraq R_D müqavimətli əlavə rezistor da qoşulur.

Ekvivalent sxem və əlavə rezistor dövrəyə ardıcıl qoşulduqlarından, onlardakı cərəyan şiddətləri bərabərdir.

Ekvivalent sxemdəki gərginliyi U_Z , rezistordakı gərginliyi U_R , ekvivalent sxemin impedansını Z , dövrədəki cərəyan şiddətini I ilə işarə edək. Om qanununa görə $U_Z = IZ$, $U_R = IR_D$, buradan $Z = U_Z/I$, $I = U_R/R_D$ olduğundan

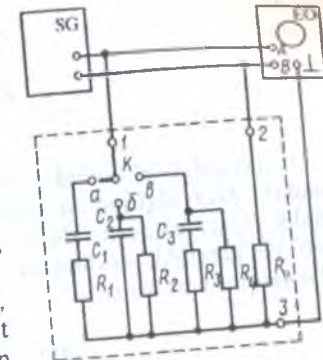
$$Z = \frac{U_Z R_D}{U_R}. \quad (5)$$

Sxemin girişinə səs generatorundan gərginlik verilir. Sxemə verilən signalın tezliyini dəyişmək mümkündür. Gərginliyin amplitud qiymətini ölçmək üçün iki kanallı ossilloqrafdan istifadə olunur. Ossilloqrafda eyni zamanda həm ekvivalent sxemlərdən birindəki gərginlik (A kanalı), və həm də, əlavə rezistordakı gərginlik (B kanalı) müşahidə edilir.

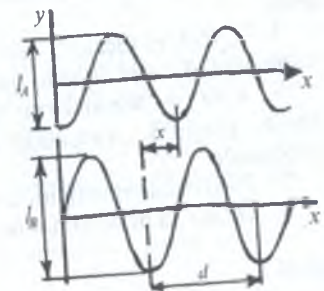
Qurğunun girişinə gərginlik verdikdə, ossilloqrafın ekranında iki sinusoidal ayrı müşahidə olunur (şəkil 29.5). Siqnalın ikiqat amplitudlarını I_A və I_B ölçüb, ossilloqrafın uyğun kanallarının həssaslığını S_A və S_B bilərək, gərginliyi tapmaq olar

$$U_Z = \frac{I_A}{2S_A}, \quad U_R = \frac{I_B}{2S_B}.$$

Bu münasibətləri (1) düsturunda yerinə yazsaq, alırıq



Şəkil 29.4



Şəkil 29.5

$$Z = \frac{l_A S_B}{l_B S_A} R_D.$$

Əgər $S_A = S_B$ -dirsə,

$$Z = \frac{l_A}{l_B} R_D$$

(6)

olar.

Ossilloqrafın ekranında alınan əyriyə görə, cərəyanla gərginlik arasındakı faza sürüşməsinə təyin etmək olar (şəkil 29.5). Rezistordakı gərginlik fazaca cərəyan şiddəti ilə üst-üstə düşdüyündən, sxemdə cərəyan şiddəti ilə gərginlik arasındakı fazalar fərqi, alınmış əyriyə arasındakı fazalar fərqinə bərabər olar:

$$\varphi = \frac{2\pi x}{d},$$

(7)

burada d -əyrinin eyni fazalı iki qonşu nöqtələri arasındakı məsafə, x -isə, müxtəlif əyriyənin eyni fazalı iki nöqtələri arasındakı məsafədir.

İŞİN GEDİŞİ

1. K açarını a vəziyyətinə qoymalı.
2. Səs generatorunu və ossilloqrafı dövrəyə qoşmalı.
3. Səs generatorunda tezliyi f seçməli.
4. $S_A = S_B$ şərti daxilində ossilloqrafın ekranında dayanıqlı mənzərə almalı.
5. l_A və l_B -ni ölçərək, α ekvivalent sxem üçün (2)-yə görə impedansı Z hesablamalı. R_D -nin qiyməti qurğunun üzərində göstərilir.
6. x və d məsafələrini ölçməklə, a) ekvivalent sxem üçün cərəyan şiddətilə gərginlik arasındakı faza sürüşməsinə φ (3) düsturuna görə hesablamalı.
7. 3)-6) əməllərini 10 müxtəlif tezliklər üçün təkrar aparmalı.
8. Ölçmə və hesablamanın nəticələrini cədvəl 1-də göstərməli.

Cədvəl 1

f, Hz	l_A, mm	l_B, mm	Z, Om	d, mm	x, mm	φ, rad

9. a) ekvivalent sxemi üçün $Z = F_1(f)$ və $\varphi = F_2(f)$ asılılığını qurmalı.
10. Oxşar ölçmə və hesablama digər iki b) və c) ekvivalent sxemləri üçün də aparmalı.

11. Alınan qrafikləri canlı toxumaların impedansının tezlik xarakteristikaları (şəkil 29.1-ə bax) ilə müqayisə etməli.
12. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.139-3.141.

- Ədəbiyyat: [1], § 18.2-18.4;
[2], r.1, § 43.44;
[3], § 170-176.

LABORATORİYA İŞİ № 30

DİPOLUN ELEKTRİK SAHƏSİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

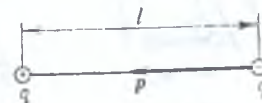
Cihazlar və ləvazimatlar: voltmetr, dipol, su ilə doldurulmuş vanna, millimetrli tor

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Bir-birindən müəyyən məsafədə yerləşən, qiymətə bərabər, işarəyə əks olan iki nöqtəvi yüklər sistemi elektrik dipolu (və ya sadəcə dipol) adlanır. Elektrik dipoluna biz tez-tez rast gəlirik. Məsələn, elektrik sahəsində yerləşən keçirici kiçik cisimlərə dipol kimi baxmaq olur. Çünki, elektrik sahəsinin təsirilə cismin uclarında ədədi qiymətə bərabər, işarəyə əks olan induksiya yükləri yaranır. Buna oxşar olaraq, elektrik sahəsində yerləşən kiçik ölçülü dielektriklərdə də işarəyə əks, qiymətə bərabər yüklər yaranırdığından, onlara da dipol kimi baxmaq olur. Nəhayət, bir çox molekular müsbət və mənfi ionlardan təşkil olunmuşdur ki, onların mərkəzləri bir-birinin üzərinə düşürlər. Belə molekullara da bir çox hallarda elektrik dipolu kimi baxmaq olur.

Dipolun əsas xarakteristikası onun momentidir. Dipol momenti $\vec{P}$, dipolun yükünün, yüklər arasındakı məsafəyə (dipolun qoluna) hasilinə bərabər olan və mənfi yükə doğru yönəlmiş vektordur (şəkil 30.1)

$$\vec{P} = q\vec{l}$$



Şəkil 30.1

Dipol özü də elektrik sahəsinin mənbəyidir. Onun özündən r məsafədə yaratdığı sahənin potensialını tapaq. Dipolun yüklərindən r və r_1 məsafədə yerləşən A nöqtəsində sahənin potensialı, dipolun müsbət və mənfi nöqtəvi yüklərinin həmin nöqtədəki potensiallarının cəbri cəminə bərabərdir (şəkil 30.2):

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r} \right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{r - r_1}{r_1 r},$$

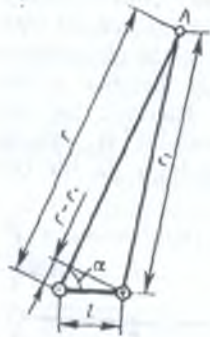
burada ϵ -mühitin dielektrik nüfuzluluğu, ϵ_0 -elektrik sabitidir. Əgər $l \ll r$, $l \ll r_1$ olarsa, onda $r \approx r_1$, $rr_1 \approx r^2$, $r - r_1 \approx l \cos \alpha$ qəbul etmək olar. Bunları yuxarıda nəzərə alsaq:

$$\varphi = \frac{ql \cos \alpha}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{P \cos \alpha}{r^2}, \quad (1)$$

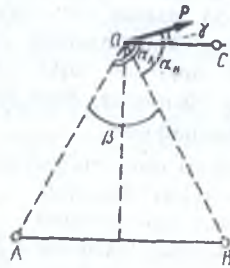
alırıq, burada α bucağı $\vec{P}$ vektoru ilə dipoldan A nöqtəsinə çəkilmiş istiqamət arasındakı bucağıdır.

(1) ifadəsi dipolun özündən r məsafədə yaratdığı sahənin potensialını ifadə edir. Onun bəzi təbiqlərinə baxaq.

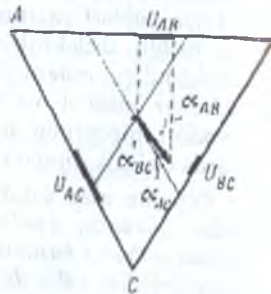
Fərz edək ki, yükləri arasındakı məsafə kiçik olan dipol O nöqtəsində yerləşir (şəkil 30.3). (1) ifadəsinə görə, dipoldan eyni məsafədə, lakin müxtəlif bucaqlar altında yerləşən iki A və B nöqtələrində potensiallar fərqi



Şəkil 30.2



Şəkil 30.3



Şəkil 30.4

$$\varphi_B - \varphi_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{P}{r^2} (\cos \alpha_B - \cos \alpha_A). \quad (2)$$

OC və AB-nin paralelliyindən, $\alpha_A = \gamma + \beta/2 + \pi/2$, $\alpha_B = \gamma - \beta/2 + \pi/2$, olduğundan,

$$\cos \alpha_B - \cos \alpha_A = -2 \sin \left(\frac{2\gamma + \pi}{2} \right) \sin \left(-\frac{\beta}{2} \right) = 2 \sin \frac{\beta}{2} \cos \gamma.$$

Bu ifadəni (2)-də nəzərə alsaq,

$$\varphi_B - \varphi_A = \frac{\sin(\beta/2)}{2\pi\epsilon_0\epsilon r^2} P \cos \gamma \quad (3)$$

olar.

(3) ifadəsindən görünür ki, dipolun sahəsinin iki müxtəlif nöqtəsində potensiallar fərqi (ϵ və r -in verilmiş qiymətlərində), bu nöqtələrin dipoldan görünmə bucağının yarısının sinusu və dipol momentinin həmin nöqtələrə birləşdirən düz xətt üzrə proyeksiyası ilə mütənəsbibdir.

Əgər dipol bərabərtərəfli üçbucağın mərkəzində yerləşərsə, $\beta_{AC} = \beta_{BC} = \beta_{AB}$ olar və onda üçbucağın tərəflərindəki gərginliklərin nisbəti, həmin tərəflər üzrə dipol momentinin proyeksiyalarının nisbətinə bərabər olar

$$U_{AB} : U_{BC} : U_{AC} = P_{AB} : P_{BC} : P_{AC},$$

və ya

$$U_{AB} : U_{BC} : U_{AC} = P \cos \alpha_{AB} : P \cos \alpha_{BC} : P \cos \alpha_{AC}, \quad (4)$$

burada α bucaqları dipolla, üçbucağın uyğun tərəfləri arasındakı bucaqlardır.

P sabit olduğundan, (4) ifadəsi aşağıdakı şəkllə düşər:

$$U_{AB} : U_{BC} : U_{AC} = |\cos \alpha_{AB}| : |\cos \alpha_{BC}| : |\cos \alpha_{AC}|. \quad (5)$$

Gərginlikləri bilməklə, üçbucağın tərəflərinə nəzərən dipolun necə istiqamətləndiyini tapmaq olar. Şəkil 30.4-dən görünür ki,

$$\alpha_{AC} = \pi/3 - \alpha_{AB}, \quad \alpha_{BC} = 2\pi/3 - \alpha_{AB}. \quad (6)$$

(5) münasibətindən alınır ki,

$$U_{AB} = k \cos \alpha_{AB}; \quad U_{AC} \cos \alpha_{AC}; \quad U_{BC} = k \cos \alpha_{BC},$$

burada, k -mütənasiblik əmsalı olmaqla, mühitin xassəsindən, dipol momentindən və üçbucağın ölçülərindən asılıdır. (6)-dan istifadə etməklə, uyğun trigonometrik çevrilmələrdən sonra

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{U_{AC} + U_{BC}}{U_{AC} - U_{BC}} \quad (7)$$

alırıq.

Vakuumda, və ya ideal dielektrlərdə elektrik dipolu uzun müddət saxlanıla bilər. Keçirici mühitlərdə dipolun elektrik sahəsinin təsiri ilə sərbəst yüklər hərəkətə gəlir və dipol neytrallaşır. Dipolu sabit gərginlik mənbəyinə qoşduqda, zəif keçirici mühitlərdə cərəyanın olmasına baxmayaraq, dipol saxlanıla bilər. Belə iki qütblü sistem elektrik dipol generatoru, və ya cərəyan dipolu adlanır.

Elektrik dipol generatoru ilə elektrik dipolu arasındakı oxşarlıq, keçirici mühitdəki elektrik sahəsilə elektrostatik sahə arasındakı ümumi oxşarlığa əsaslanır və beləliklə:

a) keçirici mühitdə cərəyan xətləri elektrostatik sahənin gərginlik xətlərilə üst-üstə düşür (elektrodlar eyni formada olduqda);

b) sahələrin uyğun xarakteristikaları arasındakı asılılıq hər iki halda oxşar tənliliklə ifadə edilir.

Dipol momentinə uyğun olaraq, cərəyan dipolunun momenti üçün də oxşar ifadə yazılır

$$P_c = I \cdot l$$

burada, l - elektrodlar arasındakı məsafə, I isə, cərəyan şiddətidir.

Cərəyan dipolunun yaratdığı sahənin potensialı, (1) ifadəsinə oxşar olaraq, aşağıdakı düsturla ifadə edilir

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\gamma} \frac{P_c \cos \alpha}{r^2}, \quad (8)$$

burada γ -xüsusi elektrik keçiriciliyidir.

Cərəyan dipolu üçün də (4) və (5) ifadələri doğrudur.

Elektrik nöqtəyi-nəzərdən ürəyə cərəyan dipolu kimi baxmaq olar. Ürəyin bir dövr işi zamanı dipolun fəzada vəziyyəti və onun momenti dəyişir. Eynthoven nəzəriyyəsinə görə, ürək-dipol bərabərtərəfli üçbucağın mərkəzində yerləşir. Üçbucağın təpələri şərti olaraq sağ əldə, sol əldə və sol

ayaqda yerləşdiyi qəbul edilir. (4) düsturuna əsasən üçbucağın təpələri arasındakı gərginliyin ölçülməsi, üçbucağın tərəfləri üzrə ürayin dipol momentinin proyeksiyaları arasındakı münasibətləri tapmağa imkan verir. Synthoven nəzəriyyəsi müasir elektrokardiografiyanın əsasını təşkil edir.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Qurğu distillə olunmamış su ilə doldurulmuş (keçirici mühit) iki müstəvi vannadan ibarətdir. Vannalardan birinin üstü açıqdır. Onun dibində millimetrlı ölçü toru yerləşdirilir. Vannanın içərisindəki kiçik metal kürələrə - elektrodlara sabit cərəyan mənbəyindən gərginlik verilir. Bu sistem cərəyan dipolu rolunu oynayır. Kürələr nazik çubuqlara bərkidilərək, iki qarşılıqlı perpendikulyar istiqamətlərdə yerlərini dəyişə bilirlər. Potensiallar fərqi xüsusi şupla təchiz edilmiş voltmetrlə ölçülür.

İkinci vanna qeyri-şəffaf qapaqla örtülmüşdür. Bərabərtərəfli üçbucağın ortasında tərpənməz dipol bərkidilmişdir. Dipola gərginlik vermək və üçbucağın təpələri arasında gərginliyi ölçmək üçün işlədilən sıxaclar vannanın qapağının üzərində yerləşdirilir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Cərəyan dipolunun sahəsinin ekvipotensial xətlərinin qurulması:

- a) açıq vannada bir-birindən 4-6 sm məsafədə elektrodları yerləşirməli;
- b) elektrodlara gərginlik verməli;
- c) elektrodlardan birini voltmetrlə birləşdirməli;
- ç) voltmetrin ikinci qütübü ilə birləşdirilən şupu elektrodların arasındakı məsafənin ortasında yerləşdirib, potensiallar fərqi ölçməli;
- d) şupu hərəkət etdirməklə, eyni potensiallı nöqtələri tapıb, onların koordinatlarını ölçü torunda müəyyən etməli və həmin nöqtələri millimetrlı kağıza köçürməli. Alınan nöqtələri birləşdirərək, ekvipotensial xətləri çəkməli;
- e) potensialın başqa qiymətlərində mərkəzi ekvipotensial xəttin hər iki tərəfində daha dörd ədəd ekvipotensial xətlər qurmali;
- ə) şəkildə dipolun qütblərinin vəziyyətini qeyd etməli və ekvipotensial xətlərə perpendikulyar olmaqla, müsbət yükdən mənfəi yükə doğru yönəlmiş gərginlik xətlərini çəkməli.

2. Bərabərtərəfli üçbucağın tərəflərində potensiallar fərqi təyin etməli:

- a) dipolun elektrodlarını ölçü torunun üzərində çəkilmiş bərabərtərəfli ABC üçbucağının mərkəzində, onun tərəflərindən birinə paralel və bir-birindən 4-6 sm məsafədə yerləşdirməli;
- b) üçbucağın təpələri arasındakı U_{AB} , U_{BC} , U_{AC} potensiallar fərqi ölçməli;

- c) dipolla üçbucağın uyğun tərəfləri arasındakı α_{AB} , α_{BC} , α_{AC} bucaqlarının kosinuslarını təyin etməli;
 ç) ölçmənin nəticəsini cədvəl 1-də qeyd etməli;
 d) (5) münasibətinin ödənildiyini yoxlamalı;
 e) dipolun elektrodlarını ABC üçbucağının hündürlüklərindən birinin boyunca yönəldib b)-d) əməliyyatlarını təkrar etməli.
3. Dipolun vəziyyətini təyin etməli:
 a) qapalı vannada yerləşdirilmiş dipola cərəyan mənbəyindən gərginlik verməli;
 b) üçbucağın təpələri arasındakı U_{AC} və U_{BC} potensiallar fərqi ölçməli;
 c) dipolun qolu ilə üçbucağın AB tərəfi arasındakı bucağı (7) ifadəsinə görə hesablamalı;
 ç) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 2-də qeyd etməli.

Cədvəl 1

U_{AB} V	U_{BC} V	U_{AC} V	$\cos \alpha_{AB}$	$\cos \alpha_{BC}$	$\cos \alpha_{AC}$

Cədvəl 2

U_{AC} V	U_{BC} V	$\lg \alpha_{AB}$	α_{AB} dər.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.33-3.35.

Ədəbiyyat: [1], § 14.2-14.4;

[2], t.1, § 35, t.2, § 140;

[4], § 103-110.

LABORATORİYA İŞİ № 31

ELEKTRON OSSİLLOQRAFININ İŞİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: elektron ossilloqrafı, səs generatoru, gərginlik tənzimləyicisi, voltmetr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Ossilloqraf əsasən:

1. Tezdəyişən proseslərdə gərginliyin və cərəyanın zamandan asılılığını tədqiq etmək;

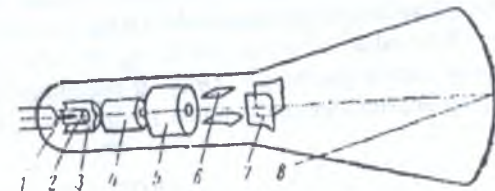
2. iki gərginliyin, və ya iki cərəyanın amplitudalarını müqayisə etmək;
3. iki gərginliyin, iki cərəyanın, və ya gərginliklə cərəyanın fazalarını müqayisə etmək;
4. rəqslərin tezliyini və kiçik zaman fasilələrini ölçmək

istifadə edilir.

Axır zamanlarda elektron ossilloqrafı tibdə də geniş tətbiq olunur. Ossilloqraf vasitəsilə biocərəyan ayrılmasını qeyd edərək, onları ölçmək və yazmaq mümkündür. Məsələn, elektrokardiografin yazan qurğusunu elektron ossilloqrafı vasitəsilə əvəz etməklə, elektrokardioskop alırlar. Cərrahiyyə prosesi zamanı həkim elektrokardioskopun ekranında xəstənin cərəyanının fəaliyyətini xarakterizə edən əyrini əyani olaraq izləyə bilir. Ossilloqrafın başqa tətbiqlərindən elektroensofaloqrafiyanı göstərmək olar ki, onun vasitəsilə psixiatriklar və nevropatoloqlar beyində yaranan biocərəyanları qeyd edərək, onları öyrənirlər. Bu da psixi və sinir xəstələrinə diaqnoz qoymağı xeyli asanlaşdırır.

Ossilloqrafın quruluşunu və iş prinsipini nəzərdən keçirək.

Elektron ossilloqrafının əsas hissəsi elektron şüa borusudur (EŞB) (şəkil 31.1). Elektron-şüa borusu, havası 10^{-6} mm c.st. təzyiqinə qədər sorulmuş şüşə borudan ibarətdir. Borunun içərisində bir neçə elektrod yerləşdirilmişdir. Qızdırıcı 1 vasitəsilə gözdəndirilmiş katod 2 elektronlar mənbəyi olmaqla, nazik elektron dəstəsi (elektron "şüası") yaradır. Bu dəstə, elektrik sahəsinin köməyiylə sürətləndirildikdən sonra, borunun daxilində, onun divarına çəkilmiş lüminessensiyaedici ekranın 8 üzərinə düşərək, onun şüalanmasını yaradır. Katod, istiqamətləndirici elektrod rolunu oynayan silindrin 3 daxilində yerləşir. Silindrin oturacağında açılmış deşik nazik elektron dəstəsini buraxır. Silindrin mənfi potensial verməklə, elektronların sayını və beləliklə də, borudakı işıq ləkəsinin parlaqlığını azaltmaq olur. Katodla birinci anod (4) arasına 10^3 V tərtibində gərginlik verilir. Ona görə də, elektronlar elektrik sahəsinin təsirilə sürətlənirlər. İkinci anodun (5) potensialı birinci anodunkundan çox olduğundan o, elektron şüasını fokuslayır. Mənbə ilə ekranın arasında elektron dəstəsini iki qarşılıqlı perpendikulyar istiqamətlərdə meyl etdirən, iki cüt 6 və 7 metal lövhələr qoyulmuşdur. Əgər lövhələr arasında elektrik sahəsi yoxdursa, onlar elektron dəstəsinə təsir etmirlər. Metal lövhələrin bir cütünə zamana görə dəyişən ("mişarabənzər") gərginlik verilir. Bu gərginlik ekranda işıq ləkəsinin üfqi müstəvidə hərəkət etdirir ("zamana görə açılma"). Lövhələr



Şəkil 31.1

arasında gərginlik nə qədər çox olarsa, elektron dəstəsi ekranda o qədər çox meyl edir. Lövhələrin ikinci cütünə tədqiq olunan gərginlik verilir. Gərginlik elektron şüasını şaquli müstəvidə meyl etdirir. Beləliklə, 6 və 7 lövhələrinin yaratdıqları hər iki elektrik sahələrinin təsiri altında işıq ləkəsi ekranda tədqiq olunan gərginliyin zamandan asılılığını xarakterizə edən əyrini çizir. Alınmış əyrinin formasına görə, tədqiq edilən gərginliyin xarakteri aydınlaşdırılır.

EŞB-nun ekranında dayanıqlı xəyal almaq üçün, elektron şüa dəstəsi öz təkrar hərəkətini eyni bir fazada başlamalıdır. Bu da o vaxt olar ki, mişara bənzər rəqsin periodu, tədqiq olunan rəqsin perioduna bərabər, və ya onun tam mislinə bərabər olsun.

Elektron dəstəsinin intensivliyi və ekrandakı işıq ləkəsinin parlaqlığı elektrod (3) vasitəsilə tənzim edilir. İstiqamətləndirici elektrod (3) və anodlar sistemi (4 və 5) fokuslayıcı sistem yaradır.

Elektrik sahəsinin fokuslayıcı təsirinə nəzər salaıq. Fərz edək ki, birincili elektrik sahəsində hərəkət edən elektron, U_1 potensialı ekvipotensial xəttə $\bar{U}_1$ sürətilə daxildir. Sürətin istiqaməti, elektrik sahəsinin istiqamətilə (ekvipotensial xəttə perpendikulyar istiqamətlə) α_1 bucağı əmələ gətirir. Elektrik sahəsinin istiqamətini OX oxu boyunca yönəldək. $\bar{U}_1$ sürətini v_{1x} və v_{1y} toplananlara ayırsaq, aydındır ki, $v_{1x} = v_1 \cos \alpha_1$, $v_{1y} = v_1 \sin \alpha_1$. Elektron o biri ekvipotensial sahəyə keçdikdə, onun $\bar{U}_2$ sürətinin v_{2y} komponenti dəyişməz olaraq qalar, çünki bu istiqamətdə elektrik sahə qüvvələri təsir etmir, lakin sürətin v_{2x} komponenti dəyişir.

Fərz edək ki, $v_2 > v_1$. Onda $v_{2x} > v_{1x}$ olar və elektronun trayektoriyası qüvvə xəttinə yaxınlaşar. Onda α bucağının dəyişməsinə, sürətlərin eninə toplananlarının bərabərliyindən $v_1 \sin \alpha_1 = v_2 \sin \alpha_2$ tapa bilərik, yəni

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_2}{v_1} \quad (1)$$

Sadəlik üçün fərz edək ki, potensial sıfır olduqda, elektronun sürəti sıfıra yaxındır. Onda birinci ekvipotensial sahədə elektronun kinetik enerjisi $(m v_1^2 / 2)$ onun U_1 potensialı ilə, ikinci ekvipotensial sahədə isə, onun kinetik enerjisi U_2 potensialı ilə mütənəsb olar. Sürətin kvadratını potensialla ifadə etsək,

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \sqrt{\frac{U_2}{U_1}} \quad (2)$$

alırıq.

Bu düstur elektrik sahəsində elektronun trayektoriyasının "sınmasını" xarakterizə edir.

Sürətləndirici elektrik sahəsində, çökük hissəsi katoda tərəf yönələn ekvipotensial səthlərin təsiri toplayıcı linzanın təsiri kimidir, yəni sistem iki toplayıcı linza rolunu oynayır. Belə olan halda, elektronların trayektoriyası sistemin oxu istiqamətinə doğru əyilmiş olur.

Elektrodlarda gərginliyi dəyişməklə, ekvipotensial sahələrin konfigurasiyasını, və eləcə də, sistemin fokus məsafəsini dəyişmək olar. Beləliklə, gərginliyin müəyyən qiymətində elektron dəstəsinin ekranda fokuslanması alınır.

İndi meyləndirici lövhələrin təsirinə baxaq (şəkil 31.2). Fərz edək ki, elektron meyləndirici lövhələrin yaratdığı birincili elektrik sahəsinə v_x sürətilə daxil olur və elektrik sahə xətlərinə perpendikulyar olan X oxu istiqamətində hərəkət edir. Onda X oxu istiqamətində elektronun hərəkəti bərabərsürətli olar:

$$x = v_x t \quad (3)$$

Y oxu istiqamətində elektronun hərəkəti bərabərdəyişən olduğundan,

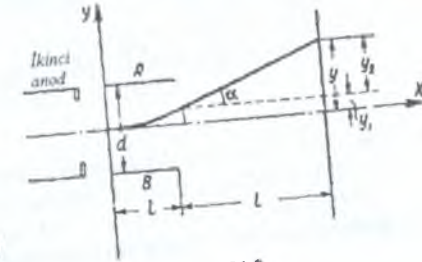
$$y_1 = \frac{at_1^2}{2} \quad (4)$$

olar. Burada t_1 elektronun lövhələr arasında uçuş müddətidir. Nyutonun ikinci qanununa görə, elektronun təcili

$$a = \frac{eE}{m} \quad (5)$$

burada e və m elektronun yükü və kütləsi, E - lövhələr arasında elektrik sahəsinin intensivliyidir.

(3) və (5)-i (4)-də yerinə yazsaq, alırıq



Şəkil 31.2

$$y = \frac{eE}{2m v_x^2} x^2.$$

(6)-dan görünür ki, elektronun meyletdirici lövhələr arasında hərəkəti parabola boyunca baş verir. Lövhələrin çıxışında elektronun trayektoriyası əvvəlki istiqamətindən α_1 bucağı qədər meyl edərək, y_1 məsafəsi qədər özləndir.

$$y_1 = \frac{eE}{2m v_x^2} l^2, \quad \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{eE}{m v_x^2} l,$$

burada, l - lövhənin lövhəsinin uzunluğudur. (7) ifadəsindəki ikinci bərabərlik (6) ifadəsini diferensilləməklə alınmışdır.

Ossilloqrafın borusunda elektron ləkəsinin meylini y tapmaq. Meyletdirici lövhənin ekrandan olan məsafəsini L ilə işarə etsək (şəkil 31.2),

$$y = y_1 + y_2 = y_1 + L \operatorname{tg} \alpha = \frac{eEl}{m v_x^2} \left(\frac{l}{2} + L \right) \quad (8)$$

alırıq, burada $y_2 = L \operatorname{tg} \alpha$ - lövhələri keçdikdən sonra elektronun meyl etdiyi məsafədir.

Lövhələrin ortasından ekrana qədər olan məsafə $L \gg l/2$ olduğundan, (8)-də mötərizə içindəki $l/2$ -ni nəzərə almamaq olar və onda

$$y = \frac{eElL}{m v_x^2} \quad (9)$$

alınar.

Elektronların sürətinin üfqi toplananını v_x aşağıdakı şərtə görə tapa bilərik:

$$\frac{m v_x^2}{2} = eU, \quad (10)$$

burada, U - ikinci anodun katoda nəzərən potensialıdır.

Meyletdirici lövhələr arasındakı sahənin intensivliyi E

$$E = \frac{U_d}{d}, \quad (11)$$

burada, U_d meyletdirici lövhələr arasındakı gərginlik, d - lövhələr arasındakı məsafədir.

(10) və (11)-i (9)-da nəzərə alsaq,

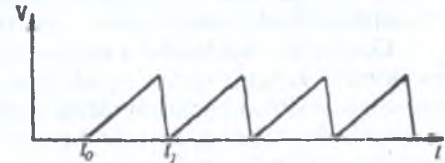
$$y = \frac{eL}{2dv} U_d \quad (12)$$

Beləliklə, şüanın ekranda yerdəyişməsi meyletdirici gərginliklə mütənasibdir. (12) ifadəsindən ossilloqrafın gərginliyə görə həssaslığını, yəni meyletdirici lövhələrdə potensiallar fərqi 1 V qiymətində işığın ekranda yerdəyişməsini (santimetrlə) tapmaq olar

$$S_x = \frac{y}{U_d} = \frac{eL}{2dv} \left[\frac{\text{sm}}{\text{v}} \right]. \quad (13)$$

Bu ifadədən görünür ki, ossilloqrafın həssaslığı, lövhədən ekrana qədər olan məsafədən və ikinci anodun gərginliyindən asılıdır.

Zamandan asılı olaraq dəyişən gərginliyi tədqiq etmək üçün hər iki meyletdirici lövhələrdən istifadə olunur. Adətən, tədqiq olunan gərginlik şaquli meyl etdirici lövhələrə verilir. İkinci cüt lövhələrə isə, zamanla mütənasib olan dəyişən gərginlik verilir.



Şəkil 31.3

Təkrar olunan prosesləri öyrənmək üçün üfqi meyletdirici lövhələrə zamana görə dəyişən elə periodik gərginlik verilir ki, şüa zamandan asılı olaraq, soldan sağa yerini dəyişərək, ekranın sağ kənarına çatır və oradan geri qaydır. Bundan sonra, proses təkrar olunur. Belə gərginlik "mişarabənzər" gərginlik (şəkil 31.3) adlanır. Mişarabənzər gərginliyi almaq üçün xüsusi generatordan istifadə olunur ki, bu da, əsasən toru idarə oluna bilən qaz boşalma lampasının ("tirotronun") köməyiylə əldə edilir. Torun gərginliyini dəyişməklə, tirotronun alışma potensialını dəyişmək olur. Boşalma başlayandan sonra torun alışmaya təsiri kəsilir (tirotronun gərginliyi sönmə gərginliyindən az olmalıdır).

Mişarabənzər gərginliyi yaradan generatorun iş prinsipi kondensatorun dolub, boşalmasına əsaslanır. Kondensatoru müqavimət vasitəsilə sabit gərginlik mənbəyinə qoşduqda, onun lövhələrində gərginliyin artması baş verir

$$U_c(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t Idt. \quad (14)$$

Məlumdur ki, bu halda gərginlik sabit qiymət alana qədər eksponensial qanunla dəyişir. Kondensatorun müqavimətdə boşalması da eksponensial qanunla baş verir. Zəmindən xətti asılı olan gərginlik almaq üçün kondensatoru sabit cərəyanla I_0 yükləmək lazımdır. Bu halda $U_c(t) = I_0 t / C$ olar. Bu tənləkdən alınır ki, sabit cərəyan şiddətində kondensatordakı gərginlik zəmindən xətti asılı olaraq artır.

Periodik və xüsusiən tez dəyişən prosesləri müşahidə etmək üçün ekranda tərpənməz xəyal alınmalıdır.

Üfiqi və şaquli meyl etmə kanallarının gücləndiriciləri EŞB-nun üfiqi və şaquli lövhələrinə verilən gərginliyi dəyişməyə imkan verir. Ona görə də ekranda xəyal uyğun istiqamətlərdə dartılır, və ya yığılır.

Elektron ossilloqrafının köməyiylə tədqiq olunan gərginliyin amplitudunu da ölçmək olur. Bunun üçün ossilloqrafın həssaslığını (meylətdirici lövhələrdə gərginliyin 1 V dəyişməsinə uyğun işıq ləkəsinin meylini) bilmək lazımdır. İki asılı olmayan meylətdirici lövhələr sistemi mövcud olduğundan, üfiqi ox X -ə, və şaquli ox Y -ə görə iki həssaslığı uyğun olaraq S_x və S_y ($S_x = x/U_x$, $S_y = y/U_y$) qeyd etmək olar.

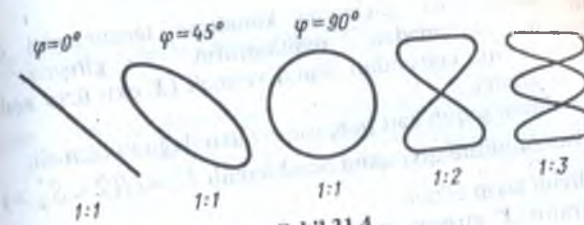
Gərginliyin amplitudunu ölçmək üçün bəzi tip ossilloqraflarda şaquli meylətdirici kanalda etalon signalından istifadə etmək lazımdır. Bu halda, şaquli gücləndirmə kanalının tənzimləyici dəstəyinin yanında (ossilloqrafın üz panelində yerləşən), dəstəyin hər bir vəziyyətinə uyğun, həssaslığın tərs qiymətləri (V/sm -lə) qeyd olunmuşdur.

Ossilloqrafdan istifadə etməklə, tədqiq olunan signalın tezliyini də təyin etmək olur. Bunun üçün şaquli istiqamətdə güclənmə, zaman miqyasında aparılır. Signalın açılma müddətinin tənzimləyici açarı mkx/sm -lərlə dərəcələnməmişdir. Açılma müddətini k müəyyən edərək, ekranda şaquli istiqamətdə eyni fazada yerləşən iki qonşu nöqtə arasındakı x məsafəsini ölçməklə, tədqiq olunan signalın periodunu T və tezliyini f təyin etmək olar:

$$T = kx, \quad f = 1/kx \quad (15)$$

Signalın tezliyini başqa yolla da tapmaq olar. Bunun üçün x lövhələrinə tezliyi məlum olan gərginlik (adətən 50 Hs tezliyində), y -lövhələrinə isə, tezliyi məlum olmayan gərginlik verilir. (Bu zaman açılma generatorundan istifadə olunur). Beləliklə, elektron şüası iki qarşılıqlı perpendikulyar rəqsi hərəkətlərdə iştirak edir.

Qarşılıqlı perpendikulyar müstəvilərdə X və Y oxu istiqamətlərində olan iki sinusoidal rəqslərin toplanması nəticəsində alınan həndəsi fiqurların forması, toplanan rəqslərin tezliklərinin, faza və amplitudlarının nisbətindən asılıdır. Şəkil 31.4-də tezliklərin və fazaların müxtəlif nisbətində rəqslərin toplanmasından alınan Lissaju fiqurları göstərilmişdir. Fiqurların formalarına görə tədqiq olunan signalın tezliyi haqqında mühakimə yürütmək olur.



Şəkil 31.4

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Cihaz elektron ossilloqrafından, gərginlik tənzimləyicisindən və səs tezlikli generatorundan ibarətdir. Gərginlik tənzimləyicisi ossilloqrafa verilən 50 Hs tezlikli gərginliyi müntəzəm dəyişdirməyə imkan verir. Gərginlik voltmetrin köməyiylə ölçülür. Dəyişən tezlikli signal ossilloqrafa səs generatorundan verilir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Ossilloqrafın həssaslığının təyini:

- ossilloqrafı dövrəyə qoşmalı və 2-3 dəqiqə ərzində onun qızmasına imkan verməli;
- ossilloqrafın Y girişinə gərginlik tənzimləyicisindən U_{ef} gərginliyi verməli, X oxu üzrə açılmanı bağlamalı;
- ossilloqrafın ekranında şaquli xətt parçasının l uzunluğunu müəyyən etməli;
- gərginliyin amplitud qiymətini hesablamalı: $U = \sqrt{2}U_{ef}$;
- ossilloqrafın həssaslığını hesablamalı: $S_y = l/(2U)$;
- verilən gərginliyin iki müxtəlif qiymətlərində ossilloqrafın həssaslığını təyin etməli və onun orta qiymətini $\langle S_y \rangle$ hesablamalı; ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də qeyd etməli:

Cədvəl 1

U_{ef}, V	U, V	l, mm	$S_y, mm/V$	$\langle S_y \rangle, mm/V$

2. Gərginliyin amplitud qiymətini təyin etməli:

- a) şaquli meyletdirici güclənmə kanalının tənzimləyici dəstəyinin vəziyyətini dəyişmədən, ossilloqrafın Y girişinə gərginlik tənzimləyicisinin çıxışından siqnal verməli (X oxu üzrə açılma bağlı halda olmalıdır);
- b) ekranda alınan şaquli xətt parçasının l uzunluğunu ölçməli;
- c) gərginliyin amplitud qiymətini hesablamalı $U = l / (2 < S_y >)$.

3. Siqnalın tezliyini təyin etməli:

- a) ossilloqrafın X girişinə gərginlik tənzimləyicisindən 50 Hz tezlikli siqnal verməli;
- b) ossilloqrafın Y girişinə səs tezlikli generatordan tədqiq olunan siqnalı verməli;
- c) ekranda Lissajü fiqurlarının dayanıqlı xəyalını alıb, onu çəkməli;
- ç) fiqurların formasına görə tədqiq olunan siqnalın f' tezliyini tapmalı;
- d) gərginlik tənzimləyicisi bağlamalı və açılma generatorunu birləşdirməli;
- e) açılma müddətinin tənzimləyici dəstəyinin köməyiylə ekranda sinusoidin dayanıqlı xəyalını almalı və tədqiq olunan siqnalın tezliyini təyin etməli;
- ə) başqa tezlikli siqnallar üçün oxşar a)-e) əməliyyatlarını aparmalı;
- f) ölçmənin və hesablamanın nəticələrini cədvəl 2-də qeyd etməli.

4. Təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

Cədvəl 2

Lissajü fiqurları	f', Hz	x, sm	$K, mk.san/sm$	f'', Hz

Məsələlər:

Həll etməli [5], 1.82, 1.84.

Ədəbiyyat: [1], § 23.3, 23.4;

[2], r.1, § 52;

[4], § 147.

ELEKTROKARDİOQRAFİN İŞİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: elektrokardiograf, səs generatoru, elektrokardiogram imitatoru, elektrodlar (əl-ayaq üçün)

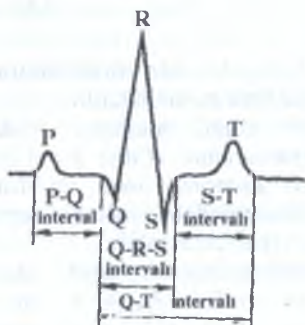
NƏZƏRİ MƏLUMAT

Canlı toxumalar elektrik potensialının (biopotensial) mənbəyidir. Biopotensiallar ion təbiətinə malik olmaqla, hüceyrənin daxilində və xaricində müsbət və mənfi ionların konsentrasiyalarının müxtəlif olması nəticəsində yaranır. Biopotensial orqanların və toxumaların funksional vəziyyətini dəqiq əks etdirdiyindən, onların qeyd olunması və öyrənilməsi fizioloji tədqiqatlarda və xəstəliyin diaqnozunun təyin edilməsində geniş istifadə olunur. Orqan və toxumaların fəaliyyəti zamanı yaranan biopotensialların qeyd edilməsi elektroqrafiya adlanır. Əgər biopotensial ürək azalələrinin fəaliyyəti ilə əlaqədar yaranırsa, onda onun qeyd olunması prosesi elektrokardiografiya metodu adlanır. Bu metod özünün sadəliyinə və təhlükəsizliyinə görə tibdə geniş tətbiq olunur. Elektrokardiografiyanın nəzəri əsasını Eynthoven nəzəriyyəsi təşkil edir ki, bu nəzəriyyəyə görə, ürəyə cərəyan dipolu kimi baxılır (laboratoriya işi № 30-a bax).

Ürəyin elektrik dipol momentinin modulunun və istiqamətinin zamana görə dəyişməsinə, elektrokardiogramın (EKQ) köməyi ilə qrafiki təsvir etmək olur. Eynthoven nəzəriyyəsinə görə, ürəyin elektrik dipol momenti vektorunun, insan orqanizminin səthində götürülmüş müəyyən nöqtələr arasındakı potensiallar fərqi ilə əlaqəsi mövcuddur.



Şəkil 32.1



Şəkil 32.2

Beləliklə, elektrokardiogramı çıxarmaq üçün həmin potensialların fərqi zamanla görə dəyişməsinə qeyd etmək lazımdır. Bədənin səthinin iki nöqtəsi arasında qeyd olunan potensiallar fərqi çıxıntılar (*aparmalar*) adlanır. Müxtəlif çıxıntılar sistemi mövcuddur. Onlar, potensiallar fərqi qeyd olunan nöqtələrin vəziyyətlərlə fərqlənirlər. Ürəyin vəziyyətinə uyğun olaraq potensiallar fərqi qeyd olunan nöqtələr sağ əlin, sol əlin və sol ayağın üzərində götürülür. Elektrodlar vasitəsilə bu nöqtələr arasında yaranan potensiallar fərqi qeyd olunur (şəkil 32.1). *Sağ və sol əllər arasında yaranan potensiallar fərqi birinci, sol ayaq ilə sağ əl arasındakı potensiallar fərqi ikinci, sol ayaq ilə sol əl arasındakı potensiallar fərqi isə üçüncü çıxıntı adlanır.*

Sağlam adam üçün ürəyin tam bir dövr işi zamanı *I* çıxıntıda alınan elektrokardiogram şəkil 32.2-də göstərilmişdir. Elektrokardiogramın dişlərini şərti olaraq, latın hərflərlə *P, Q, R, S, T* işarə edirlər. Elektrokardiogramın əsas xarakteristikası dişlərin forması, hündürlüyü və eləcə də, davam etmə müddətidir. Xəstə adamlarda elektrokardiogramın bu xarakteristikaları dəyişdiyindən onun köməyi ilə ürək xəstəliklərini aşkar etmək və diaqnoz qoymaq mümkündür.

Elektrokardiogramın dişlərinin hündürlüyünü bilməklə, ürəyin dipol momenti vektorunun, çıxıntı xətləri ilə əmələ gətirdiyi bucaqları tapmaq olur. Adətən, dipolla *I* çıxıntı xəttinin əmələ gətirdiyi α bucağı təyin edilir. Əvvəlki işdə cərəyan dipolunun dipol momenti vektorunun, bərabərtərəfli üçbucağın tərəfi ilə əmələ gətirdiyi bucağın necə tapıldığı göstərilmişdir. Qəbul edilmişdir ki, *AB* xətti (şəkil 30.4)-*I* çıxıntıya, *AC* xətti - *II* çıxıntıya, *BC* xətti isə *III* çıxıntıya uyğundur. Onda $U_{AB}=U_I$, $U_{AC}=U_{II}$, $U_{BC}=U_{III}$ və $\alpha_{AB}=\alpha$. Onda (7) düsturu (30-cu laboratoriya işi) aşağıdakı şəkllə düşər

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{I}{\sqrt{3}} \frac{U_{II} + U_{III}}{U_{II} - U_{III}} \quad (1)$$

burada, U_I , U_{II} , U_{III} -elektrokardiogramda *R* dişinin uyğun, olaraq *I*, *II* və *III* çıxıntılar üzrə gərginliklərdir.

Ürəyin dipol momenti maksimum qiymətə malik olduqda, (elektrokardiogramda *R* dişi) dipol momentinin istiqaməti (ürəyin elektrik oxu) onun anatomik oxu ilə üst-üstə düşür. Bunun əsasında da elektrokardiogramdan istifadə etməklə, ürəyin anatomik oxunun vəziyyətini təyin etmək olur.

Elektrokardiogramı qeyd edən cihaz *elektrokardiograf* adlanır. Elektrokardiografin müxtəlif növləri mövcuddur ki, onlar da qeyd etmə kanallarının sayına, qida mənbəyinin növünə (bataryaya, və ya cərəyan mənbəyinə), və qeyd etmə üsullarına görə (mürəkkəbin, istiliyin və işıq şüasının köməyiylə) bir-birindən fərqlənirlər.

Laboratoriya işində adətən istilik hesabına yazma üsulu ilə işləyən bir kanallı EKİT-03M tipli elektrokardiografdan istifadə olunur. Cihazın xarici görünüşü şəkil 32.3-də, quruluş sxemi isə, şəkil 32.4-də verilmişdir. İstiliklə yazma üsulunda xüsusi perolar işlədilir. Peronun ucu cərəyanın köməyiylə qızdırılır. Pero, üstü çox tez əriyən maddə (mum, parafin və s.) ilə örtülmüş ağız üzərində hərəkət edərkən, kağızın üzərindəki üst təbəqəni əridir və yazma olmağını cizmiş olur.

Bioelektrik siqnalı çıxıntı kabelinin və çıxıntını dəyişən (ÇD) açarın vasitəsilə gərginlik gücləndiricisinin (GG) girişinə verilir. Gərginlik gücləndiricisinin girişinə kalibrəlanmış gərginlik mənbəyi (KM) də qoşulur. Gərginlik gücləndiricisinin çıxışındakı gücləndirilmiş siqnal yenidən güc gücləndiricisinin (GüG) girişinə verilir və oradan da elektromexaniki çeviriciyə (EMÇ) daxil olur. Elektromexaniki çevirici elektrik siqnalını istilik perosunun yerdəyişməsinə çevirir. İstiliyə həssas olan kağız lent, lenthərkətdirici mexanizmin (LHM) köməyiylə peroya nəzərən bərabərsürətlə hərəkət etdirilir. Biopotensialın gücləndiricisini, lenthərkətdirən mexanizmini və istilik perosunu qidalandırmaq üçün, qurğuda qidalandırma bloku (QB) yerləşir.

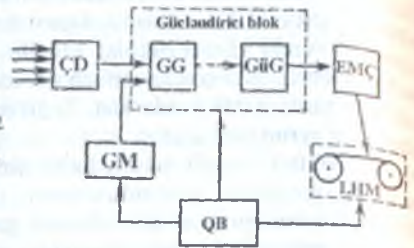
Cihazın xarici görünüşündə idarə etmə vasitələri (şəkil 32.3) göstərilmişdir: şəkildə 1-dövrəyə qoşmaq üçün açar; 2-peronun közərmə indikatoru; 3-mənbəyi birləşdirmə indikatoru; 4-çixıntı kabelini dövrəyə qoşmaq üçün yuva; 5-çixıntıların çeviricisi; 6-peronun yerdəyişməsinin tənzimləyicisi; 7-kalibrəşdirmə düyməsi "1 mV"; 8-lentin hərəkət sürətini tənzimləyən düymə; 9-sakitləşdirici düymə "0-MT"; 10-həssaslığı dəyişdirən düymə; 11-lenti hərəkət etdirən mexanizmi işə salan düymədir.

Elektrokardiogram almaq üçün elektrodlar standart çıxıntı sistemina görə pasiyentin bazı sümüyünün və baldırının daxili səthlərinə qoyulur. Elektrodun dəri ilə kontaktını yaxınlaşdırmaq üçün, dəri ilə elektrodun arasına 10 %-li xörək duzunun suda məhlulu ilə isladılmış tənzif qoyulur. Çixıntı kabelinin məftili elektrodla aşağıdakı qaydada birləşdirilir: qırmızı məftili-sağ ələ, sarı məftili-sol ələ, yaşıl məftili-sol ayağa, qara məftili isə, sağ ayağa qoyulan elektrodla birləşdirilir.

Laboratoriya işini yerinə yetirdikdə, pasiyenti elektrokardiogram imitatoru ilə əvəz etmək olar. İmitator, formaca elektrokardiogram ilə üst-üstə düşən elektrik rəqslərinin generatorudur. Cihazın üç çıxışı vardır ki, o da elektrokardiogramın çıxıntılarna uyğundur. Alınan rəqslərin tezliyini dəyişmək olur.



Şəkil 32.3



Şəkil 32.4

İŞİN GEDİŞİ

1. EK1T-03M cihazın işə hazırlanması:
 - a) elektrokardioqrafa kağız lent salmalı;
 - b) aşağıdakı əməlləri yerinə yetirməli:
 - mənbəyi dövrəyə qoşan düyməni "bağlıdır" vəziyyətində saxlamalı;
 - çıxıntıların dəyişdiricisini $1 mV$ vəziyyətində saxlamalı;
 - həssaslıq dəyişdiricisini $10 mm/mV$ vəziyyətində saxlamalı;
 - lenti hərəkət etdirən mexanizmin M düyməsini "bağlıdır" vəziyyətində saxlamalı;
 - sakitləşdirici düyməni "O-MT" aşağı vəziyyətində saxlamalı;
 - lentin hərəkət sürətini tənzimləyən düyməni $20 mm/san$ vəziyyətində saxlamalı;
 - c) elektrokardioqrafı yerlə birləşdirmə konturuna qoşmalı (yerlə birləşdirmə yuvası elektrokardioqrafın arxa divarında yerləşir);
 - ç) elektrokardioqrafı dövrəyə qoşmalı;
 - d) elektrodları pasiyentə birləşdirib, çıxıntı kabelinin naqillərini elektrodlara, və ya EKQ-in giriş imitatoruna qoşmalı;
 - e) çıxıntı kabelini elektrokardioqrafın 4 qovşağına birləşdirməli.
2. Elektrokardioqramın alınması:
 - a) peronun yerdəyişmə tənzimləyicisinin köməyiylə peronu yazı sahəsinin ortasında yerləşdirməli;
 - b) sakitləşdirici düyməni "O-MT" yuxarı vəziyyətində saxlamalı;
 - c) lenti hərəkətdirən mexanizmin işə salma düyməsini basmaqla, yazma əməliyyatına başlamalı və " $1 mV$ " düyməsini basmaqla, bir neçə qismüddətli impuls yazmalı;
 - ç) çıxıntı alınan çeviricisinin vəziyyətini dəyişməklə, üç standart çıxıntıda

elektrokardioqramı yazmalı.

*Əgər hər hansı bir çıxıntıda elektrokardioqramın amplitudu, yazı sahəsindən kənara çıxarsa və ya əksinə, çox kiçikdirsə, həssaslıq çeviricisini uyğun olaraq 5 və ya 20 mm/mV vəziyyətində saxlayaraq, kalibrələnmiş impulsı yenidən yazmaq lazımdır.

- d) hər bir çıxıntı üçün elektrokardioqramın dişinin h hündürlüyünü ölçməli. Dişin hündürlüyünə və elektrokardioqramın S həssaslığına görə, hər bir dişə uyğun potensiallar fərqi $U=h/S$ hesablamalı;
- e) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 1-də qeyd etməli;
- a) cədvəl 1-də verilənlərə görə (I) düsturunun köməyiylə α bucağını hesablamalı;
- f) I çıxıntı üçün $t=l/v$ düsturuna görə elektrokardioqramın zaman intervalının uzunluğunu t hesablamalı. Burada l - elektrokardioqramın uyğun nöqtələri arasındakı məsafə (şəkil 31. 2-yə bax), v -lentin hərəkət sürətidir;
- g) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 2-də qeyd etməli;
- ğ) pasiyentin nəbzinin tezliyini (və ya EKQ imitatorunun rəqsinin tezliyini) təyin etməli;
- h) əgər iş EKQ imitatoru vasitəsilə aparılırsa, imitatorun rəqsinin tezliyini dəyişməklə, ç), 1)-ğ) əməliyyatlarını təkrar aparmalı.

Cədvəl 1

EKQ-nin dişlərinin şərti işarələri	h, mm			S, mm/mV			U, mV		
	Çıxıntılarda								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
P									
Q									
R									
S									
T									

Cədvəl 2

Intervalın şərti işarələri	$v, mm/s$	l, mm	t, san
R-I			
P-Q			
Q-R-S			
S-T			
Q-T			

3. Mümkün olan maneələrin elektrokardiogramma təsirinin öyrənilməsi (ancaq pasiyentin EKQ-sini çıxartdıqda bu tapşırıq yerinə yetirilir):
- a) sağ əlin elektrodunun altındakı yaş əskini quru əsgilə əvəz edib, I çıxıntı üçün EKQ-ni çəkməli;
 - b) elektrokardiografin tənzimlənmiş həssaslığını nəzərə alaraq, maneənin təsirini təyin etməli (2-ci tapşırığın d) əməliyyatına bax);
 - c) peronun yazı sahəsinin ortasında yerləşdiyini yoxlamalı;
 - ç) I çıxıntıda EKQ-nin yazılışına başlamalı. Yazılış zamanı pasiyent əlinin barmaqlarını yüngülcə yığib açmalıdır;
 - d) yazının amplitudunu sıfırıncı xətdən meylini təyin etməli.
4. Elektrokardiografin tezlik xarakteristikasını çıxarmalı;
- a) elektrokardiografin həssaslıq dəyişdirici açarını 5 mm/mV vəziyyətinə qoymalı;
 - b) voltmetrdə səs generatorunun çıxış signalına nəzarət etməklə, signalın amplitudunu U_0 və tezliyini 1 Hz götürməli;
 - c) I çıxıntının naqillərini səs generatorunun çıxış sıxacına birləşdirməli;
 - ç) çıxıntı dəyişdiricinin açarını 1 vəziyyətinə qoymalı. Nəzarət etməli ki, peronun rəqsi qeydetmə sahəsindən kənara çıxmasın. Əks halda, verilən signalın amplitudunu azaltmaq lazımdır;
 - d) lenthərəkətdirici mexanizmi birləşdirməli (2-3 saniyə ərzində);
 - e) $f=1, 10, 30, 50, 80, 120, 140, 160, 170, 180, 190, 200 \text{ Hz}$ tezliklərində səs generatorunun signallarını yazmalı (onun amplitudunu dəyişmədən);
 - ə) bütün tezliklər üçün alınmış qrafikə əsasən, rəqsin iki qat amplitudunu A ölçməli və buna uyğun olaraq, $U = A/2S$ (S - elektrokardiografin həssaslığıdır) düsturuna əsasən potensiallar fərqi U hesablamalı;
 - f) bütün tezliklər üçün elektrokardiografin gücləndirmə əmsalını k hesablamalı: $k = U / U_0$;
 - g) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 3-də verməli:

Cədvəl 3

f, Hz	1	10	30	...	200
A, mm					
U, mV					
k					

- ğ) elektrokardiografin gücləndirmə əmsalının giriş signalının tezliyindən asılılıq qrafikini (tezlik xarakteristikasını) $k=\varphi(f)$ qurmalı.

Məsələlər:

Hall etməli [5], 3.36-3.39.

Ədəbiyyat: [1], §14.2-14.5;

[2], r.2, § 140-142;

[4], §140-150.

LABORATORİYA İŞİ № 33

VEKTOR-ELEKTROKARDİOSKOPUN ÖYRƏNİLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: vektor-elektrokardioskop, EKQ-imitatoru

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Əvvəlki iş Eynthoven nəzəriyyəsinə görə elektrokardiogramın alınması, ürəyin dipol momentinin çıxıntı xətləri (bərabərtərəfli üçbucağın tərəfləri) üzrə proyeksiyasının zamandan asılılığını öyrənməyə imkan verdi. Ancaq, belə elektrokardiogram ürəyin dipol momenti vektorunun fəzada vəziyyəti haqqında təsəvvür yarada bilmir. Halbuki, diaqnoz məqsədilə belə informasiya çox mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ürəyin dipol momenti vektorunun fəzada oriyentasiyası vektor-elektrokardiografiya metodu vasitəsilə təyin edilir.

Bir dövr işi zamanı ürəyin dipol momenti vektorunun ucunun fəzada cızdığı əyri vektor-elektrokardiogram adlanır. Praktikada müstəvi vektor-kardiogramdan tez-tez istifadə olunur ki, bu da bir dövr işi zamanı ürəyin dipol momenti vektorunun ucunun cızdığı əyrinin hər hansı bir müstəvidə proyeksiyasıdır.

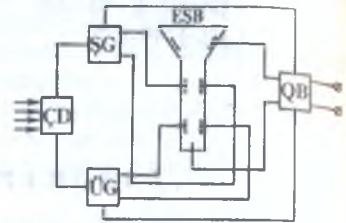
Vektor-elektrokardiogramı, iki çıxıntını toplamaqla almaq olar. Vektor-elektroqramı almaq üçün aparmalar elə seçilir ki, elektrodlar qoyulan nöqtələri birləşdirən xətlər bir-birinə perpendikulyar olsunlar. Bunun üçün Dekart koordinat sistemindən (düzbucaqlı koordinat sistemi) istifadə olunur: *X*-oxu soldan sağa, *Y* oxu-aşağıdan yuxarı, *Z* oxu-ön tərəfdən arxa tərəfə yönəldilir. Beləliklə, proyeksiya üfqi, frontal və saqittal müstəvilərdə götürülür.

Əgər iki çıxıntını gərginliyi elektron-şüa borusunun meylətdirici lövhələrinə verilərsə, onda ekranda onların vektorial cəmini, yəni vektor elektrokardiogramı əldə olarıq. Bu da, elektrokardiogramə nəzərən ürəyin

iş barədə daha dolğun informasiya vermiş olar. *Vektor-elektrokardiogram gözlə müşahidə etmək üçün işlədilən cihaz vektor-elektrokardioskop adlanır.* Bu cihazda qeyd edici qurğu olaraq, elektron-şüa borusu götürülür.

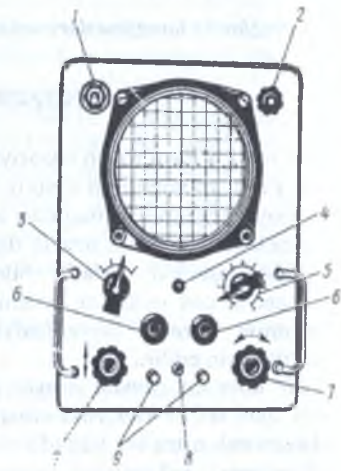
QURĞUNUN TƏSVİRİ

İşdə VEKS-IP tipli vektor-elektrokardioskopdan istifadə olunur. Şəkil 33.1-də onun quruluş sxemi göstərilmişdir. VEKS-IP çıxıntıları dəyişmək üçün çox qütblü açardan (ÇD), şaquli (ŞG) və üfiqi (ÜG) kanallı gücləndiricilərdən, elektron-şüa borusundan (EŞB) və qida blokundan (QB) ibarətdir. Cihazın arxa hissəsində şüanın parlaqlıq və fokuslama düymələri, dövrəyə və yerlə qoşulma düymələri yerləşir. Çıxıntı kəbelləri cihazın sağ yan divarında yerləşən səkkiz kontaklı yuva vasitəsilə pasiyentə birləşdirilir.



Şəkil 33.1

Cihazın panelinin üz hissəsi şəkil 33.2-də göstərilmişdir: 1-zamanı qeyd edən düymə; 2-indikator lampası; 3-açılmanın sürətini dəyişdirən açar; 4-şəkilçəkmə zamanı parlaqlığı artıran düymə; 5-çıxıntıları dəyişdirən açar; 6-üfiqi X və şaquli Y kanalların güclənməsini tənzim edən dəstək; 7-şüanın şaquli və üfiqi istiqamətdə yerdəyişməsini yaradan dəstək; 8-sakitləşdirici düymə; 9- 1 mV-luq kalibrəlmə gərginlik mənbəyini dövrəyə qoşan dəstək. İşdə pasiyentin yerinə EKQ imitatoru götürülür.



Şəkil 33.2

İŞİN GEDİŞİ

1. Elektrokardiogramın alınması:

- vektor-elektrokardioskopu yerlə birləşdirməli;
- çıxıntıları dəyişdirən açarı "0" vəziyyətində saxlamalı;
- cihazı dövrəyə qoşmalı və onun 2-3 dəqiqə qızmasına imkan verməli;
- gücləndirmə dəstəyini sol kənar vəziyyətində qoymaqla, üfiqi gücləndirmə kanalını söndürməli;
- açılma sürətini 50 mm/san götürməli;

- e) Y -in girişinə kalibrəmə gərginlik mənbəyindən $1mV$ gərginliyində signal verməli və şaquli gücləndirmə dəstəyini fırladaraq, signalın ekranda amplitudunun 10 mm -ə bərabərliyinə nail olmalı. Bu halda şaquli gücləndirmə həssaslığı S kanalın $10\text{ mm}/mV$ -ə bərabərdir;
- a) çıxıntıların naqillərini EKQ-nin imitatorunun çıxışına birləşdirməli;
- f) aparmaları dəyişdirərək, dəstəyi ardıcıl olaraq I, II, III vəziyyətlərinə qoyaraq, ekranda müxtəlif çıxıntılarda elektrokardiogramı almalı.
- g) alınmış əyriləri çəkməli.

*Bir çıxıntıdan başqa çıxıntıya keçdikdə, sakitləşdirici düymədən istifadə etməli.

2. EKQ-nin parametrlərini təyin etməli:

- a) hər bir çıxıntıda P, R, S, T dişlərinin hündürlüyünü h ölçməli;
- b) hər bir dişə uyğun, gərginliyin amplitudunu $U=h/S$ düsturu ilə hesablamalı;
- c) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də göstərməli;
- ç) I çıxıntıda R-R intervalının l uzunluğunu ölçməli, EKQ-nin imitatorunun rəqsin tezliyini f hesablamalı: $f=\nu/l$.

Cədvəl 1

EKQ-nin dişlərinin şərti işarələri	h, mm			U, mV		
	çıxıntılar					
	I	II	III	I	II	III
P						
R						
S						
T						

3. Vektor-elektrokardiogramın alınması:

- a) çıxıntıları dəyişdirən açarı VKQ1 vəziyyətinə qoymalı. Onda, I aparmadakı signal vektor-kardioskopun şaquli kanalının gücləndiricisinə, II çıxıntadakı signal isə, üfqi kanalın gücləndiricisinə verilir. Alınmış əyrini çəkməli;
- b) çıxıntıları dəyişdirən açarı VKQ2 vəziyyətinə qoymalı. Onda şaquli kanala I çıxıntıdan, üfqi kanala isə III çıxıntıdan signal verilir. Alınan əyrini çəkməli.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.37-3.39.

Ədəbiyyat: [1], § 14.1-14.5, 21.6;

[4], § 148-150.

ULTRAYÜKSƏK TEZLİKLİ TERAPİYA APARATININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Cihazlar və ləvazimatlar: ultrayüksək tezlikli terapiya aparatı, dipol antenası, milliampmetr, elektrolitlə və dielektriklə doldurulmuş küvetlər, iki ədəd termometr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Fiziki üsullarla aparılan müalicə üsulları arasında ən çox yayılan fizioterapiya metodlarından biri ultrayüksək tezlikli (UYT) terapiyadır ki, onun köməyiylə orqanizmin toxumalarına və orqanlarına ultrayüksək tezlikli (30-300 MHz) dəyişən elektrik sahəsinin vasitəsilə təsir edilir. UYT-terapiya sümük və oynaqda iltihab proseslərinin, bronxial və s. xəstəliklərin müalicəsində geniş istifadə edilir.

Dəyişən elektrik sahəsinin fiziki təsiri, onun insan orqanizminin toxumalarındakı polyar molekullara və ionlara təsirinə əsaslanır. Sahənin təsiri nəticəsində molekul və ionlar rəqs edərək, toxumalarda istilik ayırır. Bu da biokimyəvi və fizioloji proseslərin fəallaşmasına, maddələr mübadiləsinin sürətlənməsinə, toxumaların qanla yaxşı təchiz olunmasına və s. səbəb olur.

Bununla yanaşı, dəyişən elektrik sahəsinin psixofiziki təsirləri (ağrı və ya qıcıq hissələri) də mövcuddur. Bu təsir sahənin dəyişmə tezliyindən asılıdır və alçaq tezliklərdə daha çox hiss edilir. Sahənin tezliyi artdıqca psixofiziki təsirlərin şiddəti azalır.

Beləliklə, UYT terapiya zamanı orqanizmin daxili hissələrində istilik ayrılır. Ayrılan istiliyin miqdarı toxumaların dielektrik nüfuzluğu və xüsusi müqavimətindən, elektromaqnit rəqslərinin tezliyindən asılıdır. Tezliyi uyğun seçməklə, istiliyin lazım olan toxumalarda və orqanlarda ayrılmasına nail olmaq mümkündür.

UYT elektrik sahəsinin, elektrolit və dielektrik məhlullarına təsir mexanizmini araşdırmaq.

UYT sahədə elektrolitlərin qızması ionların hərəkəti (yəni cərəyankeçiriciliyi) hesabına yaranır. Beləliklə, cərəyanın enerjisi daxili enerjiyə çevrilir.

Əvvəlcə fərz edək ki, elektriki keçirən cisim kondensatorun köynəkləri arasındakı fəzada yerləşir və dəyişən elektrik sahəsinin təsiri altındadır. Elektrodlar cismə toxunmurlar. Ona görə də, cisimdə ayrılan istilik

miqdarını elektrodlardakı cərəyanın sıxlığı ilə yox, keçirici cisimdəki elektrik sahəsinin köməyi ilə ifadə etmək daha məqsədəuyğundur.

Toxumaları qızdırmaq üçün sərf olunan cərəyanın gücü $P=U^2/R$ -dir. Bu ifadəni cismin həcminə (Sl) bölsək

və $U = El$, $R = \rho l / S$ olduğunu nəzərə alsaq, vahid zamanda toxumanın vahid həcmində ayrılan istilik miqdarı q_1

$$q_1 = \frac{P}{Sl} = \frac{E^2}{\rho} \quad (1)$$



Şəkil 34.1

olar. Burada, ρ -elektrolitin xüsusi müqaviməti, E isə, elektrik sahəsinin intensivliyinin effektiv qiymətidir.

Elektrik sahəsinin intensivliyinin effektiv qiyməti, onun maksimal qiymətilə, $E = E_{\max} / \sqrt{2}$ münasibətilə əlaqədardır.

İndi fərz edək ki, yüksək tezlikli elektrik sahəsində kondensatorun köynəkləri arasında dielektrik yerləşir. Belə sahənin təsiri ilə dielektrikdə dipol momentləri kəsilməz olaraq oriyentasiyalarını dəyişdirirlər. Dipolların rəqsləri fazaca elektrik sahəsinin rəqslərindən geri qalır.

Dəyişən cərəyan dövrəsində ayrılan gücün orta qiyməti

$$\bar{P} = \left(\frac{U_{\max} I_{\max}}{2} \right) \cos \varphi = U_{\text{ef}} I_{\text{ef}} \cos \varphi, \quad (2)$$

düsturu ilə hesablanır, burada, φ gərginliklə cərəyan şiddəti arasındakı fazalar fərqi. Əgər (2) düsturunu kondensatora tətbiq etsək, və nəzərə alsaq ki, $\varphi = \pi/2$, onda $\bar{P} = 0$ olar. Yəni ideal kondensatorda güc itgisi baş vermir və dəyişmə cərəyanı tamamilə reaktivdir. Real dielektrlərdə cüzi keçiricilik cərəyanının olması və polyarizasiyanın periodik dəyişməsi elektrik enerjisinin udulmasına gətirir. Bununla da, dəyişən elektrik sahəsinin enerjisinin bir hissəsi dielektrikin qızmasına sərf olunur, yəni dielektrik itkisi baş verir. (2) ifadəsinə görə dielektrikdə itginin olması onu göstərir ki, cərəyan şiddətilə gərginlik arasındakı fazalar fərqi 90° -dən fərqlidir.

Dielektrlərdə ayrılan istilik miqdarını tapmaq üçün cərəyan şiddəti vektorunu iki toplanana ayıraq (şəkil 34.1): reaktiv I_r və aktiv I_a toplanana. Cərəyan şiddətinin reaktiv toplananı I_r fazaca, gərginliyə U nəzərən $\pi/2$ qədər yerini dəyişdiyindən dielektrik itgisi yaratmır, cərəyanın aktiv toplananı I_a isə, gərginlik vektoru boyunca yönəldiyindən dielektrik itgisi

yaradır. δ bucağı dielektrik itgi bucağı adlanır. Bu bucaq nə qədər böyük olarsa, cərəyan şiddətinin aktiv toplananı da o qədər böyük olar.

Şəkildən görüldüyü kimi cərəyan şiddətinin aktiv və reaktiv toplananları dielektrik itgi bucağının tangensi ilə aşağıdakı münasibətlə əlaqədardır:

$$I_a = I_r \operatorname{tg} \delta. \quad (4)$$

Şəkil 34.1-dən görüldüyü kimi, $I_a = I_{\max} \cos \varphi$. Bunu (4) ifadəsində nəzərə alsaq,

$$I_{\max} \cos \varphi = I_r \operatorname{tg} \delta. \quad (5)$$

(5)-i (2)-də yerinə yazsaq,

$$P = \frac{U_{\max}}{2} I_r \operatorname{tg} \delta. \quad (6)$$

Cərəyan şiddətinin reaktiv toplananının amplitudu I_r faktiki olaraq ideal kondensatora uyğun cərəyan şiddətinin amplitududur. Ona görə də

$$I_r = U_{\max} C \omega. \quad (7)$$

(7)-ni (6)-da nəzərə alıb, müstəvi kondensatorun tutumunun ifadəsini yerinə yazsaq, (2) ifadəsi aşağıdakı şəkildə düşər:

$$P = \frac{U_{\max}^2}{2} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{l} \omega \operatorname{tg} \delta. \quad (8)$$

Gərginliyin amplitud qiymətinin $U_{\max}$ yerinə, onun effektiv qiymətini $U_{ef} = U_{\max} / \sqrt{2}$ yazsaq, alarıq

$$P = U_{ef}^2 \omega \left(\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{l} \right) \operatorname{tg} \delta. \quad (9)$$

Gərginliyi U elektrik sahəsinin intensivliyi E ilə ifadə etsək,

$$P = \omega E^2 \epsilon \epsilon_0 \operatorname{tg} \delta S l$$

olar.

Bu ifadəni dielektrikin (Sl) həcminə bölsək, vahid zamanda dielektrikin vahid həcmində ayrılan istiliyin miqdarı üçün alarıq:

$$q_2 = \omega E^2 \epsilon \epsilon_0 \operatorname{tg} \delta, \quad (10)$$

burada E -elektrik sahəsinin intensivliyinin effektiv qiymətidir.

(1) və (10) düsturlarından görünür ki, hər iki halda ayrılan istilik miqdarı elektrik sahəsinin intensivliyinin effektiv qiymətinin kvadratı ilə mütənasibdir.

İnsan orqanizmini təşkil edən toxumalar həm elektrolit və həm də dielektrik xassələrinə malikdirlər. Ona görə də UYT sahənin təsirilə toxumanın vahid həcmindən vahid zamanda ayrılan istilik miqdarı

$$q = q_1 + q_2 \quad (11)$$

olar.

UYT terapiya cihazında əsasən 40,58 MHz tezlikli sahədən istifadə olunur. Belə tezliklərdə dielektriklərin qızması elektrolitlərə nəzərən daha intensiv olur.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

İşdə UYT-66 cihazından istifadə olunur (şəkil 34.2). Cihazın prinsipial sxemi şəkil 34.3-də göstərilmişdir.

UYT terapiya cihazı iki kontaktlı lampalı generator (LG) və terapevtik konturdan (TK) ibarətdir.

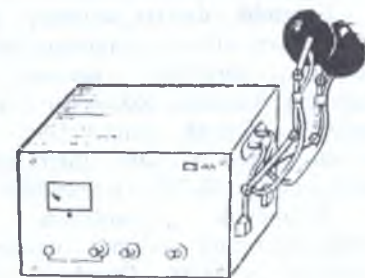
Generatorun əsas hissələri:

a) anod dövrəsinə qoşulmuş rəqs konturudur ki, sönməyən elektromaqnit rəqslərini yaradır. Rəqsin tezliyi konturun induktivliyi L_A və tutumu C_A ilə təyin olunur;

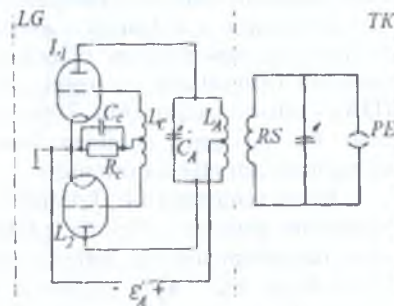
b) elektrik enerjisinin mənbəyi $\mathcal{E}_A$ -dır. Onun hesabına konturda sönməyən rəqslər yaradılır;

c) iki elektron lampalarıdır L_1 və L_2 . Onların köməyiylə mənbədən kontura enerjinin verilməsi tənzim edilir;

ç) əks əlaqə makarasıdır L_r ki, onun köməyiylə dövrənin çıxışındakı dəyişən gərginlik lampaların toruna verilir. UYT cihazın elektrik



Şəkil 34.2



Şəkil 34.3

sahəsinin pasiyentə təsiri, pasiyent elektrodları (PE) vasitəsilə həyata keçirilir. Bu elektrodlar generatorun anod rəqs konturu ilə induktiv əlaqədə olaraq, terapiyvi kontura qoşulmuşdur. İnduktiv əlaqə, xəstənin həmişə generatorda mövcud olan böyük sabit gərginliyinin təsiri altına düşməsinin qarşısını alır.

Terapevtik konturda gücün daha çox ayrılması, rezonans şərti ödəndikdə (yəni terapiyvi konturun sərbəst rəqsinin tezliyinin, generatorun anod rəqs konturunun tezliyi ilə üst-üstə düşdüyü halda) baş verir. Konturun sərbəst rəqsinin tezliyi ω onun induktivliyindən L və tutumundan C asılıdır: $\omega = 1/\sqrt{LC}$. Terapevtik konturun tutumu, pasiyent elektrodları arasındakı tutumu ilə, dəyişən kondensatorun tutumunun C_1 cəminə bərabərdir. Müxtəlif əməliyyatlarda pasiyent elektrodları arasındakı tutum dəyişdiyindən, hər dəfə kondensatorun tutumunu dəyişməklə, terapiyvi konturu rezonansa kökləmək lazımdır.

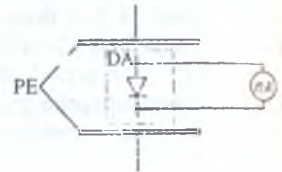
Cihazın bütün elektrik sxemi onun metal korpusunda yığılmışdır. Cihazın ayrı-ayrı elementlərini xarici elektromaqnit təsirdən qorumaq üçün ekranlaşdırılmışdır. İdarəetmə elementləri ön paneldə yerləşdirilməklə, uyğun yazılarla təchiz edilmişdir.

Gərginlik dəstəyi dövrədə gərginliyin rəqsi zamanı cihazın iş rejimini tənzim edir. Dövrədə gərginliyə nəzarət, **Nəzarət** düyməsini basmaqla əldə edilir. Generatorun gücünü dəyişmək üçün, **Güc** düyməsini basmaq lazımdır (Güc düyməsinin dörd vəziyyəti 0, 20, 40, 70 V mövcuddur).

Terapevtik konturun dəyişən kondensatorunun tutumu cihazın qabaq panelində yerləşən **Qurulma** düyməsinin köməyiylə dəyişdirilir. Terapevtik konturun Qurulmaya nəzarəti ölçü cihazının göstərişinin köməyiylə aparılır. Cihazın sağ yan divarında elektrodları müxtəlif vəziyyətlərdə qoymaq üçün xüsusi qurğu yerləşir.

Pasiyentin elektrodları arasında elektrik sahəsinin gərginliyinin paylanması, elektrodların ölçüsündən, onların arasındakı məsafədən və qarşılıqlı vəziyyətlərindən asılıdır. Gərginliyin paylanması dipol antenası (DA) vasitəsilə tədqiq edilir. Dipol antenası aralarında yarımkeçirici diod olan iki birləşmiş naqıldən ibarətdir (şəkil 34.4). Dipol antenası milliampermetrə birləşdirilmişdir.

Dipol antenasının konturunda yaranan cərəyanın şiddəti UYT aparatının elektrik sahəsinin gərginliyiylə mütənəsibdir. Dipol antenası ağac parçasının ucunda yerləşdirildiyindən, üsqi və şaquli istiqamətlərdə yerini dəyişə bilər. Ağac parçasının üzərinə hər santimetrdən bir, bölgülər çəkilmişdir ki, onların köməyiylə dipol antenasının pasiyent elektrodlarına nəzərən vəziyyətini təyin etmək olur.



Şəkil 34.4

UYT cihazın elektrik sahəsinin elektrolitlərə və dielektriklərə istilik təsirinə dövrəyə qoşulmuş küvetlər qoyulur. Küvetlərdə məhlulların miqdarı elə seçilir ki, onların istilik tutumları eyni olsun. Temperaturun dəyişməsi küvetlərin qapağına bərkidilmiş termometr vasitəsilə qeyd edilir.

****UYT-terapiya cihazı vasitəsilə işlədikdə qadağan edilir:**

- 1) cihazın təlimatı ilə tanış olmadan işə başlamaq;
- 2) cihaz dövrəyə qoşulduğu halda, onu yerlə birləşdirmək, və ya yerdən ayırmaq;
- 3) cihazın naqillərinə və elektrodlarına metal əşyalar yaxınlaşdırmaq;
- 4) dövrəyə qoşulmuş cihazın elektrodlarını və naqilini dəyişdirmək.

İŞİN GEDİŞİ

1. UYT cihazının elektrik sahəsinin fəzada paylanması tədqiqi:
 - a) cihazın elektrodlarını müəyyən məsafədə (müəllimin iştirakı ilə) saxlamaqla, onların arasında, mərkəzdə dipol antenasını yerləşdirməli. Bu halda antennaya birləşdirilmiş milliampermetr imkan daxilində cihazın elektrodlarından uzaqda yerləşdirilməlidir;
 - b) **Gərginlik** dəstəyini I vəziyyətində qoymaqla, UYT cihazını dövrəyə qoşmalı. Bu zaman signal lampası yanmalıdır; **Nəzarət** düyməsini basıb, **Gərginlik dəstəyini** fırladaraq, cihazın indikatorunun əqrəbini qırmızı sektorun ortasında yerləşdirməli, **Gücü** dəyişdirən dəstəyi verilmiş vəziyyətdə saxlamalı; **Qurulma** düyməsinin köməyi ilə indikator əqrəbinin maksimal meylinə nail olmalı;
 - c) dipol antenasının üfiqi müstəvidə mərkəzdən sağa və sola l_x məsafəsi qədər yerini dəyişərək, hər bir santimetr məsafədən sonra cərəyan şiddətini ölçməli;
 - ç) şaquli müstəvidə dipol antenasını mərkəzdən aşağı və yuxarı l_y məsafəsinə hərəkət etdirməklə, hər bir santimetr məsafədən sonra cərəyan şiddətini ölçməli;
 - d) ölçmənin nəticəsini cədvəl 1-də göstərməli;

Cədvəl 1

Üfiqi müstəvi				Şaquli müstəvi			
l_x	I	l_x	I	l_y	I	l_y	I
sm	mA	sm	mA	sm	mA	sm	mA

e) $I=f(l_x)$ və $I=f(l_y)$ qrafik asılılığını qurmalı.

2. Terapiya konturunun rezonans ayrılarının alınması:

- a) pasiyent elektrodlarını bir-birindən 10 sm məsafədə yerləşdirib, dipol antenasını onların arasında mərkəzdə qoymalı. **Qurulma** dəstəyini sol kənar vəziyyətdə saxlamalı;
- b) **Qurulma** dəstəyini fırladaraq, şkalanın hər n bölgəsindən bir milliampmetrin göstərişini (I cərəyan şiddətini) qeyd etməli;
- c) elektrodlar arasındakı məsafəni 20 sm götürərək, oxşar əməliyyatları təkrar etməli;
- ç) ölçmənin nəticələrini cədvəl 2-də verməli;

Cədvəl 2

N	I, mA

- d) elektrodlar arasındakı məsafənin iki müxtəlif qiymətlərində $I=f(n)$ qrafik asılılığını qurmalı.
3. UYT elektrik sahəsinin elektrolitlərə və dielektriklərə istilik təsirinin tədqiqi:
- a) xörək duzu məhlulu (elektrolit) və gənəgərçək yağı (dielektrik) ilə doldurulmuş küvetləri cihazın elektrodları arasında yerləşdirməli;
 - b) küvetlərdə məhlulların T_1 və T_2 temperaturalarını ölçməli;
 - c) cihazı dövrəyə qoşmalı və terapevtik konturu rezonansa kökləməli;
 - ç) 15 dəqiqə ərzində hər 3 dəqiqədən bir termometrin göstərişini qeyd etməli;
 - d) ölçmənin nəticəsini cədvəl 3-də qeyd etməli;

Cədvəl 3

$t, dəq$	$T_1, ^\circ S$	$T_2, ^\circ S$

- e) tədqiq olunan mayelərin temperaturunun, UYT elektrik sahəsinin təsir müddətindən t asılılıq qrafikini qurmalı $T=f(t)$.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 3.132, 3.137, 3.138.

Ədəbiyyat: [1], § 19.4, 23.6;

[2], t.1, § 57-60, t.2, § 15.1, 15.2;

[4], § 183.

QALVANİZASIYA APARATININ MÜALİCƏ DÖVRƏSİNDƏKİ
GÜCÜNÜN TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: Qalvanizasiya aparatı, dəyişən cərəyan mənbəyi, müqavimətlər mağazası, qurğuşun elektrodlar, tənzif, rezin lent, birləşdirici naqillər, şüşə qab

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Gərginliyi 60-80 V olan zəif sabit cərəyanla aparılan müalicə üsulu qalvanizasiya adlanır. Qalvanizasiya üsulunda müşahidə olunan fizioloji effektlər, sabit cərəyanın orqanizmə ilkin-fiziki təsirinin nəticəsi olaraq meydana çıxır. Ona görə də, sabit cərəyanın ilkin-fiziki təsirləri üzərində ətraflı dayanmaq.

Orqanizmin orqan və toxumaları elektrik xassələrinə görə bir-birindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənirlər. Ona görə də, bioloji sistemlər elektrik cərəyanına qarşı qeyri-bircins sistemlər kimi davranırlar. Bioloji obyektlər həm keçirici, həm də dielektrik xassələrinə malikdirlər. Hüceyrə və toxumalarda mövcud olan sərbəst ionlar bioloji toxumaların elektrik keçiriciliyini, müxtəlif makro quruluşlar (məsələn, membranlar və piy toxumaları və s.) isə, onların dielektrik xassələrini müəyyən edir.

Sabit cərəyanın orqanizmə ilkin təsirini anlamaq üçün, orqanizmin keçirici-elektrolit və dielektrik toxumalarında gedən prosesləri ətraflı nəzərdən keçirək.

Elektrolitlərin elektrik keçiriciliyi. Əvvəlcə naqillərin elektrik keçiriciliyinə nəzər salaq. Naqıl boyunca müsbət elektrik yüklərinin istiqamətlənmiş hərəkətinin trayektoriyası cərəyan xətləri adlanır. Cərəyan xətlərinin toxunanı yüklərin nizamlı hərəkətinin sürətinin istiqamətini göstərir. Adətən, cərəyan xətlərini yüklərin sürətilə deyil, cərəyanın sıxlığı əlaqələndirirlər.

Cərəyanın sıxlığı dedikdə, yüklü zərrəciklərin hərəkət istiqamətinə perpendikulyar olan vahid səthdən vahid zamanda keçən yükün miqdarı başa düşülür:

$$j = \frac{dq}{dsdt} = \frac{dI}{ds},$$

burada ds - səthin kiçik elementi, dq - həmin səthdən keçən yükün miqdarı, dt - yükün keçmə müddəti, dI - isə, müəyyən səthdən vahid zamanda keçən yükün miqdarına bərabər olan cərəyan şiddətidir ($dI = dq/dt$).

Cərəyanın sıxlığı, sərbəst yüklərin n konsentrasiyası, istiqamətlənmiş hərəkətinin v sürəti və q yükü ilə düz mütənəsidir:

$$j = qnv.$$

İnsan orqanizminin 60-70 %-ni maye mühit-elektrolitlər təşkil edir. Qan plazması, limfa, müxtəlif toxuma mayesi, beyinin ağ maddəsi, öd və s. elektrik xassələrinə görə elektrolitlərdir. Elektrolitlərdə elektrik cərəyanı, xarici elektrik sahəsinin təsiri nəticəsində ionların nizamlı hərəkətindən ibarətdir.

Beləliklə, elektrolitlərdə elektrik keçiriciliyi metallardakı elektrik keçiriciliyinə oxşardır. Hər iki mühitdə cərəyan daşıyıcıları xarici elektrik sahəsindən asılı olmayaraq, mövcuddurlar. Ona görə də elektrolitlər üçün də (1) münasibəti doğrudur. Ancaq metallardan fərqli olaraq, elektrolitlərdə elektrik cərəyanı həm mənfəi, həm də müsbət ionların nizamlı hərəkətindən ibarət olduğundan, bu münasibəti müsbət və mənfəi ionlar üçün ayrı-ayrılıqda nəzərə almaq lazımdır, yəni

$$j_+ = qn_+v_+, \quad j_- = qn_-v_-.$$

Onda cərəyanın yekun sıxlığı

$$j = j_+ + j_- = q(n_+v_+ + n_-v_-). \quad (2)$$

Burada q - ionun yükü (hər iki işarəli ionun yükü bərabərdir), n_+ və n_- , v_+ və v_- uyğun olaraq, müsbət və mənfəi ionların konsentrasiyaları və onların nizamlı hərəkətinin orta sürətləridir.

Sabit elektrik sahəsində ionların istiqamətlənmiş hərəkətini təxmini olaraq bərabərsürətli hesab etmək olar. Onda elektrik sahəsi tərəfindən iona təsir qüvvə (qE) sürtünmə qüvvəsinə (rv) bərabər olar:

$$qE = rv.$$

Burada r sürtünmə əmsəlidir. $q/r=b$ ilə əvəz etsək,

$$v = bE$$

alırıq. Düstura daxil olan b mütənəsblik əmsalı ionların *yürüklüyü* adlanır. Aldığımız ifadəni müxtəlif işarəli ionlar üçün də yazı bilərik:

$$v_+ = b_+E \quad \text{və} \quad v_- = b_-E.$$

Bu ifadələri (1) düsturunda yerinə yazsaq,

$$j = e(b_+n_+ + b_-n_-)E \quad (3)$$

Alırıq. Elektrolitin elektro neytral olduğunu nəzərə alsaq, onda müsbət və mənfəi ionların konsentrasiyası bərabər olar:

$$n_+ = n_- = n.$$

Burada α - elektrolitdə dissosiasiya edərək, ion yaradan neytral molekulların dissosiasiya dərəcəsidir, n - həmin molekulların konsentrasiyasıdır. Onda elektrolitdə cərəyan sıxlığını belə yazı bilərik:

$$j = ne\alpha(b_+ + b_-)E. \quad (4)$$

Elektrolitin düzbucaqlı paralelopiped şəklində olduğunu fərz edək. Paralelipipedin oturacaqları arasındakı məsafəni l , oturacağının sahəsini isə, S ilə işarə edək (şəkil 35.1). Onda (3) ifadəsinin hər tərəfini S -ə vuraraq və $E = U/l$ olduğunu nəzərə alsaq, yazı bilərik

$$jS = ne\alpha(b_+ + b_-)\frac{U}{l}S. \quad (5)$$

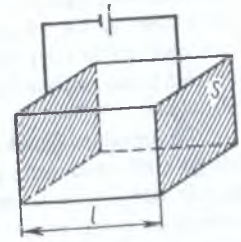
Burada U - gərginlikdir. Aldığımız ifadədə $I=jS$ olduğunu nəzərə alsaq, dövrə hissəsi üçün Om qanununa ($I=U/R$) uyğun olaraq, elektrolitin müqaviməti üçün

$$R = \frac{l}{S} [ne\alpha(b_+ + b_-)]^{-1} \quad (6)$$

alırıq. Bu ifadəni $R = \rho l/S$ düsturu ilə müqayisə etsək, elektrolitin xüsusi keçiriciliyi γ

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = ne\alpha(b_+ + b_-) \quad (7)$$

düsturu ilə ifadə olunur. (7)-dən göründüyü kimi, elektrolitin xüsusi keçiriciliyi dissosiasiya edən molekulların dissosiasiya dərəcəsindən və onların konsentrasiyasından, ionların yürüklüyündən və yükündən xətti asılıdır. Elektrolitin temperaturu artdıqca ionların yürüklüyü və dissosiasiya



Şəkil 35.1

dərəcəsi (yəni sərbəst yük daşıyıcılarının sayı) artır və beləliklə elektrolitlərin elektrik keçiriciliyi artmış olur.

Beləliklə xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə bioloji toxumalarda sıxlığı (3)-lə təyin olunan cərəyan yaranır.

Bu zaman müsbət yüklü ionlar (kationlar) mənfi elektroda (katoda), mənfi yüklü ionlar (anionlar) müstəb elektroda (anoda) doğru hərəkət edərək, elektrodlarda reduksiya və oksidləşmə hadisələrinə məruz qalırlar. Bunun nəticəsində elektrodlarda yüksək kimyəvi aktivliyə malik atomların ayrılması, yəni *elektroliz* hadisəsi baş verir. Bu atomların su molekulları ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində katodun altında qələvi, anodun altında isə, turşu toplanır. Bu maddələrin konsentrasiyası artdıqca, onlar toxumalara aşındırıcı və yandırıcı təsir göstərməyə başlayır. Bu zaman dəridə yaralar əmələ gəlir və bu yaralar *qalvanik yaralar* adlanılır. Bunun qarşısını almaq üçün elektrodla dəri arasına suda isladılmış tənzif qatı qoyulur ki, bu sulu qat elektroliz məhsullarının sıxlığının azaldılmasına, yəni seyrəldilməsinə xidmət edir.

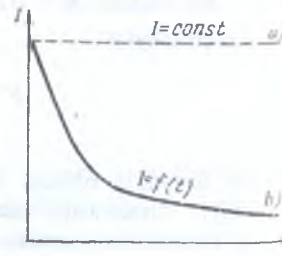
Toxumalarda elektrik cərəyanının sıxlığı da bərabər paylanmır. Məlum olduğu kimi, cərəyanın sıxlığı toxumaların elektrik keçiriciliyindən asılı olub sahənin qərginliyi ilə müəyyən olunur. Ona görə də, qalvanizasiya zamanı toxumanın dərin maye qatlarında cərəyanın sıxlığı ən yüksək olur. Bunun nəticəsində orqanizmin lokal qan dövranının tənzimlənməsi aktivləşir, bioloji aktiv maddələrin miqdarı artır, damarların en kəsiyinin sahəsi böyüyür və hiperemiya yaranır.

İndi isə, toxumanın dielektrik qatlarında baş verən hadisələri nəzərdən keçirək.

Təcrübələr göstərir ki, sabit elektrik cərəyanı dövrəsinə qoşulmuş bioloji sistemlərdə, dövrəyə verilən elektrik gərginliyi sabit qalsa da, dövrədə cərəyan şiddəti zaman keçdikcə azalır (şəkil 35.2) və müəyyən müddətdən sonra özünün sabit qiymətinə çataraq qərarlaşır. Bu zaman cərəyan şiddətinin qiyməti özünün başlanğıc qiymətindən 100 dəfələrlə kiçik olur. Om qanununun tələblərinə görə, gərginlik sabit qaldıqda, cərəyan şiddətinin qiyməti də sabit qalmalı idi (şəkil 35.2a).

Bioloji sistemlərdə müşahidə olunan bu hadisə orqan və toxumalarda baş verən *polyarlaşma* hadisəsilə izah olunur.

Bioloji toxumalardan sabit elektrik cərəyanının keçdikdə, onda müəyyən bir həddə qədər artan və xarici sahənin əksinə yönələn və zamandan asılı olaraq dəyişən (artan) *polyarlaşma elektrik hərəkət qüvvəsi* $E(t)$ yaranır. Polyarlaşma e.h.q. zamanın funksiyası olaraq, toxumalarda xarici elektrik sahəsinin effektiv qiymətini azaldır. Polyarlaşma e.h.q.-ni nəzərə alsaq, şəkil



Şəkil 35.2

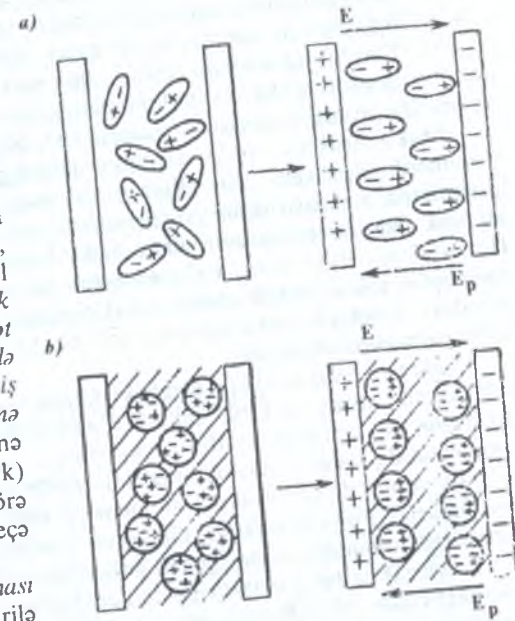
35.2b-də təsvir olunan cərəyan şiddətini ifadə edən Om qanununu aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$I = \frac{U - \varepsilon(t)}{R} \quad (8)$$

Polyarlaşma e.h.q.-nin yaranması, bioloji toxumalardan sabit elektrik cərəyanı keçdikdə, toxumaların elektrik yüklərini toplamaq qabiliyyəti (tutum xassəsi) ilə, yəni dielektrik xassələri ilə bağlıdır.

Bioloji toxumalarda mövcud olan sərbəst ionlar xarici sahənin təsiri ilə hərəkət edərək, toxumalarda *keçiricilik cərəyanı* yaradır. Toxumalarda mövcud olan bağlı yüklər isə, xarici sahənin təsiri ilə fırlanma edərək, oriyentasiyanı dəyişir (şəkil 35.3a). Bağlı yüklərin elektrik sahəsinin təsiri ilə hərəkət etməsi və bunun nəticəsində xarici sahənin əksinə yönəlmiş sahənin yaranması prosesinə *polyarlaşma* deyilir. Təbiətinə və baş vermə (xarakterik) müddətinə görə polyarlaşmanın bir neçə növünü fərqləndirirlər.

Elektron polyarlaşması elektrik sahəsinin təsiri ilə atomlarda, və ya ionlarda müsbət yüklü nüvələrə nəzərən, elektron buludunun yerdəyişməsi hadisəsindən ibarətdir. Bu prosesin xarakterik müddəti $10^{-16} - 10^{-14}$ saniyədir. *Ion polyarlaşması*, bərk cisimlərdə baş verir. Bu zaman kristalın müsbət yüklü düyünlərinə nəzərən, sərbəst elektron buludunun sürüşməsi baş verir. Bu prosesin xarakterik müddəti $10^{-14} - 10^{-12}$ saniyədir. *Dipol polyarlaşması* zamanı dipol momentinə malik olan molekullar xarici sahənin təsiri ilə oriyentasiyasını dəyişir (şəkil 35.3a). Polyarlaşmanın bu növü bioloji sistemlərdə çox böyük əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, bioloji toxumalarda böyük dipol momentinə malik olan müxtəlif maddə molekulları, (məsələn



Şəkil 35.3

su, müxtəlif orta kütləli üzvi turşular, yüksək molekulu birləşmələr, zülallar və s.) mövcuddur. Onların bir çoxu, məsələn zülallar, hüceyrələrə quruluş vəzifə bilən molekulardır. Onların fəzadakı vəziyyətinin (oriyentasiyasının) dəyişməsi bioloji mikroquruluşların ciddi dəyişməsinə, bu isə öz növbəsində hüceyrənin fizioloji halının dəyişməsinə səbəb olur. Dipol polyarlaşmasında xarakterik müddəti daha böyük intervalda dəyişir: $10^{-13} + 10^{-7}$ san.

Makrostruktur polyarlaşması elektrik keçiriciliyi bir-birindən fərqlənən qatların birləşməsindən ibarət olan quruluşlarda vəş verir. Belə bir quruluş misal olaraq, hüceyrə membranını, hüceyrə daxili orqanoidlərin membranlarını və s. göstərmək olar. Xarici sahənin təsiri ilə, bu quruluşların keçirici qatlarında olan ionlar, bu qatlarla təmasda olan dielektrik qatına tərəf yerdəyişmə icra edərək, bu iki qatın sərhəddi boyunca sıxlaşırlar (şəkil 35.3b). Bunun nəticəsində bütöv bir makroquruluşda dipol momenti yaranır və quruluş özünü dipol momentinə malik olan nəhəng molekul kimi aparır. Bu prosesin xarakterik müddəti $10^{-8} + 10^{-3}$ san intervalında olur.

Makrostruktur polyarlaşması heterogen quruluşa malik olan sistemlərdə baş verə bilər. Bioloji sistemlər heterogen olduğundan, bu sistemlərdə makrostruktur polyarlaşması çox böyük əhəmiyyət daşıyır və bir çox fizioloji proseslərin ilkin fiziki başlanğıcı, yəni səbəbi ola bilər. Hüceyrələrdə baş verən makrostruktur polyarlaşması hüceyrənin bütün həcmində (təkcə membranında yox) yaranır və bioloji sistemlərin sabit sahədəki dielektrik nüfuzluğunun çox böyük (bir neçə milyon) qiymətə qədər çatmasına səbəb olur.

Səthi polyarlaşma ikiqat elektrik yükünə malik olan səthlərdə baş verir. Belə sistem xarici elektrik sahəsinə gətirildikdə qatlarda olan elektrik yüklərinin istiqamətlənmiş diffuziyası yaranır: müxtəlif işarəli yüklər əks istiqamətlərdə hərəkət edərək, əks adlı yüklə yüklənmiş iki təbəqə əmələ gəlir. Bu sistem də özünü dipol momentinə malik olan makroskopik sistem kimi aparır. Polyarlaşmanın bu növü xarakterik müddəti $10^{-3} + 1$ san intervalında olmaqla, ən ləng gedən polyarlaşma növüdür.

Polyarlaşmanın yuxarıda göstərilən bütün növləri bioloji sistemlərdə müşahidə oluna bilər. Bunun nəticəsində, toxumaların sabit cərəyana qarşı effektiv müqaviməti əhəmiyyətli dərəcədə artır, yəni sabit elektrik sahəsində bioloji sistemlərin dielektrik nüfuzluğu min dəfələrlə artır.

Hüceyrələr sabit elektrik sahəsində özlərini təkcə yuxarıdakı passiv quruluşlar kimi aparmır. Sabit elektrik sahəsində hüceyrənin elektrofunksional xassəsi də dəyişir və nəticədə *elektrodiffuziya* və *elektroosmos* hadisələri də yaranır.

Elektrodiffuziya hadisəsi.

Hüceyrə membranları xarici sabit elektrik sahəsinin təsirinə məruz qaldıqda, membrana yaxın elektrilit mühitlərində ionların yenidən paylanması baş verdiyindən, membranın müxtəlif molekulara qarşı keçiriciliyi artır və bunun nəticəsində həmin molekulaların diffuziyası

artır. Bu hadisə *elektrodiffuziya* adlanır. Elektrodiffuziya nəticəsində hüceyrəyə daxil olma sürəti artan zülallar, hormonlar və s. bioloji aktiv maddələr nəticədə hüceyrə daxili metabolik proseslərin sürəti əhəmiyyətli şəkildə dəyişir ki, bu da uyğun fizioloji dəyişikliklərlə nəticələnir.

Elektroosmos.

Xarici elektrik sahəsi elektroneytral molekulaların diffuziyasını sürətləndirməklə yanaşı, müxtəlif ionların (Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- və s.) da hüceyrə daxilində nüfuz etməsini asanlaşdırır. Bu ionlar məhlullarda hidratlaşmış vəziyyətdə olurlar. Onların hərəkətilə bağlı olaraq, müəyyən qədər su molekulaları da hüceyrə membranlarından daşınır. Kationların hidrat təbəqəsi anionlardan daha qalın olduğundan, katod altında su molekulalarının miqdarı artır, anod altında isə azalır. Bu hadisə nəticəsində əlavə osmotik təzyiq yaranır. Bu hadisə *elektroosmos* adlanır.

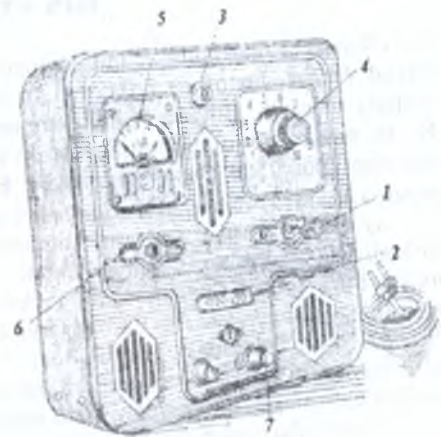
Beləliklə, qalvanizasiya zamanı, yuxarıda bəhs edilən dörd əsas proses: elektroliz, polyarlaşma, elektrodiffuziya və elektroosmos nəticəsində hüceyrədə ciddi fizioloji dəyişikliklər yaranır.

Təyinatından asılı olaraq, qalvanizasiyanın, yerli, seqmentar və ümimiləşmiş aparılma üsulları mövcuddur. Bu üsullar sümük-əzələ sisteminin, periferik sinir sistemi, mərkəzi sinir sisteminin vegetativ pozğunluqları və s. xəstəliklərdə tətbiq olunur.

Bu işdə qalvanizasiya zamanı dövrənin effektiv gücünün təyin edilməsi haqda bəhs ediləcək.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Qalvanizasiya aparatı mahiyyət etibarilə sabit cərəyan mənbəyidir. Cihazın yuxarı sol hissəsində milliampermetr (5), ortada işarə lampası (3), sağda potensiometrin dəstəyi (4), aşağıda milliampermetrin şuntı (çevirgəci) (6), sağda-cihazı dövrəyə qoşmaq üçün açar (1), cihazın korpusunun ön tərəfinin aşağı hissəsində müsbət və mənfi işarələri yazılmış iki ədəd sıxac (7), aşağı orta hissəsində 127-220 V gərginlik mənbəyi göstərən rəqəm (2) yerləşdirilmişdir (şəkil 35.4). Xəstənin bədəninin müəyyən hissəsində yerləşdirilmiş elektrodlar bu



Şəkil 35.4

sıxaqlara birləşdirilir. Qalvanizasiya aparatı 220 V gərginliyə malik dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulur. Onun çıxışından isə, bir neçə mA sabit cərəyan alınır ki, bu cərəyan da orqanizmə verilir.

Qalvanizasiya aparatının düzgün işləməsini diqqətlə yoxlamadan xəstəni dövrəyə daxil etmək olmaz. Aparat düzgün işləməzsə, xəstə müalicə əvəzinə elektrik zədəsi alır, bu da məlum olduğu kimi təhlükəli nəticələr verə bilər. Odur ki, aparat 220 V gərginlikli dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulduqdan sonra dövrəni 1 və 2 açarı ilə qapadıqda işarə lampası yanarsa, onda aparatın düzgün işləməsini yoxlamaq olar. Yoxlama aşağıdakı kimi aparılır.

Dövrə açılır, potensiometrin dəstəyi sol tərəfdə sıfır bölgüsünün üzərinə qoyulur. Bu zaman milliampermetrin əqrəbi onun şkalasının sıfır bölgüsü üzərində olmalıdır. Xəstəni dövrəyə birləşdirmək üçün işləyən sıxaqlara 500-600 Om müqavimətli reostat birləşdirilir (yaxud da müqavimətlər mağazını qoşulur).

1 açarı qapanır, aparatın qızması üçün 2-3 dəqiqə vaxt keçdikdən sonra potensiometrin dəstəyi saat əqrəbinin hərəkət istiqamətində bərabər sürətlə hərəkət etdirildikdə milliampermetrin əqrəbi, onun şkalası üzərində titrəmədən müntəzəm hərəkət edərsə və habelə, potensiometrin dəstəyi saat əqrəbinin əks istiqaməti üzrə axıra qədər hərəkət etdirildikdə yenə də milliampermetrin əqrəbi son vəziyyətdən şkala üzrə titrəmədən sıfır qədər müntəzəm hərəkət edərsə, o zaman aparat düz işləyir. Yalnız bundan sonra xəstəni müalicə etmək olar və ya 1 açarını açıdıqdan sonra reostatı (müqavimətlər mağazasını) sıxaqlardan çıxarmaq olar.

İŞİN GEDİŞİ

Bilirik ki, hər hansı R müqavimətdə sabit cərəyanın gücünü $P=IU$ və yaxud $P=I^2R$ düsturları ilə təyin etmək olar. Biz əsasən ikinci ifadədən istifadə edəcəyik. Burada I - milliampermetrlə təyin edilən cərəyan şiddəti, R - isə toxumanın omik müqavimətidir (bu müqavimət orta yaşlı şəxs üçün təqribən 2000-2500 Om-a bərabərdir). Bu gücün təyini insan orqanizmi əvəzinə dövrəyə müqavimətlər mağazını qoşmaqla da təyin etmək olar.

a) Qalvanizasiya aparatının gücünü tampaq üçün aparatı xəstəyə birləşdirilən sıxaqlarını, müqaviməti 2500 Om olan müqavimətlər mağazasına (insan bədəninin müqavimətinə bərabərdir) birləşdirməli və aparatı dəyişən cərəyan dövrəsinə (gərginliyi 220 V olan) daxil etməli;

b) işarə lampası (indikator) yandıqdan 1-2 dəqiqə sonra potensiometrin dəstəyini saat əqrəbinin hərəkət istiqamətində yavaş-yavaş hərəkət etdirməklə, milliampermetrin maksimum göstərişinə nail olmalı;

c) sonradan müqavimətin 2500 Om qiymətində, cərəyan şiddətinin maksimum qiymətini qeyd etməli. Həmin əməliyyatı müqaviməti hər dəfə

500 Om azaltmaqla təkrar etməli. Beləliklə, müqavimətin 2500, 2000, 1500, 1000 və 500 Om qiymətlərində uyğun I_1, I_2, I_3, I_4 və I_5 qiymətləri almar. Bundan sonra aparatı dəyişən cərəyan mənbəindən ayırmalı;

ç) $P=I^2R$ düsturunda bu təcrübi nəticələrə əsasən uyğun N gücünü hesablamalı, təcrübənin $\bar{N}$ orta qiymətini təyin etməli və onun mütləq və nisbi xəstələri hesablamalı.

Qalvanizasiya aparatının müalicə dövrəsindəki gücünü, xəstəni dövrəyə qoşmaqla da təyin etmək olar. Bu məqsədlə qalvanizasiya aparatının xəstəyə birləşdirilən sıxaqlarını 75-150 V sabit cərəyan gərginliyini ölçməyə hesablanan voltmetrə birləşdirməli və aparatı dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşmalı. Sonra aparatı potensiometrinin dəstəyi vasitəsilə cərəyan şiddətini dəyişməklə, alınan nəticələr əsasında axtarılan gücü $N=UI$ düsturu ilə hesablamalı.

Məsələlər:

Hall etməli [5], 3.21, 3.50, 3.51.

Ədəbiyyat: [1], § 15.1-15.4, 19.1
[4], § 115, 121-123, 133-135.

MİKROSKOPUN BÖYÜTMƏSİNİN TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: mikroskop, mikrometrli şkala, millimetr bölgülü xətkəş, stolüstü lamp

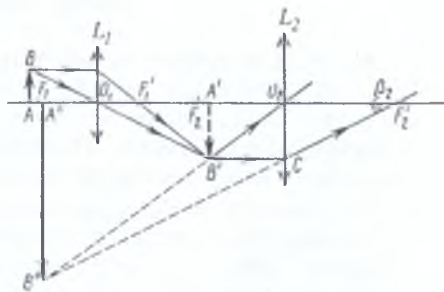
NƏZƏRİ MƏLUMAT

Mikroskop tibbi və bioloji tədqiqat laboratoriyalarında işlədilən ən vacib cihazlardan biridir. Mikroskop, cisimlərin böyüdülmüş xəyalını almaq üçün işlədilir. Sadə mikroskopun optik sxemi əsasən iki optik sistemdən-obyektiv və okulyardan ibarətdir. Obyektiv cismə tərəf, okulyar isə gözə tərəf yerləşdirilir. Obyektiv cismə həqiqi, böyüdülmüş və çevrilmiş xəyalını yaradır. Xəyalın ölçüsü obyektivin fokus məsafəsilə cismədən obyektivə qədər olan məsafədən asılıdır.

Mikroskopun obyektivi yaxın məsafələrdə yerləşən kiçik cisimlərə baxmağa nəzərdə tutulduğu üçün, onun fokus məsafəsi kiçik götürülür və cisim, fokus məsafəsindən azca böyük məsafədə yerləşdirilir ki, cismə kifayət qədər böyüdülmüş xəyalını almaq mümkün olsun.

Cihazın fokuslanması, yəni cismə aydın xəyalının alınmasının təmin edilməsi, ya obyektivlə okulyar arasındakı məsafəni dəyişməklə, ya da bütövlüklə cihazın cismə nəzərən yerdəyişməsilə əldə edilir. Sadəlik üçün şəkil 36.1-də cismə xəyalını qurduqda, obyektivin linza sistemi - L_1 toplayıcı linzası ilə, okulyarın linza sistemi isə - L_2 linzası ilə əvəz edilmişdir.

Mikroskopda AB cismi obyektivin qabağında, onun fokus məsafəsindən bir az böyük məsafədə yerləşdirilir. Bu halda cismə xəyalı obyektivin arxasında, ayrilik mərkəzindən uzaqda böyüdülmüş, həqiqi və çevrilmiş alınır. Alınmış xəyal $A'B'$ okulyar üçün cismə rolunu oynayır və okulyarın fokus nöqtəsilə onun optik mərkəzi arasında (fokus nöqtəsinə yaxın) yerləşir. Okulyar vasitəsilə $A'B'$ cismənin $A''B''$ böyüdülmüş mövhumi xəyalı ən yaxşı görmə məsafəsində alınır. Beləliklə, mikroskopun xətti böyütməsi



Şəkil 36.1

$$\gamma = \frac{A''B''}{AB}, \quad (1)$$

burada $A''B''$ xəyalın, AB - isə cismin xətti ölçüləridir.

Aldığımız ifadənin sürət və məxrəcini $A'B'$ -ə vursaq, yaza bilərik

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} \cdot \frac{A''B''}{A'B'} = \gamma_{ob} \cdot \gamma_{ok}, \quad (2)$$

burada γ_{ob} və γ_{ok} , uyğun olaraq, obyektivin və okulyarın böyütməsidir. Deməli, mikroskopun böyütməsi obyektiv ilə okulyarın böyütmələrinin hasilinə bərabərdir.

Şəkil 36.1-dən üçbucaqların oxşarlığından istifadə etsək, yaza bilərik

$$\gamma_{ob} = \frac{A'B'}{AB} = \frac{f_1}{F_1}, \quad \gamma_{ok} = \frac{A''B''}{A'B'} = \frac{f_2}{F_2},$$

burada f_1 və f_2 uyğun olaraq, obyektivdən və okulyardan $A'B'$ və $A''B''$ xəyallarına qədər olan məsafələrdir. Burada F_1 və F_2 obyektiv və okulyarın fokus məsafələri uyğun olaraq, cisim məsafələri ilə əvəz edilmişdir ($F_1 \approx AO_1$, $F_2 \approx AO_2$).

f_2 məsafəsinin ən yaxşı görmə məsafəsinə D bərabər olduğunu nəzərə alsaq, mikroskopun xətti böyütməsi

$$\gamma = \frac{Df_1}{F_1 \cdot F_2} \quad (3)$$

olar.

(3) ifadəsindən alınır ki, düstura daxil olan F_1, F_2 və f_1 kəmiyyətlərini uyğun seçməklə, cismin istənilən böyüklükdə xəyalını almaq olar. Lakin, cisimlərin kiçik hissələrinin böyüdülmə imkanı məhdud olduğundan, 1500-2000 dəfədən çox böyüdən mikroskoallardan praktikada istifadə olunmur. İdeal halda belə, adi mikroskop vasitəsilə ölçüsü $0,1 \text{ mkm}$ -dən kiçik olan detalları ayırd etmək mümkün deyildir. Bu məhdudiyyət, baxılan cismin quruluşunda baş verən, difraksiya hadisəsilə əlaqədardır. Bununla bağlı olaraq, mikroskopun ayırdetmə hədudu və ayırdetmə qabiliyyəti anlayışlarından istifadə olunur. *Ayırdetmə qabiliyyəti cismin ayrı-ayrılıqda görünə bilən iki ən yaxın nöqtəsi arasındakı məsafə ilə xarakterizə olunur.* Bu məsafə nə qədər kiçik olarsa, ayırdetmə qabiliyyəti də o qədər böyük olar.

Bu məsafədən daha kiçik məsafələrdə yerləşən nöqtələri, mikroskopda ayırmaq mümkün deyildir, yəni onlar bir nöqtə kimi görünürlər.

Ayırdetmə qabiliyyətini təyin etmək üçün, mikroskopun obyektivinin qarşısına qoyulmuş difraksiya qəfəsinin verdiyi interferensiya mənzərəsinə nəzər salmaq (şəkil 36.2). Fərz edək ki, qəfəs dalğa uzunluğu λ olan paralel işıq dəstəsi ilə şüalandırılır. Difraksiya nəzəriyyəsinə görə işıq şüaları qəfəsin arxasında yalnız

$$m\lambda = d \sin \varphi$$

şərtini ödəyən, φ bucaqları altında yayılırlar. Burada d -qəfəsin periodu, $m=0, 1, 2, \dots$ -difraksiya maksimumlarının tərtibidir.

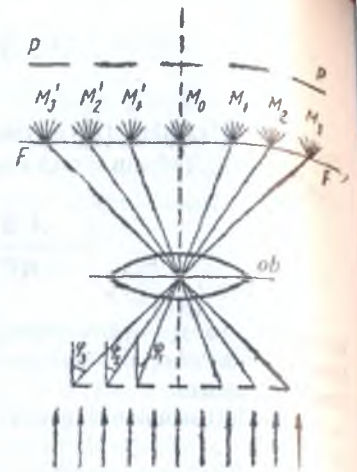
Obyektivin ob fokal müstəvisində FF mikroskopun optik oxu üzərində sıfırıncı maksimum M_0 alınır. φ_1 bucağı altında

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{\lambda}{d}$$

meyl edən şüalar M_1 və M_2 nöqtələrində birinci tərtib difraksiya maksimumlarını; φ_2 - bucağı altında

$$\varphi_2 = \arcsin \frac{2\lambda}{d}$$

meyl edən şüalar M_2 və M_2' nöqtələrində ikinci tərtib difraksiya maksimumları və s. yaradırlar. Beləliklə, koherent şüaların interferensiyası nəticəsində difraksiya maksimumlarına uyğun olaraq, PP müstəvisində difraksiya qəfəsinin xəyalı alınır. Göstərmək olar ki, düzgün xəyal almaq üçün bütün maksimumları yaradan şüalar prosesdə iştirak etməlidirlər. Əgər xəyalın yaranmasında yalnız M_0 nöqtəsinə gələn şüa dəstəsi iştirak edərsə, ekran bərabər işıqlanar və heç bir xəyal alınmaz. Xəyal alınan zaman iki nöqtəni bir-birindən fərqləndirməkdən ötrü sıfırıncı maksimumu yaradan şüalardan başqa, heç olmasa birinci maksimumu yaradan şüalar da iştirak etməlidirlər. Başqa sözlə, ayırd edilən iki nöqtə arasındakı ən kiçik məsafə (mikroskopun ayırdetmə məsafəsi) aşağıdakı şərti ödəməlidir ($n=1$ olduqda)



Şəkil 36.2

$$d = \frac{\lambda}{\sin \varphi} \quad (4)$$

Verilmiş hal üçün 2φ bucağı, baxılan nöqtələrlə A, B obyektivin optikasından keçən şüalar arasındakı bucaqdır (şəkil 36.3). Əgər obyektivlə cisim arasındakı mühit sındırma əmsalı n olan maddə ilə (immersiya mayesi) doldurulmuşdursa, onda işıq dalğasının uzunluğu dəyişər $\lambda = \lambda_0/n$ (λ_0 - boşluqda işığın dalğa uzunluğudur). Onda

$$d = \frac{\lambda_0}{n \sin \varphi} \quad (5)$$

olar.

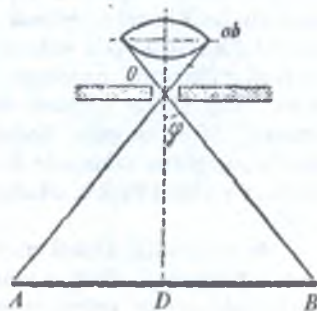
$A = n \sin \varphi$ kəmiyyəti mikroskopun ədədi aperturası adlanır. Ədədi apertura nə qədər böyük olarsa, mikroskopda daha kiçik hissələri görmək mümkündür.

Bioloji obyektləri (məsələn mikrobları) öyrəndikdə, obyektivin ədədi aperturasının qiymətini bilmək lazımdır ki, müxtəlif ölçülü obyektləri ayırd etmək üçün obyektiv düzgün seçilsin.

Normal göz üçün ən yaxşı görmə məsafəsi 25 sm-dir. Bu şərt daxilində hesab olunur ki, insanın gözü, bir-birindən 0,1 mm-dən kiçik olmayan məsafələrdə yerləşən, iki nöqtəni ayrılıqda görə bilir. Bu məsafə adi gözün (optik cihazın köməyi olmadan) ayırdetmə məsafəsidir. Ona görə də mikroskopun böyütməsi elə olmalıdır ki, gözə çatan xəyalın ölçüsü, gözün ayırdetmə məsafəsindən, yəni 100 mkm-dən çox olsun.

(5) düsturundan görünür ki, mikroskopun ayırdetmə hədudunu azaltmaq üsullarından biri, kiçik dalğa uzunluğuna malik olan işıqdan istifadə etməkdir. Bu məqsədlə ultrabənövşəyi mikroskopdan istifadə edirlər. Belə mikroskoplarda mikroobyekt ultrabənövşəyi şüalarla tədqiq edilir. İnsanın gözü ultrabənövşəyi şüaları hiss etmədiyindən, xəyalı müşahidə etmək üçün fotolövhələrdən, lüminessent ekranlardan, və ya da elektron-optik çeviricilərindən istifadə edilir.

Mikroskopun ayırdetmə hədudunu azaltmağın başqa üsulu, onun ədədi aperturasının artırılmasıdır. Bu da, həm obyektivlə cisim arasındakı mühitin sındırma əmsalının və həm də apertur bucağının böyüdülməsi yolu ilə əldə edilir. Bu məqsədlə, obyektivlə cisim arasındakı fəza xüsusi maye ilə - immersiyalı mühitlə



Şəkil 36.3

doldurulur. İmmersiyalı mühit kimi qliserin ($n=1,45$), sidr ağacının yağı ($n=1,515$), monobromnaftalin ($n=1,66$) və s. məhlullardan istifadə olunur. İmmersiyalı obyektivlərdə həm xəyalın parlaqlığı, və həm də mikroskopun ayırdetmə qadiliyyəti artır.

Müasir mikroskoplarda apertur bucağı ən böyük qiymətə - 70° -yə çatdırılır. Bucağın bu qiymətində quru sistemli mikroskopun aperturası və ayırdetmənin minimum həddi, uyğun olaraq, $A=0,94$ və $z=0,3$ mkm-ə, yağ immersiyalı mikroskoplarda isə, həmin göstəricilər olaraq, $A=1,43$ və $z=0,19$ mkm-ə bərabərdir.

Mikroskopdan tibbi və bioloji tədqiqatlarda kiçik cisimlərin ölçülərini təyin etmək üçün geniş istifadə olunur. Bu məqsədlə mikroskop xüsusi qurğu ilə - okulyar-vintli mikrometrlə təchiz edilir. Mikrometr okulyarın yerinə mikroskopun tubusunun yuxarı oturacağına taxılır. Mikrometrin optik hissəsi okulyarın linzasından, tərpənməz bərkidilmiş və dərəcələrə bölünmüş şüşə lövhədən, üzərində bölgülərə paralel iki şaquli və çarpaz xətlər çəkilmiş, hərəkət etdirilə bilən şüşə lövhədən ibarətdir. Şüşə lövhə mikrometrin bölgüləri boyunca, mikrometrli vintin köməyiylə yerini dəyişə bilər.

Okulyar-vintli mikrometr tubusa elə bərkidilir ki, dərəcələnməmiş şüşə lövhə mikroskopun obyektivinin yaratdığı həqiqi xəyalla bir müstəvidə yerləşsin. Bu halda okulyara baxdıqda, dərəcələnməmiş lövhənin xəyalı, cismin xəyalı ilə üst-üstə düşür. Mikrovintin köməyiylə hərəkət etdirilə bilən şüşə lövhənin yerini dəyişməklə, çarpaz xətt əvvəlcə baxılan cismin bir kənarı ilə, sonra isə, cismin o biri kənarı ilə üst-üstə salınır. Beləliklə, alınmış xəyalın mikrometrli şkalanın neçə bölgüsünə uyğun gəldiyi təyin olunur.

Çarpaz xətt çəkilmiş lövhənin mikrometrli şkalanın bir bölgüsü qədər yerdəyişməsi, mikrometrli vintin bir tam dövr etməsinə uyğundur. Mikrometrli vintin barabanı 100 hissəyə bölünmüşdür. Beləliklə, okulyar-vintli mikrometrin köməyiylə şkalanın bölgüsünün 0,01 dəqiqliyiylə cisimlərin ölçüsünü tapmaq olar.

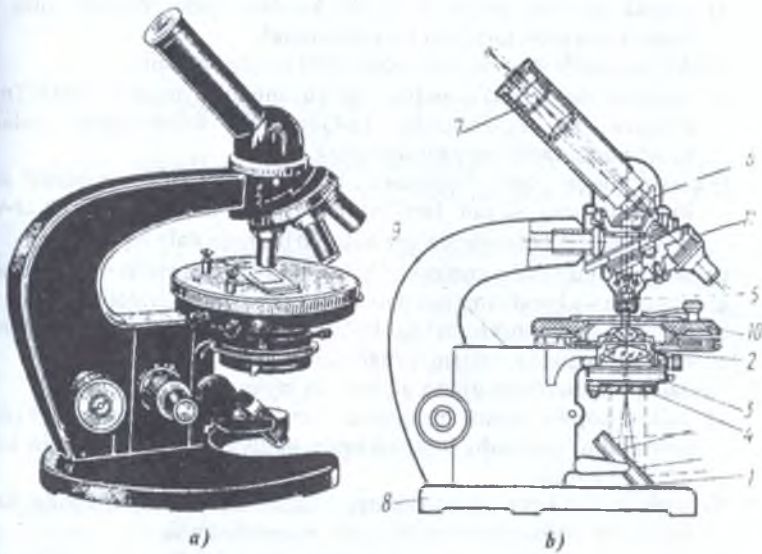
Cisimlərin ölçüsünü təyin etmək üçün okulyar-vintli mikrometrin bölgüsünün qiymətini bilmək lazımdır. Mikrometrin bölgüsünün qiyməti dedikdə, mikroskopda mikrometrin bir bölgüsündə yerləşən xəyala uyğun kəsiyin millimetrlə uzunluğu başa düşülür. Bölgünün qiymətini tapmaq üçün, bölgüsünün qiyməti məlum olan hədəf mikrometrindən istifadə olunur. Mikroskopda hədəf mikrometrinin bölgülərinə cisim kimi baxılaraq, görüş sahəsində hədəf və okulyar mikrometrlərinin şkalalarını üst-üstə yerləşdirməklə, okulyar mikrometrli şkalanın bölgüsünün qiyməti tapılır.

Bu məqsədlə, ölçüsü məlum olan ixtiyari cisimdən də istifadə etmək olar. Xüsusən, okulyar-vintli mikrometri dərəcələmək üçün, tibbi ölçmələrdə geniş tətbiq olunan Qoryayevin hesablama kamerasından istifadə edilir.

Qoryayev kamerası üzərinə tor çəkilməmiş şüşə lövhədən ibarətdir. Tor, görünüş sahəsini, tərəflərinin uzunluğu məlum olan kvadratlara bölür. Kiçik kvadrların tərəfinin uzunluğu 0,05 mm, böyük kvadrların tərəfinin uzunluğu isə, 0,2 mm-dir.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Bioloji mikroskopun xarici görünüşü şəkil 36.4a-da, quruluş sxemi isə şəkil 36.4b-də verilmişdir. Mikroskopun optik sistemi iki hissədən: işıqlandırıcı və müşahidəedici hissələrdən ibarətdir. Işıqlandırıcı hissə baxılan cismə işıq şüalarını istiqamətləndirən, hərəkət etdirilə bilən güzgüdən 1, güzgüdən qayıdan işıq şüalarını cismə doğru yönəldən kondensordan 2, dəyişdirilə bilən işıq filtrlərindən 4 və cismin işıqlanmasını tənzimləyən diafraqmadan 3 ibarətdir. Cismi işıq dəstəsinin fokusunda yerləşdirmək üçün, kondensor xüsusi qurğu vasitəsilə aşağı və yuxarıya hərəkət etdirilə bilər. Müşahidəedici hissə obyektivdən 5, okulyardan 7 və obyektivdən keçən şaquli şüalarını məlii tubusa istiqamətləndirən prizmadan 6 ibarətdir. Obyektiv mikroskopun mühüm hissəsi olmaqla, linzalar sistemindən təşkil olunub. Cismnin böyüməsini yaradan, ancaq qabaqda yerləşən frontal linzadır. Qalan linzalar isə, qabaqda yerləşən linzanın yaratdığı xəyalın çatışmazlığını aradan qaldırmaq üçündür.



Şəkil 36.4

Mikroskopun okulyarı adətən iki linzadan ibarət olur: yuxarıdakı-göz linzası və aşağıdakı-toplayıcı linza. Toplayıcı linza obyektivdən keçən bütün şüaların, okulyarın göz linzasına düşməsinə təmin edir.

Bioloji mikroskop müxtəlif böyütmələr yaradan üç obyektivə (11 dayağına bərkidilmiş) və üç okulyara malikdir.

Mikroskopun mexaniki hissəsinə oturmaq 8, tubusu saxlayan qol, cisim masası 10 və tubusun yerdəyişməsinə yaradan mikrometrik mexanizmlə qutu 9 daxildir. Cisim masasına bərkidilmiş yayın vasitəsilə preparatlar masaya 9 sıxılır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Okulyar-vintli mikrometrin bölgüsünün qiymətinin tapılması:

- a) Qoryayev kamerasını cisim masasının üstünə qoymalı. Mikroskopun okulyarında kameranın kəskin xəyalını almalı;
- b) cisim masasını döndərməklə, okulyar-vintli mikrometrin şkalasının bölgülərinin, Qoryayev kamerasının qəfəsinin şaquli tərəfinə paralelliyini təmin etməli;
- c) mikrovintin barabanını fırlatmaqla, okulyar-vintli mikrometrin çarpaz xəttini Qoryayev kamerasının müəyyən bir kvadratinin şaquli tərəfinin üzərinə salmalı;
- ç) okulyar mikrometrin göstərişini n_1 qeyd etməli;
- d) çarpaz xəttinin yerini N sayda kvadrat qədər dəyişib, onu N -ci kvadratin şaquli tərəfinin üzərinə salmalı;
- e) okulyar-vintli mikrometrin göstərişini n_2 qeyd etməli;
- ə) okulyar-vintli mikrometrin bölgüsünün qiymətini $\delta = aN/(n_2 - n_1)$ düsturu ilə hesablamalı (a -Qoryayev kamerasının qəfəsinin kvadratinin tərəfinin uzunluğudur);
- f) çarpaz xəttin yerini dəyişməklə, hər dəfə onu qəfəsin müxtəlif sayda kvadratlarının şaquli tərəflərinin üzərinə salmaqla, okulyar-vintli mikrometrin bölgüsünün qiymətini δ bir neçə dəfə tapmalı;
- g) okulyar-vintli mikrometrin bölgüsünün orta qiymətini $\langle \delta \rangle$ tapmalı;
- ğ) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 1-də verməli;
- h) okulyar-vintli mikrometrin bölgüsünün qiymətinin ölçülməsindəki mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

2. Dovşan qanında eritrositlərin ölçüsünün təyini:

- a) mikroskopun cisim masasının üzərinə dovşan qanının histoloji preparatını qoymalı. Mikroskopun okulyarında eritrositlərin kəskin xəyalını almalı;
- b) okulyar-vintli mikrometrin çarpaz xəttini eritrositin bir kənarı ilə üst-üstə salıb, mikrometrin göstərişini m_1 qeyd etməli;
- c) çarpaz xətti eritrositin o biri kənarı ilə üst-üstə salıb, mikrometrin göstərişini m_2 qeyd etməli;

- ç) eritrositin ölçüsünü $l = (m_2 - m_1) < \delta >$ tapmalı;
 d) ölçməni üç dəfə müxtəlif eritrositlər üçün aparmalı;
 e) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 2-də verməli;
 ə) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

N	a, mm	n_1	n_2	$n_2 - n_1$	δ, mm	$< \delta >, mm$

Cədvəl 2

$< \delta >, mm$	m_1	M_2	$m_2 - m_1$	l, mm

Məsələlər:

Hall etməli [5], 4.97-4.99.

Ədəbiyyat: [1], § 26.7-26.9

[2], r.1, § 81-83

[4], § 207-209.

LABORATORİYA işi № 37

MƏHLULUN KONSENTRASIYASININ KOLORİMETR VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: Dyuboks kolorimetri, və ya fotoelektrokolorimetr FEK-M, işıq mənbəyi, konsentrasiyası məlum olan və konsentrasiyası məlum olmayan məhlullar, qablar (küvetlər)

NƏZƏRİ MƏLUMAT

İşıq şüaları maddə təbəqəsindən keçdikdə, onun intensivliyi azalır. Işığın intensivliyinin azalması, işıq dalğasının maddənin elektronları ilə qarşılıqlı təsirdə olması ilə əlaqədardır. Qarşılıqlı təsir zamanı işığın

enerjisinin bir hissəsi elektronlar tərəfindən udulur. *Bu hadisə işığın udulması adlanır.*

İşığın udulması kvant nəzəriyyəsinə görə izah olunur. Kvant mexanikasının qanunlarına əsasən, atom və ya molekulların enerjisi ixtiyari deyil, ancaq müəyyən diskret qiymətlər alır. Enerjinin ən kiçik qiymətinə uyğun olan aşağı səviyyə əsas səviyyə, qalan səviyyələr isə həyəcanlanmış səviyyələr adlanır. Işıq mühitdə yayılarkən, onun enerjisinin bir hissəsi atom və ya molekulların həyəcanlaşmasına sərf olunur, enerjinin digər hissəsi (atomun həyəcanlanmış haldan aşağı enerji səviyyələrinə keçidi zamanı şüalanandığı enerji də daxil olmaqla) isə, mühitdən xaricə çıxır. Həyəcanlanmış atomların bir hissəsi öz enerjisini qəfəşə verərək, şüalandırmadan, digər hissəsi isə, şüalandıraraq aşağı enerji səviyyələrinə keçirlər. Qəfəşə verilən enerji maddənin qızmasına sərf olunur və beləliklə də, mühiti keçən işığın intensivliyi, mühit üzərinə düşən işığın intensivliyindən az olur.

İndi mühit tərəfindən işığın udulma qanununu tapaq.

Təbəqəsinin qalınlığı l olan bircins şəffaf mühit üzərinə perpendikulyar istiqamətdə, intensivliyi I_0 olan λ dalğa uzunluqlu monoxromatik işıq dəstəsinin düşdüyünü fərz edək (şəkil 37.1). Mühit daxilində sonsuz kiçik dl qalınlıqlı təbəqə ayırıq. Aydınır ki, işıq belə təbəqədən keçdikdə, onun intensivliyi dl qədər azalar. Təcrübələr göstərir ki, intensivliyin dl azalması, təbəqə üzərinə düşən işığın intensivliyi I və uducu təbəqənin qalınlığı dl ilə düz mütənəsbdir:

$$dI = -x_\lambda dl, \quad (1)$$

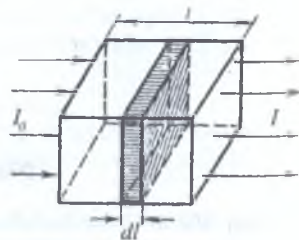
burada x_λ - monoxromatik natural udma əmsalıdır. Bu əmsal mühitə düşən işığın intensivliyindən aslı olmayıb, yalnız mühitin xassəsindən asılıdır. Mənfi işarəsi, uducu təbəqənin qalınlığının böyüməsi ilə ondan keçən işığın intensivliyinin azlmasını göstərir.

Qalınlığı l olan uducu təbəqədən keçən işığın intensivliyini tapmaq üçün (1) ifadəsini dəyişənlərinə ayıraraq, sıfırdan l -ə qədər inteqrallamaq lazımdır

$$\int_{I_0}^{I_1} \frac{dI}{I} = - \int_0^l x_\lambda dl,$$

burada I_0 -mühit üzərinə düşən işığın intensivliyidir.

Mühit bircins olduğundan və həmçinin hər təbəqədə düşən işığın enerjisinin eyni nisbi hissəsi udulduğu qəbul edildiyindən,



Şəkil 37.1

mühitin udma qabiliyyətini xarakterizə edən x_λ əmsalı maddə boyunca koordinatdan və düşən işığın intensivliyindən asılı olmayacaqdır. Ona görə də x_λ -ni integral işarəsi altından çıxarıb, integrallama əməliyyatını aparsaq, $\ln I - \ln I_0 = -x_\lambda l$ olar və buradan

$$I = I_0 e^{-x_\lambda l} \quad (2)$$

alırıq. Burada I və I_0 uyğun olaraq, mühitdən çıxan və onun üzərinə düşən işığın intensivlikləridir.

(2) düsturu Buger tərəfindən müəyyən edildiyindən, *Buger qanunu* adlanır. Bu qanun göstərir ki, əgər, mühit təbəqəsinin qalınlığı ədədi silsilə şəklində artarsa, təbəqəni keçən işığın intensivliyi həndəsi silsilə şəklində azalar.

Monoxromatik natural udma əmsalı, ədədi qiymətə, işığın intensivliyini e dəfə azaldan təbəqənin qalınlığının tərs qiymətinə bərabərdir.

Bəzən Buger qanununu

$$I = I_0 10^{-x'_\lambda l} \quad (3)$$

şəklində də yazırlar. Burada - x'_λ monoxromatik udma əmsalı adlanır ($x'_\lambda \approx 0,43 x_\lambda$).

Müxtəlif dalğa uzunluqlu işıq şüaları maddə tərəfindən müxtəlif dərəcədə udulduqlarından, udma əmsalları x_λ və x'_λ dalğa uzunluğundan asılıdır.

Ber müəyyən etmişdir ki, udan maddə məhlulunun monoxromatik natural udma əmsalı, udmayan həlledicidə məhlulun c konsentrasiyası ilə mütənəsbidir (Ber qanunu)

$$x_\lambda = x_1 c, \quad (4)$$

burada x_1 - vahid konsentrasiyalı maddənin monoxromatik natural udma əmsalına bərabərdir.

Buger qanunu durulaşdırılmış məhlullar üçün doğrudur. Qatılaşdırılmış məhlullarda, udan maddənin yaxın məsafədə yerləşən molekulları arasında qarşılıqlı təsir mövcud olduğundan, Ber qanunu özünü doğrultmur. (3)-ü (2)-də nəzərə alsaq, Buger-Lambert-Ber qanununu alırıq

$$I_l = I_0 e^{-x_1 c l}, \quad \text{və ya} \quad I = I_0 10^{-x'_1 c l} \quad (5)$$

(5) düsturundan istifadə etməklə, məhlulun konsentrasiyasını təyin etmək olur.

Udma əmsalı da sındırma əmsalı kimi mühitin optik xarakteristikası olmaqla, düşən işığın dalğa uzunluğundan asılı olduğundan, udma selektiv xarakter daşıyır. Uducu mühitin müvafiq rənglərə boyanması da bununla izah olunur. Məsələn, qırmızı və narıncı dalğaları zəif udan, yaşıl, göy, və bənövşəyi dalğaları isə güclü udan şüşədən ağ işıq keçdikdə, şüşə qırmızı rəngdə görünür.

Mühiti keçən işığın intensivliyinin, mühit üzərinə düşən işığın intensivliyinə nisbəti, işıq buraxma əmsalı (sadəcə olaraq buraxma əmsalı) adlanır və τ hərfi ilə işarə olunur

$$\tau = I_1 / I_0. \quad (6)$$

Buraxma əmsalının tərs qiymətinin loqarifması maddənin optik sıxlığı D adlanır

$$D = \lg(I / \tau) = \lg(I_0 / I_1). \quad (7)$$

(5)-i (7)-də nəzərə alsaq,

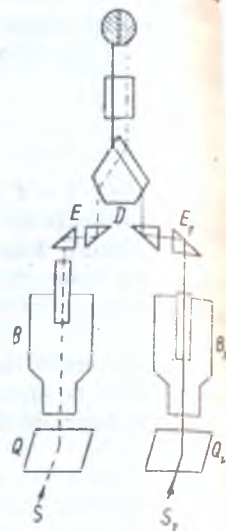
$$D = x'_\lambda c l \quad (8)$$

olar.

Buger-Lambert-Ber qanunundan istifadə edərək, kolorimetrim köməyli rəngli məhlulların konsentrasiyasını təyin etmək mümkündür.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Məhlulun konsentrasiyasını təyin etmək üçün Dyuboks kalorimetrindən, və ya da fotoelektrik kalorimetrindən istifadə olunur. Dyuboks kalorimetrində eyni S və S_1 mənbələrindən Q və Q_1 lövhələrinin üzərinə düşən işıq, lövhələrdən əks olaraq, içərisində məlum konsentrasiyalı və konsentrasiyası təyin ediləcək məhlullar olan B və B_1 küvetlərdən keçir (şəkil 37.2). Küvetlərin içərisinə şüaların yolu boyunca hərəkət edə bilən şəffaf silindrik şüşə çubuqlar daxil edilmişdir ki, onların köməyli şüşə çubuqlardan keçən işığın intensivliklərini dəyişmək mümkündür. Çubuqlardan keçən işığın E , E_1 və D prizmalarının vasitəsilə istiqamətləri dəyişdirilərək, dairəvi ekranın üzərinə yönəldilir. Hər bir mənbədən yayılan işıq şüaları, uyğun olaraq ekranın bir yarısını işıqlandırır. Işıq şüalarının məhlullardakı yolunu azaldıb-çoxaltmaqla (şüşə çubuqları hərəkət



Şəkil 37.2

əldirməklə) şüaların görüş sahəsindəki intensivliklərini dəyişdirmək olur. Bəzən edək ki, dairəvi ekranın bərabər işıqlanması şüaların B və B_1 küvetləri qarşısındakı məhlullardan keçdiyi yolların l_1 və l_2 uzunluqlarına uyğundur. (5) ifadəsinə görə birinci və ikinci küvetdən keçən işığın intensivlikləri

$$I_1 = I_0 e^{-x c_1 l_1}, \quad I_2 = I_0 e^{-x c_2 l_2}$$

bərabər olduqlarından $c_1 l_1 = c_2 l_2$ olar. Buradan tədqiq olunan mayenin konsentrasiyası üçün

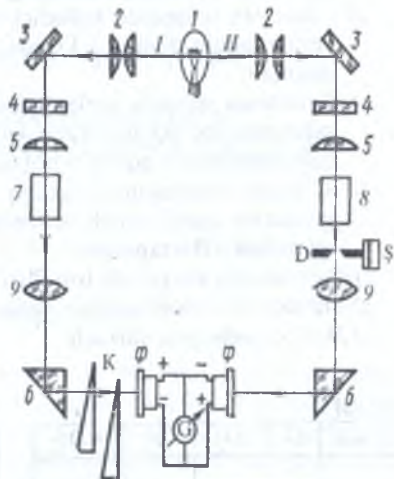
$$c_2 = c_1 \frac{l_1}{l_2} \quad (9)$$

alırıq. Burada c_1 - etalon məhlulun konsentrasiyası, l_1 və l_2 uyğun olaraq, şüaların etalon və tədqiq olunan məhlullarda getdiyi yollardır.

Qeyd etmək ki, məhlulun konsentrasiyasını daha dəqiq təyin etmək üçün fotoelektrokolorimetrdən də (FEKM) istifadə olunur.

Fotoelektrokolorimetren sxemi şəkil 37.3-də verilmişdir. Mənbədən 1 gölən I işıq dəstəsi güzgünün 3 və kondensorun 4,5 köməyi ilə tədqiq olunan maye ilə doldurulmuş küvetdən 7 və optik paz şəkili prizma sistemindən k keçir. II işıq dəstəsi isə, konsentrasiyası məlum olan məhlulla doldurulmuş küvetdən 8 və yarıqlı diafraqmadan D keçir. Sonra hər iki işıq dəstəsi Φ fotoelementlərinin üzərinə düşür. Qalvanometrin G köməyi ilə fotocərəyanların fərqi qeyd olunur.

Əvvəlcə məhlullar olmadıqda, optik pazların köməyi ilə fotoelementin üzərinə düşən işıq dəstələrinin bərabərliyi təmin edilir. Bu halda qalvanometrin əqrəbi sıfır bölgüsünün üzərində durar. Əgər I işıq dəstəsinin yoluna tədqiq olunan məhlulla doldurulmuş küveti və II işıq dəstəsinin yoluna həlledicini qoysaq, məhlulun və həlledicinin optik sıxlığının müxtəlifliyindən, fotoelementin üzərinə düşən işıq dəstələrinin intensivliyinin bərabərliyi pozular və qalvanometrin göstərişi sıfırdan fərqli olar.



Şəkil 37.3

Diafraqmanın köməylə II işıq dəstəsinin intensivliyini dəyişərək, fotoelementin üzərinə düşən işıq dəstələrinin intensivliklərinin bərabərliyi yenidən bərpa edilir. Diafraqmanın yarığının ölçüsü baraban S vasitəsilə tənzim edilir. Barabanın şkalasında isə, optik sıxlığın qiymətləri göstərilir. Ölçüləri monoxromatik işıqla aparmaq üçün hər iki işıq dəstəsinin yoluna işıq filtrləri də qoyulur.

İŞIN GEDİŞİ

1. Məhlulun optik sıxlığının dalğa uzunluğundan asılılığının tədqiqi:

- cihazı dövrəyə qoşmalı;
- müəyyən λ_1 dalğa uzunluğuna uyğun işıq filtri qoymalı;
- hər iki işıq dəstəsinin yoluna həlledici ilə doldurulmuş küvetlər qoymalı;
- görüş sahəsinin hər iki hissəsində eyni işıqlıq almalı (FEK-in qalvanometrinin əqrəbi 0 bölgüsünün üzərinə düşməlidir);
- I dəstənin yolundakı həlledici ilə doldurulmuş küveti götürüb, onun yerinə tədqiq olunan c konsentrasiyalı məhlulla doldurulmuş küveti qoymalı;
- II dəstənin yolunda yerləşdirilmiş ölçü barabanını fırlatmaqla, görüş sahəsinin hər iki hissəsinin eyni işıqlanmasına nail olmalı (FEK-in qalvanometrinin əqrəbi 0 bölgüsünün üzərinə düşməlidir);
- λ_1 dalğa uzunluğunda tədqiq olunan mayenin optik sıxlığının D_1 qiymətini qeyd etməli. Ölçməni üç dəfə təkrar edib, onun orta qiymətini $\langle D \rangle$ tapmalı;
- d)-e) əməliyyatlarını iki işıq filtri üçün aparmalı;
- ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də verməli;
- $D=f(\lambda)$ asılılığını qurmali.

Cədvəl 1

λ, nm	D_1	D_2	D_3	$\langle D \rangle$

Cədvəl 2

$C \%$	D_1	D_2	D_3	$\langle D \rangle$

2. Optik sıxlığın mayenin konsentrasiyasından asılılığının tədqiqi:

- tədqiq olunan məhlulun optik sıxlığını ən böyük qiymətinə uyğun işıq filtrini qoymalı (tapşırıq 1-ə baxmalı);
- müxtəlif konsentrasiyalı məhlulların optik sıxlığını tapmalı (1 tapşırığındakı ç)-e) əməliyyatlarına oxşar olaraq);
- ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 2-də verməli;
- $D=f(c)$ asılılıq grafikini qurmali.

3. Məhlulun konsentrasiyasının təyini:

- a) II işıq dəstəsinin yoluna konsentrasiyası (c_x) ölçülən maye ilə doldurulmuş küveti qoymalı;
- b) verilmiş məhlulun optik sıxlığını D_x təyin etməli;
- c) 2-ci tapşırıqdakı qrafikə görə həmin məhlulun konsentrasiyasını tapmalı;
- ç) təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 5.37-5.39.

Ədəbiyyat: [1], § 29.1-29.4;
[2], r.1, § 71, 72;
[4], § 213, 214.

LABORATORİYA İŞİ № 38

MADDƏNİN OPTİK SİXLİYİNİN ONUN KONSENTRASİYASINDAN ASILILIĞININ TƏDQIQI

Cihazlar və ləvazimatlar: spektrofotometr, tədqiq olunan maddənin müxtəlif konsentrasiyalı məhlulları

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Udulma spektrinin fotometrik təhlili, maddə molekullarının vahid zamanda əsas enerji səviyyəsindən həyacanlaşmış səviyyəyə keçidlərinin sayı ilə təyin olunan, udulma spektrinin intensivliyinin ölçülməsinə əsaslanmışdır. Udulma spektrinin intensivliyinin ölçülməsi öz növbəsində, maddə tərəfindən udulan şüalanmanın enerjisini təyin edir.

Spektrofotometrik analiz Buger-Lambert-Ber qanununa əsasən aparılır. Bu qanuna görə

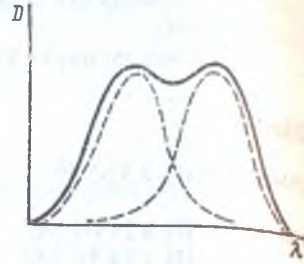
$$I = I_0 10^{-\epsilon c l}, \quad (1)$$

burada I_0 - mühitə daxil olan işığın intensivliyi, I - l qalınlıqda mühitdən çıxan işığın intensivliyi, ϵ - molyar udulma əmsali (məhlulun konsentrasiyası mol/l-lərlə ifadə olunduqda, natural udulma əmsalinin maddənin

konsentrasiyasına nisbəti molyar udulma əmsalı ϵ adlanır), c -məhlulun molyar konsentrasiyasıdır.

Mühitə daxil olan işığın I_0 intensivliyinin, mühitdən çıxan işığın I intensivliyinə nisbətinin natural loqarifminə mühitin optik sıxlığı deyilir və D hərfi ilə işarə edilir. Beləliklə, (1) düsturuna əsasən mühitin optik sıxlığı

$$D = \ln \frac{I_0}{I} = \epsilon c l . \quad (2)$$



Şəkil 38.1

Molyar udulma əmsalı ϵ ədədi qiymətcə, qalınlığı l sm və molyar konsentrasiyası 1 mol/l olan məhlulun optik sıxlığına bərabərdir.

(1) münasibəti o vaxt doğrudur ki, uducu molekullar bütün həcmdə bərabər paylanmış olsun; onların bir birilə və mühitin molekulları ilə qarşılıqlı təsirinə xarakteri dəyişməsin; mühiti keçdikdə, işıq dəstəsinin intensivliyinin azalması yalnız fotonların udulması hesabına baş versin; udulan işıq dəstəsi molekullarda heç bir fotokimyəvi dəyişiklik yaratmasın.

Spektrofotometriyanın köməyi ilə alınmış udulma spektrinə görə, qarışıqın tərkibində olan maddələrin konsentrasiyalarını tapmaq olur. Əgər, qarışıqın komponentləri öz aralarında qarışıqlı təsirdə olmurarsa, qarışıqın optik sıxlığı D , onun komponentlərinin optik sıxlıqlarının cəminə bərabərdir. İki komponentli qarışıq üçün

$$D = D_1 + D_2 = \epsilon_1 C_1 l + \epsilon_2 C_2 l . \quad (3)$$

Optik sıxlığın dalğa uzunluğundan asılılıq qrafiki $D=f(\lambda)$ şəkil 38.1-də göstərilmişdir.

Şəkildə qarışıqın komponentlərinin dalğa uzunluğundan asılılıq $D_1(\lambda)$ və $D_2(\lambda)$ qırıq xətlərlə verilmişdir. İki dalğa uzunluğuna uyğun optik sıxlığı ölçsək, yaza bilərik

$$D' = \epsilon_1' C_1 l + \epsilon_2' C_2 l, \quad D'' = \epsilon_1'' C_1 l + \epsilon_2'' C_2 l, \quad (4)$$

burada 1 və 2 indeksləri uyğun olaraq müxtəlif maddələrə, $'$ və $''$ indeksləri isə, λ_1 və λ_2 dalğa uzunluqlarına aiddirlər.

Həmin dalğa uzunluqlarında komponentlərin molyar udulma əmsallarını ϵ_1', ϵ_2' və $\epsilon_1'', \epsilon_2''$ bilərək, (4) sistem tənliyindən bu maddələrin C_1 və C_2 molyar konsentrasiyalarını tapırıq:

$$C_1 = \frac{D'\epsilon_2'' - D''\epsilon_2'}{l(\epsilon_1'\epsilon_2'' - \epsilon_1''\epsilon_2')}, \quad C_2 = \frac{D'\epsilon_1'' - D''\epsilon_1'}{l(\epsilon_1'\epsilon_2'' - \epsilon_1''\epsilon_2')} \quad (5)$$

Spektroferometriya biologiya və tibbdə müxtəlif birləşmələrin kəmiyyət və keyfiyyətcə təhlilində və həmçinin, biomolekulların fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsində geniş istifadə olunur. Bu metodun tətbiqi toxuma və hüceyrələrin bütövlüyünü pozmadan, onlarda gedən kimyəvi proseslərin gedişini izləməyə və həmçinin, bioloji quruluşun halı və biomolekulların quruluşu haqqında mühakimə yürütməyə imkan verir.

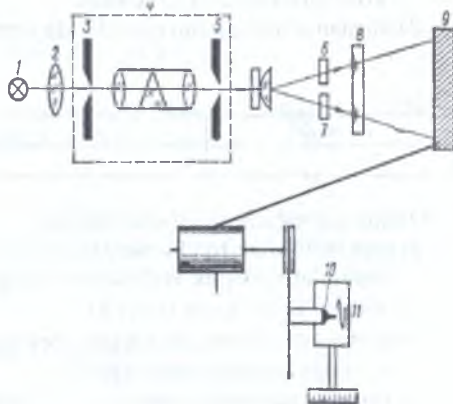
QURĞUNUN TƏSVİRİ

İşin yerinə yetirilməsi üçün SF-4, SF-5, SF-6, SF-10, SF-14 və s. spektrofotometrlərdən istifadə olunur. Şəkil 38.2-də iki şüalı qeydedici spektrofotometrin sadələşdirilmiş sxemi göstərilmişdir. Bu spektrofotometr spektrin görünən oblastında müxtəlif maddələrin optik sıxlığını təyin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Bütöv spektrə malik olan mənbədən 1 yayılan işıq kondensorun 2 köməyiylə monoxromatorun 4 giriş yarığına 3 ötürülür. Monoxromatordan keçən işıq spektrlərə ayrılır. Monoxromatorun çıxış yarığı 5 mütəhərrikdir və onun vəziyyəti barabanın dalğa uzunluqlu bölgülərilə birqiymətli əlaqədardır.

Monoxromatordan sonra işıq şüası iki dəstəyə ayrılır ki, onlardan biri tədqiq olunan mayedən 6, o biri isə, həlledici mayedən 7 keçir. Küvetləri keçən işıq dəstələri xüsusi mexanizmin 8 köməyiylə növbə ilə fotoelementə 9 ötürülür. Fotoelementin çıxış signalı gücləndirilərək, öz-özünə yazan cihazın qələminin 10 yerdəyişməsinə çevrilir. Beləliklə, yazan cihaz iki şüanın intensivlikləri nisbətinin loqarifmasını (optik sıxlığını) qeyd edir:

$$\lg(I_0 / I) = D.$$



Şəkil 38.2

Tədqiqat aparmaq üçün qemoqlobin, sitoxrom S məhlullarından, və ya da, lüminesent mikroskopiyası üçün işlədilən boyaq maddələrindən istifadə olunur. Udma spektrləri bir-birini qismən örtən maddələrdən istifadə etmək daha məqsədəuyğundur. Məhlulları hazırladıqda nəzərə almaq lazımdır ki, optik sıxlıqları 0,2-0,8 intervalında olan maddələrin konsentrasiyalarını daha dəqiq təyin etmək mümkündür.

İŞİN GEDİŞİ

1. Maddənin optik sıxlığının onun konsentrasiyasından asılılığının tədqiqi:
 - a) spektrofotometrə məlum konsentrasiyalı C məhlulların sıxlığının dalğa uzunluğundan asılılıq grafiklərini qurmalı;
 - b) verilmiş dalğa uzunluğunda, grafiklərdən həmin məhlulların optik sıxlıqlarını D təyin etməli;
 - c) $D = f(C)$ asılılıq grafikini qurmalı;
 - ç) həmin dalğa uzunluğunda maddənin məlum olmayan konsentrasiyasında onun optik sıxlığını ölçməli və grafikdən konsentrasiyanı təyin etməli;
 - d) ölçmənin nəticələrini cədvəl 1-də verməli.

Cədvəl 1

$C, \text{mol/l}$	D

2. Maddə qarışığının tərkibinin tədqiqi:
 - a) spektrofotometrə konsentrasiyaları C_{01} və C_{02} məlum olan iki maddə məhlulunun optik sıxlıqlarının dalğa uzunluğundan asılılıq grafikini almalı: $D_1 = f(\lambda)$ və $D_2 = f(\lambda)$;
 - b) alınmış grafiklərə görə udma spektrinin maksimumlarına uyğun λ_1 və λ_2 dalğa uzunluqlarını tapmalı;
 - c) verilmiş maddələr üçün λ_1 və λ_2 dalğa uzunluqlarında molyar udma əmsallarını $\epsilon'_1, \epsilon''_1$ və $\epsilon'_2, \epsilon''_2$ hesablamalı:

$$\epsilon'_1 = D'_1 / (C_{01} l), \quad \epsilon''_1 = D''_1 / (C_{01} l),$$

$$\epsilon'_2 = D'_2 / (C_{02} l), \quad \epsilon''_2 = D''_2 / (C_{02} l).$$

Küvetlərin qalınlığı l qurğunun üzərində göstərilir;

- ç) spektrofotometrə maddələr qarışığının optik sıxlığının dalğa uzunluğundan asılılığını $D = f(\lambda)$ qurmalı;

- d) grafikə görə λ_1 və λ_2 dalğa uzunluqlarında qarışığın komponentlərinin optik sıxlıqlarını D' və D'' təyin etməli;
- e) qarışıqda komponentlərin C_1 və C_2 molyar konsentrasiyalarını (5) düsturuna görə hesablamalı;
- ə) təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamalı.

Vəsailər:

Məhl etməli [5], 5.30, 5.32, 5.36.

Ədəbiyyat: [1], § 29.1-29.4;
[2], r.1, § 71, 72;
[3], § 2.1, 2.2;
[4], § 213, 214.

LABORATORİYA İŞİ № 39

REFRAKTOMETR VASİTƏSİLƏ MAYELƏRİN SINDIRMA ƏMSALININ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: refraktometr, işıq mənbəyi, müxtəlif konsentrasiyalı mayələr, pambıq və ya yumşaq parça, pipet (damcıtokən)

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Sındırma əmsalı mayələrin kimyəvi quruluşu, konsentrasiyası və sıxlığı ilə bağlı olan mühüm xarakteristikasıdır. Mayələrin sındırma əmsalını refraktometr vasitəsilə tez və asan yolla təyin etmək mümkündür. Refraktometr vasitəsilə mayələrin sındırma əmsalının təyini işığın tam daxili qayıtma hadisəsinə əsaslanır.

Mühitin mütləq sındırma əmsalı

$$n = \frac{c}{v},$$

burada c -ışığın boşluqda yayılma sürəti, v -ışığın verilmiş mühitdə yayılma sürətidir.

Mühitlərin nisbi sındırma əmsalı

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1},$$

burada n_2 və n_1 mühitlərin mütləq sındırma əmsallarıdır.

Işıq sındırma əmsalı az olan mühitdən (optik seyrək mühit), sındırma əmsalı böyük olan mühitə (optik sıx mühit) keçərsə, şüanın düşmə bucağı i sınıma bucağından r böyük olar (şəkil 39.1a)

Əgər şüa, mühitlərin ayrılma sərhəddinə mümkün olan ən böyük bucaq altında düşərsə, ($i = \pi/2$, yəni şüa mühitlərin ayrılma sərhəddi boyunca yayılır) şüa $r_{lim} < \pi/2$ bucağı altında sınar. Bu bucaq r_{lim} verilmiş mühit üçün ən böyük sınıma bucağıdır və həmin bucaq sınımanın limit bucağı adlanır. Sınıma qanununa görə

$$n_{21} = \frac{\sin(\pi/2)}{\sin r_{lim}} = \frac{1}{\sin r_{lim}} = \frac{n_2}{n_1}$$

olduğundan,

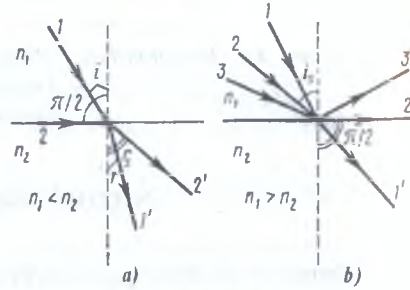
$$\sin r_{lim} = n_1 / n_2.$$

Əgər işıq, optik sıx mühitdən optik seyrək mühitə keçərsə, sınıma bucağı düşmə bucağından böyük olar (şəkil 39.1b). Düşmə bucağının müəyyən qiymətində i_s sınıma bucağı $\pi/2$ -yə bərabər olar, yəni sınan şüa mühitlərin ayrılma sərhəddi boyunca yayılır. Düşmə bucağının sonrakı artması nəticəsində düşən şüaların mühit sərhəddindən tamamilə qayıtması (tam qayıtması) baş verər. Düşmə bucağının bu qiyməti tam daxili qayıtma bucağı adlanır və i_{lim} kimi işarə olunur. Onda sınıma qanununa görə

$$n_{21} = \frac{\sin i_{lim}}{\sin(\pi/2)} = \frac{n_2}{n_1}$$

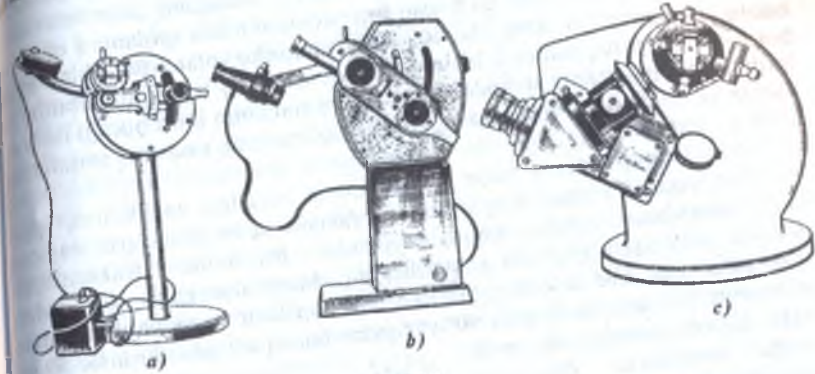
olduğundan,

$$\sin i_{lim} = n_2 / n_1.$$



Şəkil 39.1

Beləliklə, sınımanın və tam daxili qayıtmanın limit bucaqları, verilmiş mühitlərin sındırma əmsallarından asılıdır. Bu fakt, sındırma əmsalını ölçən cihazlarda-refraktometrlərdə öz tətbiqini tapmışdır (şəkil 39.2)

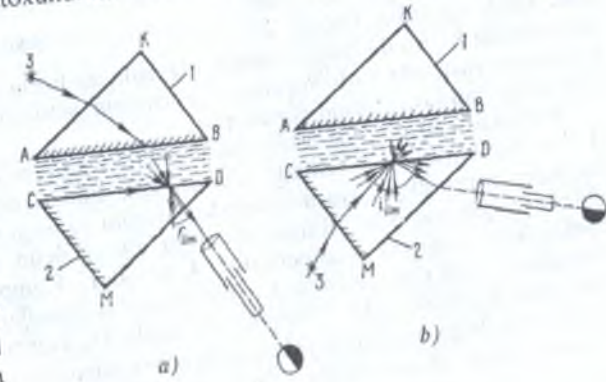


Şəkil 39.2

Refraktometrdən suyun təmizliyinin yoxlanılmasında, qan zərdabında zülalın konsentrasiyasının təyində və s. istifadə olunur.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Refraktometrin əsas hissəsini eyni növ şüalardan hazırlanmış 2 düzbucaqlı prizmalar 1 və 2 təşkil edir (şəkil 39.3). Prizmalar hipetonuz tərəflərilə bir-birinə toxunurlar. Sındırma əmsalı tədqiq edilən maye damcısı prizmaların toxunan AB və CD üzvlərinin arasında 0,1 mm qalınlığında yerləşdirilir. Işıq şüaları mənbadən yuxarı prizmanın yan səthinə yönəldilir (şəkil 39.3a). dastəsi sındıqdan sonra prizmanın

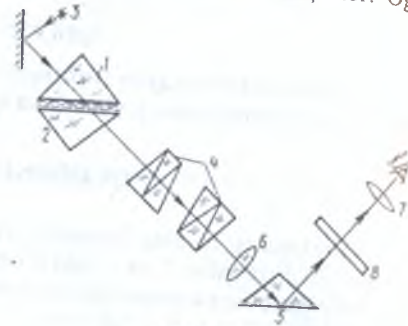


Şəkil 39.3

hipetonuz səthinə AB düşürlər. AB səthi tutqun olduğundan, şüalar bu səthdən səpələnir və tədqiq olunan mühitdən keçərək, aşağı prizmanın CD səthinin üzərinə 0° -dən 90° -yə qədər dəyişən, müxtəlif bucaqlar altında düşürlər. Əgər mayenin sındırma əmsalının sındırma əmsalından kiçikdirsə, işıq şüaları 2-ci prizmaya 0° -dən r_{lim} -bucağına qədər intervalda daxil olurlar. Onda yalnız bu bucaq intervalındakı fəza işıqlanmış olur. Bu bucaq intervalından kənarda isə, fəza qaranlıq olur. Beləliklə, baxış borusundakı görüş sahəsi 2 hissəyə ayrılır: qaranlıq və işıqlı. Qaranlıq və işıqlı hissələrin ayrılma sərhəddinin vəziyyəti sınmanın limit bucağı ilə təyin olunur ki, bu da öz növbəsində tədqiq olunan mayenin sındırma əmsalından asılıdır.

Əgər tədqiq olunan maye böyük udma əmsalına malikdirsə, işığın mayedən keçdiyi zaman itkiyə yol verilməməsi üçün ölçmələrin qayidan işıqda aparılması daha məqsədəuyğundur. Bu halda refraktometrda şüaların yolu şəkil 39.3b-də göstərilmişdir. Mənbədən gələn işıq şüaları aşağı prizmanın CM tutqun səthini keçərək səpələnir və maye ilə toxunan prizmanın CD səthinə 0° -dən 90° -yə qədər bucaq altında düşürlər. Əgər maye şüşəyə nəzərən az optik sıxlığa malikdirsə, düşmənin limit bucağından böyük bucaq altında düşən şüalar tam daxili qayıtmaya uğrayaraq, aşağı prizmanın 2-ci yan səthindən MD çıxıb görüş borusuna daxil olurlar. Birinci halda olduğu kimi, görüş borusunda görüş sahəsi 2 yerə - qaranlıq və işıqlı sahələrə ayrılır. Bu halda, ayrılma sərhəddinin vəziyyəti təyin olunur ki, bu da tədqiq olunan mayenin sındırma əmsalından asılıdır. Bu cihazın vasitəsilə sındırma əmsalı, prizmanın sındırma əmsalına nəzərən kiçik olan maddələri tədqiq etmək olur.

Refraktometrin optik sistemi şəkil 39.4-də verilmişdir. Refraktometrda ağ işıq mənbəyindən 3 istifadə olunur. Işıq şüaları prizmaları (1 və 2) keçdikdən sonra dispersiya nəticəsində qaranlıq və işıqlı sahələrin sərhəddi rənglərə boyanmış olur. Bunun qarşısını almaq üçün görüş borusunun obyektivinin qarşısına kompensator 4 qoyulur. Kompensator iki eyni prizmadan ibarət olub, onların hər biri sındırma əmsalları müxtəlif olan 3 prizmadan düzəldilmişdir. Prizmalar elə seçilir ki, kompensatordan keçən $\lambda = 589,3 \text{ nm}$ dalğa uzunluqlu (natriumun sarı xəttinə uyğun) monoxromatik şüa meyl etmir. Başqa dalğa uzunluqlu şüalar isə, prizmalar tərəfindən müxtəlif istiqamətlərə meyl edirlər. Kompensatorun prizmasının yerini



Şəkil 39.4

dəyişməklə, işıqlı və qaranlıq hissələrin sərhəddinin daha kəskin alınması təmin olunur.

Işıq şüası, kompensatoru keçərək, baxış borusunun obyektivinin 6 sahəsinə düşür. Işıqlı və qaranlıq hissələrin sərhəddinin xəyalına şüa borusunun okulyarında 7 baxılır. Bununla eyni zamanda okulyarda şüa sahəsinə 8 baxılır. Sınmanın və tam daxili qayıtmanın limit bucaqları mayenin sındırma əmsalından asılı olduğundan, sındırma əmsalının qiyməti başa refraktometrin şkalasında qeyd olunur.

Refraktometrin optik sisteminə döndərici prizma 5 da yerləşdirilir. Döndərici prizma görüş borusunun oxunu 1 və 2 prizmalarına perpendikulyar istiqamətdə yönəldərək, müşahidəni daha rahat aparmağa imkan yaradır.

Görüş borusunun obyektivinin və okulyarının ümumi fokal müstəvisində nazik sapla çarpaz xətt çəkilmiş (nişan xətti) şüşə lövhə yerləşdirilir. Görüş borusunun yerini dəyişməklə, çarpaz xəttinin, işıqlı və qaranlıq sahələrin sərhəddi ilə üst-üstə düşməsinə nail olunur və bununla da, şkaladan tədqiq olunan mayenin sındırma əmsalının qiyməti təyin edilir. Bəzi müasir refraktometrlərdə görüş borusu tərpənməz bərkidilir, ölçü prizmaları sistemi isə, fırladılır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Cihazın işə hazırlanması:

- a) güzgü vasitəsilə üstdəki prizmanın üzərinə işıq şüasını elə salmalı ki, müşahidəni prizmaları keçən işıqda aparmaq mümkün olsun;
- b) refraktometrin üst prizmasını qaldıraraq prizmaların toxunan səthini təmizləyib, altdakı prizmanın toxunan səthinin üzərinə 2-3 damcı distillə edilmiş su töküüb, üstdəki prizmanı öz yerinə qaytarmalı;
- c) okulyarı hərəkət etdirməklə görüş sahəsinin, nişan xəttinin və şkalanın aydın xəyalının alınmasına nail olmalı;
- ç) kompensatoru dəstəyin köməyi ilə fırladaraq, okulyarın görüş sahəsindəki rəngli spektrləri aradan qaldırıb, dairəvi sahənin işıqlı və qaranlıq hissələrinin sərhəddinin kəskin alınmasına (baxış borusunu hərəkət etdirməklə) nail olmalı.
- d) okulyarın dəstəyini aşağı və yuxarı hərəkət etdirməklə, okulyar daxilindəki nişan xəttini yarım dairəvi səthləri bir-birindən ayıran sərhəd xəttinin üzərinə salmalı və şkaladan sındırma əmsalının qiymətini qeyd etməli. Refraktometri düzgün tənzimlədikdə, şkalanın göstərişi suyun sındırma əmsalına $n=1,333$ uyğun olmalıdır (20°S -də).

2. NaCl məhlulunun sındırma əmsalının konsentrasiyasından asılılığının tədqiqi:

- a) müxtəlif konsentrasiyalı $NaCl$ məhlulunun sındırma əmsalını tapmalı. Bunun üçün altdakı prizmanın üzərinə növbə ilə müxtəlif konsentrasiyalı $NaCl$ məhlulu tökməklə, nişan xəttini işıqlı və qaranlıq sahələrin sərhəddi ilə üst-üstə gətirib, şkaladan məhlulun konsentrasiyasını təyin etməli. Hər bir məhlul üçün sındırma əmsalını 3 dəfə ölçüb, onun orta qiymətini $\bar{n}$ tapmalı;
- b) ölçmənin nəticəsini cədvəl 1-də göstərməli;

Cədvəl 1

$C, \%$	n_1	n_2	n_3	$\langle n \rangle$

Cədvəl 2

$C, \%$	n_{A1}	n_{A2}	n_{A3}	$\langle n_A \rangle$

- c) sındırma əmsalının konsentrasiyadan asılılıq $n=f(C)$ qrafikini qurmali;
- ç) konsentrasiyası məlum olmayan məhlulun sındırma əmsalını n_x ölçməli və qrafikdən həmin məhlulun konsentrasiyasını C_x müəyyən etməli;
- d) qrafikdən məhlulun konsentrasiyasının ölçülməsinin xətasını tapmalı.
3. Qan zərdabında zülalın faizlə miqdarını təyin etməli:
- a) iri buynuzlu heyvanın müxtəlif konsentrasiyalı (C_A) albumin məhlulunun sındırma əmsalını n_A ölçməli;
- b) ölçmənin nəticəsini cədvəl 2-də göstərməli;
- c) sındırma əmsalının konsentrasiyadan asılılıq qrafikini $n_A=f(C_A)$ qurmali;
- ç) iri buynuzlu heyvanın qan zərdəbının sındırma əmsalını ölçüb, qrafikdən albuminin faizlə miqdarını təyin etməli;
- d) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 4.4-4.7.

Ədəbiyyat: [2], t.1, § 69;

[4], § 213, 214, 222, 223.

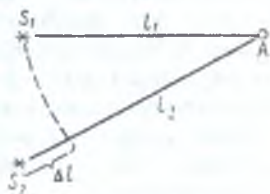
HAVANIN SINDIRMA ƏMSALININ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: *interferometr, manometr, termometr, barometr, xarici təsir nəticəsində həcmi dəyişən qab-silfon*

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Qazların ən mühüm xarakteristikalarından biri sındırma əmsalıdır ki, o da öz növbəsində bir sıra başqa parametrləri təyin etməyə imkan verir. Məsələn, sındırma əmsalının dəyişməsinə görə qazın sıxlığının dəyişməsi haqqında mühakimə yürütmək olur, çünki, sındırma əmsalı sıxlıqla mütənasibdir. Sabit temperaturda qazın sıxlığı təzyiqlə mütənasib olduğundan, qazın sındırma əmsalı təzyiqdən xətti aslıdır. Bu asılılığı tədqiq etmək üçün, işdə interferometrdən istifadə olunur. Interferometrin iş prinsipi interferensiya hadisəsinə əsaslanır.

Koherent işıq dalgaları almaq üçün, bəzən, mənbədən gələn işıq dalgasını iki dəyişən olan diafraqmadan keçirməklə, onu iki hissəyə ayırırlar. Şəkil 40.1-də iki koherent dalğa mənbələri S_1 və S_2 göstərilmişdir. S_1 və S_2 mənbələrindən yayılan dalgaların görüşdüyü A nöqtəsinə qədər olan məsafələr uyğun olaraq, l_1 və l_2 -dir. Dalgaların həndəsi yollar fərqi



Şəkil 40.1

$\Delta l = l_1 - l_2$, optik yollar fərqi isə,

$$\delta = l_1 n_1 - l_2 n_2 \quad (1)$$

olur. Burada n_1 və n_2 uyğun olaraq, dalgalar yayılan mühitin sındırma əmsallarıdır.

Məlumdur ki, A nöqtəsində toplanan koherent dalgalar o vaxt interferensiya maksimumu yaradarkı ki, həmin nöqtədə toplanan dalgaların fazalar fərqi

$$\Delta \varphi = 2k\pi, \quad (k=0,1,2,\dots) \quad (2)$$

şərtini ödəsin. Bu şərt daxilində dalgaların optik yollar fərqi tam sayda dalğa uzunluğuna bərabər olarkı, yəni

$$\delta = k\lambda.$$

(3)

A nöqtəsində interferensiya minimlarının alınma şərti isə,

$$\Delta\varphi = (2k + 1)\pi, \quad \delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$$

(4)

olar.

İnterferometr vasitəsilə maye və qazların sındırma əmsallarını vergüldən sonra 8-ci rəqəmə qədər dəqiqliklə təyin etmək olur. Belə yüksək dəqiqlik, havanın sındırma əmsalının cüzi dəyişməsinə (onun təzyiqinin və kimyəvi tərkibinin dəyişməsilə bağlı) qeyd etməyə imkan verir.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

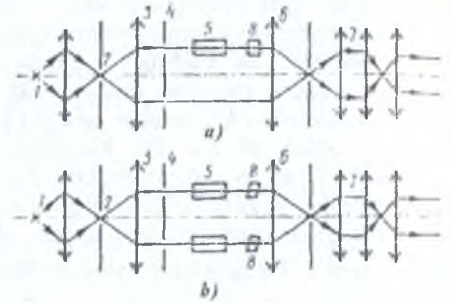
İşdə İTR-1 interferometrindən istifadə olunur. Bu interferometrin əsasını Reley interferometrinin sxemi təşkil edir. Burada interferensiya mənzərəsi iki paralel yarığın ayırdığı iki koheren işıq dəstələrinin vasitəsilə alınır.

Tibbdə interferometrlər profilaktik-gigiyena məsələlərində havadakı zərərli qazların tərkibini təyin etmək üçün işlədilir.

İnterferometrin İTR-1 optik sistemi şəkil 40.2-də göstərilmişdir: a) interferometrin yandan görünüşü və b) interferometrin yuxarıdan görünüşüdür.

İşıq şüası 1 mənbəyindən obyektivin kollimatorunun fokal müstəvisində yerləşən yarığın 2 üzərinə düşür. Obyektivdən 3 çıxan paralel işıq dəstəsi 4 diafraqmasının yarıqları vasitəsilə iki hissəyə bölünür. Beləliklə, bu yarıqlar iki koherent işıq dalğalarının mənbəyi rolunu oynayır.

Şəkil 40.2,a,b-dən görüldüyü kimi yuxarıdakı işıq dəstəsi küvətdən 5 keçərək, aşağıdakı işıq dəstəsi isə, küvətdən keçməyərək obyektivin 6 üzərinə düşürlər. Obyektivin fokal müstəvisində iki cüt koherent işıq dəstələrinin interferensiyası nəticəsində okulyarda 7 interferensiya zolaqlarının iki sistemi alınır. Yuxarıdakı interferensiya zolaqları küvətdən



Şəkil 40.2

şüaların interferensiyası nəticəsində, aşağıdakı interferensiya zolaqları küvetdən keçməyən şüaların interferensiyası nəticəsində yaranırlar.

Interferensiya maksimum və minimumlarının vəziyyəti interferensiya yaranan işıq dalğalarının optik yollar fərqi ilə əldə edilir. Aşağıdakı interferensiya zolaqlarını yaran şüaların getdiyi yol və mühitin sındırma əmsalı dəyişmədiyindən, iş prosesində maksimum və minimumların vəziyyəti dəyişməz olaraq qalır və bu zolaq sistemi indikator rolunu oynayır. Buna nəzərən yuxarı interferensiya zolaq sisteminin sürüşməsi təyin edilir.

Yuxarı interferensiya zolaq sisteminin yaranmasına nəzər salaq. Optik sistem tam simmetrik və l uzunluqlu küvetdə qazın sındırma əmsalı eyni olduğundan (küvetlərdə havanın təzyiqi eynidir) yuxarıdakı zolaq sisteminin ortasında həmişə işıqlı zolaq alınır. Bu maksimum, interferensiyanın sıfırıncı maksimumu adlanır və ona uyğun şüaların yollar fərqi sıfır bərabərdir: $\delta = l n - l n = 0$. Sıfırıncı maksimumdan hər iki tərəfdə qaranlıq zolaqlar-minumumlar yerləşir. Bu minumumlara uyğun yollar fərqi $\delta = \pm \lambda / 2$ -yə bərabərdir. O biri maksimumlar, yollar fərqi $\delta = \pm \lambda$ qiymətinə uyğun olar və s. Beləliklə, hər bir interferensiya zolağına uyğun dalğaların optik yollar fərqi təyin etmək olur.

Əgər küvetlərdən birində qazın sındırma əmsalı dəyişərsə, maksimum və minumumların vəziyyəti də dəyişər və buna uyğun olaraq, interferensiya zolaqları sürüşər. Bu da şüaların optik yollar fərqi δ dəyişməsilə əlaqədardır. Şüaların optik yollar fərqi

$$\delta = l n' - l n = l (n' - n) = l \Delta n, \quad (1)$$

burada Δn — küvetdə qazın sındırma əmsalının dəyişməsidir.

Yuxarıdakı interferensiya zolaqlarının aşağıdakılara nəzərən neçə zolaq sürüşdüyünü bilərək, mərkəzi nöqtədə hansı interferensiya maksimumunun yerləşdiyini təyin etmək olar. Beləliklə də, həmin maksimuma uyğun, yollar fərqi tapmaq mümkündür. Doğrudan da, interferensiya mənzərəsinin m zolaq sürüşməsi mərkəzdə m -ci maksimumun yerləşməsinə uyğundur. Buna uyğun optik yollar fərqi $\delta' = m \lambda$ -dir. Onda, $l (n' - n) = m \lambda$ və ya $l \Delta n = m \lambda$ olduğundan, $\Delta n = m \lambda / l$ -i hesablamaq olar.

Qeyd edək ki, interferensiya zolaqlarının sürüşməsi m həmişə tam ədəd deyil, kəsr ədəd də ola bilər. Tərpənmez aşağı zolaqlar sisteminin indikator kimi istifadə edilməsi, yuxarı interferensiya mənzərəsinin çox kiçik yerdəyişməsinə (zolağın eninin 0,1 hissəsinə qədər) təyin etməyə imkan verir.

Küvetdəki qazın sındırma əmsalını bilavasitə ölçmək üçün kompensasiya üsulundan istifadə olunur. Bunun üçün küvetdən keçən şüaların yolunda kompensatorlar 8 yerləşdirilir (şəkil 40.2). Kompensator,

iki müstəvi paralel maili şüşə lövhələrdən ibarətdir. Lövhələrdən biri tərpənməz bərkidilir, o biri lövhənin meyl bucağını isə, dəyişmək olur. Beləliklə də, yuxarıdakı interferensiya mənzərəsini yaradan şüaların optik yollar fərqi dəyişməklə, interferensiya zolaqlar sisteminin yerdəyişməsi təmin edilir. Yuxarı zolaq sisteminin bu yolla yaradılan sürüşmə istiqaməti, küvetlərin birində qazın sındırma əmsalının dəyişməsilə bağlı yaradılan sürüşmə istiqamətinin əksinə olduğundan, şüaların yaratdığı yollar fərqi kompensasiya etmək olur.

Interferometrə işıq mənbəyi olaraq 8 V-luq közərmə lampası işlədilir. Lampanın işığında mərkəzi interferensiya zolağı (0-cı maksimum) ağ işıqlı, kənar zolaqlar isə, rənglərə boyanmış olur.

Zolaqların sürüşməsi, yəni kompensatorun yerdəyişməsi mikrometrik vint vasitəsilə həyata keçrilir. Mikrovintin barabanının bir bölgüsü yollar fərqi $<\lambda>/30$ - qədər dəyişməsinə uyğundur. Ağ işığın dalğa uzunluğunun orta qiyməti 0,57 mkm götürülür. Əgər zolaqların sürüşməsi barabanın fırlanmasının N bölgüsünə uyğun olarsa, yaranan yollar fərqi

$$\delta' = N <\lambda> / 30. \quad (2)$$

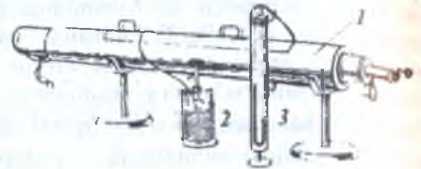
(2)-ni (1)-də nəzərə alsaq,

$$\Delta n = N <\lambda> / (30l) \quad (3)$$

olar.

Havanın sındırma əmsalının təzyiqdən asılılığını öyrənmək üçün şəkil 40.3-dəki qurğudan istifadə olunur. Interferometrin küvetlərindən birinin ağzı açıqdır ki, o etalon küvet adlanır. Etalon küvetdə təzyiq həmişə atmosfer təzyiqinə bərabərdir.

O biri küvet rezin şlanqın köməyi ilə xarici təsir nəticəsində həcmi dəyişə bilən nazikdivarlı silindrik qaba-silfona 2 birləşdirilmişdir. Silfonun vasitəsilə ona birləşdirilmiş ikinci küvetdəki havanın təzyiqi dəyişdirilir. Küvetin o biri ucu manometrə 3 birləşir. Manometrin köməyi ilə hər iki küvetdəki təzyiqlər fərqi ΔP - təyin edilir. Sındırma əmsalının dəyişməsinin təzyiqlər fərqiindən asılılığını $\Delta n = f(\Delta p)$ tapmaq üçün, küvetdə havanın təzyiqini ardıcıl olaraq dəyişərək, kompensatorun mikrometrik vintin barabanının şkalasının göstərişi ΔN qeyd edilir. (3) düsturuna görə Δn -i tapıb, $\Delta n = n' - n$ münasibətindən küvetdəki havanın sındırma əmsalını tapa bilərik



Şəkil 40.3

$$n' = n \pm \Delta n ,$$

burada n - etalon küvetdəki havanın sındırma əmsalıdır.

Qazın sındırma əmsalı onun sıxlığından və beləliklə də, onun temperatur və təzyiqindən asılıdır:

$$n = 1 + \frac{n_0 - 1}{1 + t / 273^0 C} \frac{P_{at}}{P_0}, \quad (5)$$

burada $n_0=1,000292$ normal şəraitdə ($t_0=0^0C$; $P_0=760$ mm c.st.) havanın sındırma əmsalı; t - havanın temperaturu, (0S); P_{at} - atmosfer təzyiqidir. t və P_{at} kəmiyyətləri termometr və barometrlə təyin edilir.

İŞİN GEDİŞİ

1. İnterferometrin işıqlandırıcı lampasını dövrəyə qoşub (transformator vasitəsilə), okulyarda yuxarı və aşağı interferensiya zolaq sisteminin kəskin xəyalını almalı.

2. Silfonun dəstəyini fırlatmaqla, hər iki küvetdə eyni təzyiq yaratmalı. Bu halda manometrin dirsəklərində mayələrin səviyyələri bərabərləşər.

3. Kompensatorun barabanının köməyiylə yuxarı və aşağı interferensiya zolaq sistemlərini bir-birinin üzərinə salmalı. Barabanda şkalasının göstərişini qeyd etməli.

4. Silfonun dəstəyini yavaş-yavaş fırlatmaqla, küvetdə təzyiqi o həddə qədər artırmalı ki, yuxarı zolaq sistemi aşağıdakına nəzərən iki zolaq sürüşmüş olsun.

5. Kompensatorun barabanının köməyiylə yuxarı və aşağı zolaq sistemlərini yenidən üst-üstə salmalı.

6. Manometrda ΔP -təzyiqlər fərqi və mikrovintin barabanının şkalasının göstərişini N qeyd etməli.

7. Küvetdə təzyiqi artırmaqla, 4-6 tapşırıqlarındakı əməliyyatları 5-7 dəfə təkrar aparmalı.

8. Küvetdəki havanın təzyiqini azaltmaqla, yuxarıda göstərilən əməliyyatları 5-7 dəfə təkrar aparmalı. Bu halda yuxarıdakı interferensiya mənzərəsinin yerdəyişməsi əvvəlkinin əks istiqamətində baş verər.

9. Ölçmənin nəticəsini cədvəl 1-də göstərməli.

10. Bir koordinat oxlarında $N=f(\Delta p)$ - asılılığının (təzyiqin artma və azalma halları üçün) qrafiklərini qurmali.

11. Təzyiqin iki qiyməti üçün küvetdəki havanın sındırma əmsalını n' (4) düsturuna görə hesablamalı $\Delta n = (N - N_0) < \lambda / (30 l)$ - olduğunu nəzərə

almalı, burada l -küvetin uzunluğudur). n -in qiymətini (5) düsturundan hesablamalı.

12. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

Təzyiqi artırdıqda		Təzyiqi azaltdıqda	
N	Δp , mm.su.st.	N	Δp , mm.su.st.

Məsələlər:

Hall etməli [5], 4.34, 4.62-4.64.

Ədəbiyyat: [1], § 24.1-24.3;

[2], r.1, § 63, 64;

[4], § 190, 192.

LABORATORİYA İŞİ № 41

XƏYALIN FORMALAŞMASINDA DİFRAKSİYANIN ROLUNUN TƏDQIQI

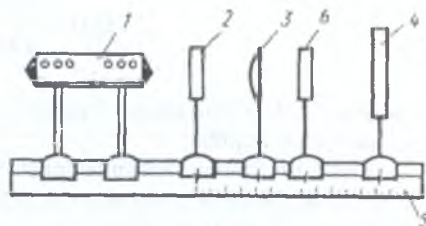
Cihazlar və ləvazimatlar: qaz lazeri, ikiölçülü difraksiya qəfəsi, linza, diametri dəyişdirilə bilən dairəvi diafraqma, yarıq şəkilli diafraqma, ştangenpərgar, xətkəş

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Optik cihazların mühüm xarakteristikalarından biri, onun ayırdetmə qabiliyyətidir, yəni cismin kiçik hissələrinin xəyalını verməyin mümkünlüyüdür.

Əgər cismin hissəciklərinin ölçüsü çox kiçikdirsə (ışığın dalğa uzunluğu ilə eyni tərtibdədirsə), işıq dalgaları mühitdən keçdikdə difraksiyaya uğrayar və bunun nəticəsində də xəyalın cisimlə həndəsi oxşarlığı itə bilər. Məsələn, mikroskopda hüceyrələrin ayrı-ayrı molekullarını görmək mümkün deyildir. Ona görə də optik cihazların, və eləcə də mikroskopun nəzəriyyəsində işığın dalğa təbiətini nəzərə almaq lazımdır.

Optik cihazların ayırdetmə qabiliyyətinin difraksiya nəzəriyyəsi alman fiziki E. Abbe tərəfindən tədqiq edilmişdir. Obyekt olaraq difraksiya qəfəsi götürsək və onun xəyalını linzanın köməyi ilə alsaq, linzanın fokal müstəvisində maksimum və minimum işıqlığa malik difraksiya mənzərəsi alınmış olarıq. Bu mənzərə obyektin (qəfəsin) ilkin xəyalı olmaqla, obyektin qonşusunda müəyyən informasiya daşıyır. İlkin xəyalıdan müəyyən məsafədə qəfəsin ikinci həqiqi xəyalı, yəni qəfəsin özünün xəyalı alınır. Abbe müəyyən etmişdir ki, baxılan cismə müvafiq ikinci xəyalı almaq üçün, xəyalın formalaşmasında mərkəzi maksimumları yaradan şüalardan başqa, birinci baş maksimumları yaradan şüalardan heç olmasa biri də iştirak etməlidir.



Şəkil 41.1

Təcrübələr göstərir ki, cisimlə onun xəyalının uyğunluğu və xəyalın parlaqlığı maksimumlar yaradan şüaların neçəsinin və hansıların xəyalın formalaşmasında iştirak etməsindən asılıdır.

Mikroskopla, və ya başqa optik qurğulara daxil olan işıq dəstələri həmişə məhduddurlar. Bu məhduddiyyət obyektivin linzaları, və ya diafraqmalar vasitəsilə yaradılır. Abbe nəzəriyyəsinə görə cismə oxşar xəyalın alınması üçün aşağıdakı şərt ödənməlidir

$$u \geq \alpha, \quad (1)$$

burada α - birinci tərtib baş maksimum yaradan şüaların difraksiya bucağı; u - isə apertur bucağıdır.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

İşdə istifadə olunan qurğu şəkil 41.1-də göstərilmişdir.

Qaz lazerindən 1 çıxan işıq şüaları iki ölçülü difraksiya qəfəsini 2, uzunfokuslu linzanı 3 keçərək, ekrana 4 düşür. Qurğunun bütün hissələri optik skamyaya 5 üzərində yerləşdirilərək, hərəkət etdirilə bilər. Qurğunun ayrı-ayrı hissələri arasındakı məsafə optik skamyaya birləşdirilmiş xətkəş vasitəsilə ölçülə bilər. Linza ilə ekran arasında diafraqma 6 yerləşdirilir. İşdə diametri dəyişdirilə bilən, dairəvi dəşikli və yarığı olan diafraqmalardan istifadə olunur.

Difraksiya qəfəsinin ilk xəyalı (difraksiya mənzərəsi) linzanın fokal müstəvisində alınır (şəkil 41.2).

Difraksiya nəzəriyyəsinə görə məlumdur ki, birinci tərtib baş maksimumlar aşağıdakı şərt daxilində alınır

$$d \sin \alpha = \lambda,$$

burada λ - işığın dalğa uzunluğu; α - difraksiya bucağı; d - qəfəsin periodudur (sabitidir). Şəkil 41.2-dən görüldüyü kimi, $AB \parallel OC$ olduğundan, $\alpha = \angle COF$. Onda

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{CF}{OF} = \frac{x}{2f},$$

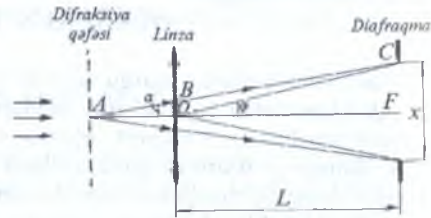
burada f - linzanın fokus məsafəsi, x - birinci tərtib baş maksimumlar arasındakı məsafədir.

Əgər diafraqma linzanın fokal müstəvisində yerləşdirilsə və onun diametri $d_0 \geq x$ -dirsə, onda ekranda difraksiya qəfəsinin xəyalı (ikinci xəyalı) müşahidə olunur. Əgər diafraqmanın diametri $d_0 < x$ -dən kiçik olarsa, qəfəsin ikinci xəyalı itmiş olur. Beləliklə $d_0 = x$ diafraqmanın ən kiçik diametridir ki, ekranda xəyal hələlik formalaşmış olur.

İŞİN GEDİŞİ

1. Diafraqmanın ən kiçik ölçüsünün təyini:

- lazeri mənbəyə qoşmalı;
- ekranı tutğaca 6 qoyub, onun skamyada yerini dəyişməklə, ilkin kəskin xəyal (difraksiya mənzərəsini) almalı;
- ekranı saxlayan tutğacı optik skamyada öz yerində bərkidib, ekranı ondan çıxarmalı;
- ekranı başqa tutğaca birləşdirib, onu hərəkət etdirməklə, difraksiya qəfəsinin yenidən kəskin xəyalını almalı;
- tutğaca 6 dairəvideşikli bağlı diafraqmanı birləşdirməli. Bu zaman ekranda qəfəsin xəyalı itmiş olur;
- yavaş-yavaş diafraqmanın dəyişimin ölçüsünü artıraraq, onun diametrini müəyyən d_0 -a çatdıraraq, qəfəsin xəyalını ekranda yenidən bərpa etməli;
- $\sin \alpha = \lambda/d$ -ni hesablayıb (qəfəs sabitinin d və dalğa uzunluğunun λ qiymətlərini nəzərə alaraq), $\operatorname{tg} \alpha$ -nı tapmalı;



Şəkil 41.2

- f) linzanın fokus məsafəsini f (linza ilə diafraqma arasındakı məsafəni) ölçməli və $x = 2f \operatorname{tg} \alpha$ düsturundan x -i tapmalı;
- g) dairəvi diafraqmanın diametrini d_0 ölçməli;
- ğ) ölçmə və hesablamaların nəticəsini cədvəl 1-də verməli;
- h) diafraqmanın diametrini artıraraq, xəyalın dəyişmə xarakterini müşahidə etməli.

Cədvəl 1

λ, m	d, m	$\sin \alpha$	$\operatorname{tg} \alpha$	f, m	x, m	d_0, m

2. Yarıq şəkilli diafraqmadan istifadə etməklə, xəyalın təhrifinin müşahidə edilməsi:

- a) tutğacda 6 yarıq şəkilli diafraqmanı elə qoymalı ki, diafraqmanın yarığı perpendikulyar vəziyyətdə yerləşsin;
- b) yarığın eninin ən böyük qiymətinə uyğun difraksiya qəfəsinin xəyalını almalı. Alınmış xəyalı çəkməli;
- c) yarığın enini dəyişərək, xəyalın necə dəyişdiyini müşahidə etməli;
- ç) yarığın enini d_0 -a bərabər götürüb, alınmış xəyalı çəkməli;
- d) yarıqlı diafraqmanı 90° döndərməli;
- e) b) - ç) bəndlərindəki əməlləri təkrar etməli;
- ə) təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 4.75, 4.91, 4.93, 4.99, 4.100.

Ədəbiyyat: [1], § 24.4-24.7;

[2], t.1, § 66-68;

[4], § 193-195.

POLYARİMETR VASİTƏSİLƏ ŞƏKƏR MƏHLULUNUN
KONSENTRASİYASININ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: polyarimetr, şəkər məhlulu olan küvetlər, işıq filtrləri

NƏZƏRİ MƏLUMAT

İşığın dalğa nəzəriyyəsinə görə işıq eninə elektromaqnit dalğasıdır. İşığın elektrik və maqnit vektorları onun yayılma istiqamətinə perpendikulyar olmaqla, bir-birinə perpendikulyar müstəvilərdə rəqs edirlər. İşığın kimyəvi və bioloji təsiri, əsasən dalğanın elektromaqnit sahəsinin elektrik vektoru ilə bağlıdır. Ona görə də elektrik sahəsinin gərginlik vektorunu E işıq vektoru adlandırırlar.

Təbii işıq, işıq mənbəyinin çoxlu sayda atom və molekullarının şüalandırdıqları elektromaqnit dalğalarının toplusundan ibarətdir. Təbii işıqda işıq vektorunun rəqsi bütün istiqamətlərdə baş verdiyindən, işığın rəqs müstəvisi fəzada öz vəziyyətini həmişə dəyişir.

Əgər işıq vektorunun rəqsi hər hansı bir istiqamətdə üstünlük təşkil edərsə, belə işıq *polyarlaşmış işıq* adlanır. Işıq vektorunun rəqsi bir düz xətt üzrə baş verərsə, belə işıq *xətti* və ya *müstəvi polyarlaşmış işıq* adlanır. Xətti polyarlaşmış işıqda işıq vektorunun rəqs müstəvisinə *polyarizasiya (polyarlaşma)* müstəvisi deyilir.

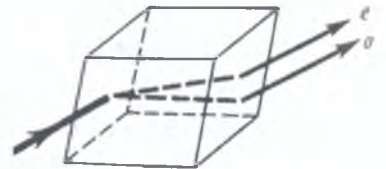
Təbii və polyarlaşmış işığı adi gözlə ayırd etmək mümkün deyildir.

Polyarlaşmış işığı təbii işığın köməyiylə alırlar. Təbii işığı xətti polyarlaşmış işığa çevirən kristal *polyarizator (polyarlaşdırıcı)* adlanır. Işığın polyarlaşmış olduğunu ayırd edən kristal isə, *analizator* adlanır.

Xətti polyarlaşmış işığı bir çox üsullarla almaq olur. Biz ancaq, qoşa şüasınınma hadisəsinə əsaslanan *polyarlaşdırıcı* cihaza nəzər salacağıq.

Bəzi kristallar qoşa şüasındırıcı xassəyə malikdirlər. Məsələn, islandiya şpatı $CaCO_3$ kristalından işıq şüası keçdikdə ikilləşir, yəni qoşa şüasınınma hadisəsi baş verir. Kristaldan çıxan hər iki şüanın intensivlikləri bərabər olmaqla, kristal üzərinə düşən şüaya *paralel olaraq* yayılırlar (şəkil 42.1).

Bu şüalardan biri *sınma qanununa* tabe olduğuna görə adi şüa (o) adlanır. Qeyri-adi adlandırılan ikinci şüa (e) isə, *sınma qanununa* tabe *olmur*. Kristaldan çıxan hər iki şüa *tamamilə eyni hüquqlu*



Şəkil 42.1

lub, yalnız elektrik vektorlarının rəqs istiqamətlərilə bir-birindən ayrılirlər.

Təcrübələr göstərir ki, islandiya şpatı kristalında qoşa şüasınınma hadisəsi baş verməyən yeganə bir istiqamət mövcuddur. Qoşa şüasınınma hadisəsi baş verməyən istiqamət kristalın optik oxu, bir optik oxa malik olan kristallar isə, biroxlu kristallar adlanır. Turmalin, kvars, islandiya şpatı və s. biroxlu kristallara aiddirlər. İslandiya şpatı digər kristallara nəzərən daha güclü qoşa şüasındırıcı xassəyə malikdir.

Bəzi kristallarda (slyuda, gips və s.) iki istiqamətdə qoşa şüasınınma hadisəsi baş vermir. Belə kristallar ikioxlu kristallar adlanır. İkioxlu kristallarda yaranan hər iki şüa qeyri-adi şualardır.

Optik oxdan və kristal üzərinə düşən şüadan keçən müstəvi, kristalın baş kəşik müstəvisi (və ya baş müstəvisi) adlanır. Adi şüanın elektrik vektorunun rəqsinin istiqaməti kristalın baş müstəvisinə perpendikulyar, qeyri-adi şüanın elektrik vektorunun rəqsinin istiqaməti isə kristalın baş müstəvisi üzərindədir. Beləliklə, adi və qeyri-adi şualar qarşılıqlı perpendikulyar müstəvilərdə polyarlaşmışlar.

Biroxlu kristalın üzərinə təbii işıq deyil, adi və qeyri-adi şualardan birini yönəltmək, yenə də şüaların kristalda ikiləşməsi baş verər. Ancaq, fərq ondadır ki, kristal üzərinə düşən işıq təbii işıq olduqda, qoşa şüasınınmada yaranan adi və qeyri-adi şüaların intensivlikləri bərabər olduğu halda, kristal üzərinə düşən işıq xətti polyarlaşmış olduqda, qoşa şüasınınmada yaranan adi və qeyri-adi şüaların intensivlikləri, kristal üzərinə düşən xətti polyarlaşmış işığın rəqs müstəvisi ilə kristalın baş kəşik müstəvisi arasındakı bucaqdan asılıdır.

Kristal üzərinə düşən xətti polyarlaşmış işığın elektrik vektorunun rəqsinin amplitudunu E , onun rəqs müstəvisi ilə kristalın baş kəşik müstəvisi arasındakı bucağı α ilə işarə etmək. Bu halda, adi və qeyri-adi şüaların elektrik vektorları kristal üzərinə düşən xətti polyarlaşmış işığın elektrik vektoru ilə uyğun olaraq α və $90^\circ - \alpha$ bucaqları əmələ gətirir. Onda kristaldan çıxan adi və qeyri-adi şüaların elektrik vektorlarının amplitud qiymətləri uyğun olaraq, $E_o = E \sin \alpha$ $E_e = E \cos \alpha$ olar. Analizatorndan ancaq, rəqsin E_e toplanam keçər. İntensivlik amplitudun kvadratı ilə mütənəsis olduğundan, analizatorndan çıxan işığın intensivliyi Malyus qanununa görə

$$I_e = I \cos^2 \alpha \quad (1)$$

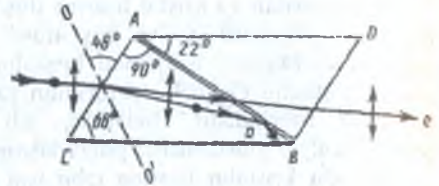
olar. Burada $I = E^2$ - analizator üzərinə düşən polyarlaşmış işığın intensivliyi, α isə düşən işığın polyarlaşma müstəvisi ilə kristalın baş kəşik müstəvisi arasındakı bucaqdır.

Qoşa şüasınmadan alınan adi və qeyri-adi şüaların hər ikisi xətti polyarlaşmış olduğundan, onları bir-birindən ayırısaq, iki ədəd xətti polyarlaşmış işıq dəstələri almış olarıq. Bu məqsədlə istifadə olunan və

sındırma əmsalları (n_o və n_e) bir-birindən daha çox fərqlənən kristallardan ən əlverişlisi islandiya şpatıdır. $\lambda=589,4$ nm dalğa uzunluğunda adi və qeyri-adi şüalar üçün bu kristalın sındırma əmsalları, uyğun olaraq, $n_o=1,658$ və $n_e=1,4864$ -dür. Lakin, bu kristaldan bilavasitə polarizator kimi istifadə etmək əlverişli deyildir. Çünki, adi və qeyri-adi şüalar kristalda bir-birilə çox yaxın məsafədə yayıldıqlarından onları ayırmaq çətinlik törədir. Ona görə də polyarlaşmış işıq almaq üçün bu kristallardan istifadə edərək, xüsusi polyarlaşdırıcı prizmalar hazırlayırlar. Belə prizmalardan ən çox yayılanı Nikol prizmasıdır (sadəcə olaraq Nikoldur).

Nikol, diaqonal boyunca kəsilərək, kanada bəlhəmi vasitəsilə yapışdırılmış islandiya şpatı prizmalarından hazırlanır (şəkil 42.2).

Kanada bəlhəminin sındırma əmsalı ($n=1,55$) adi və qeyri-adi şüaların sındırma əmsallarının arasındadır ($n_o > n > n_e$). Ona görə də prizma üzərinə düşən şüanın düşmə bucağını müvafiq surətdə



Şəkil 42.2

seçməklə (limit bucağı $76^{\circ}26'$ -yə bərabərdir), kanada bəlhəmi sərhəddində adi şüanın tam daxili qayıtmasına nail olmaq və kristalda adi şüanı qeyri-adi şüadan ayırmaq mümkün olur. Qeyri-adi şüa Nikoldan, onun aşağı üzünə paralel olaraq çıxır və beləliklə də, Nikol prizmasının köməyiylə polyarlaşmış işıq şüası alınır.

Polyarlaşmış işıq şüası həzi maddələrdən keçdikdə, polarizasiya müstəvisinin fırlanması baş verir. Belə maddələr optik aktiv maddələr adlanır. Aktiv maddələrə kvars, skipidar, amin turşu qalıqları (qlisin istisna olmaqla) çaxır turşusu, şəkərin suda məhlulu, nikotin və s. daxildirlər.

Məhlulda polyarizasiya müstəvisinin fırlanma bucağı α , şüanın məhlulda keçdiyi yol l və məhlulun konsentrasiyası c ilə mütənəsbir

$$\alpha = [\alpha_0] c l, \quad (2)$$

burada $[\alpha_0]$ - xüsusi fırlanma bucağıdır. Bu sabit, dalğa uzunluğunun kvadratı ilə tərs mütənəsbir olmaqla, maddənin təbiətindən və temperaturundan asılıdır. Xüsusi fırlanma, ədədi qiymətcə, 20°S temperaturda, $\lambda=589$ nm dalğa uzunluğunda, maddənin məhlulda konsentrasiyasının 100 sm^3 -də 1 q qiymətində, 10 sm qalınlıqlı məhlulda polyarizasiya müstəvisinin fırlanma bucağının 100 mislinə bərabərdir. Xüsusi fırlanmanın ədədi qiyməti şəkər qamışında $66,5 \text{ dər.sm}^2/\text{q}=0,665 \text{ dər.m}^2/\text{kg}$, üzüm şəkərində isə, $0,528 \text{ dər.m}^2/\text{kg}$ -dir.

Əgər optik aktiv maddə məhlulundan müxtəlif dalğa uzunluqlu polarlaşmış işıq dəstəsi keçərsə, işığın polarizasiya müstəvisi dalğa uzunluğundan asılı olaraq müxtəlif bucaq altında fırlanar. Bu hadisə fırlanma dispersiyası adlanır.

Polyarizasiya müstəviləri bir-birinə perpendikulyar olan polyarizator və analizatorun arasında optik aktiv məhlullu küvet yerləşdirilərsə, görüş sahəsi işıqlanar. Yenidən tam qaranlıqə nail olmaq üçün analizatoru α bucağı qədər, yəni işıq aktiv məhlulu keçdikdə polarlaşma müstəvisinin fırlandığı bucaq qədər, fırlatmaq lazımdır. Beləliklə, verilmiş məhlulun xüsusi fırlatma bucağını və küvetin uzunluğunu bilərək, α -nı hesablayıb (2)-yə əsasən məhlulun konsentrasiyasını tapmaq olar:

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha_0]l}. \quad (3)$$

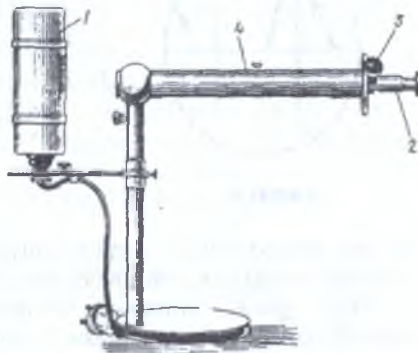
Polyarimetr vasitəsilə müxtəlif maddələrin keyfiyyətə və kəmiyyətə təhlil metodu polyarimetriya adlanır. Bu metod tibbdə və biologiyda geniş tətbiq olunur (məsələn, xərçəng xəstəliyinə diaqnoz qoymaq məqsədilə qan zərdabında olan zülalların optik aktivliyinin təyində, sidikdə şəkərin miqdarının təyində və s.). Bu məqsədlə tətbiq olunan polyarimetr, saxarimetr adlanır.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Saxarimetrin xarici görünüşü şəkil 42.3-də, optik sxemi isə şəkil 42.4-də göstərilmişdir.

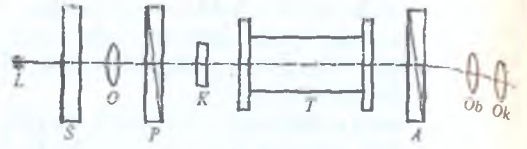
Saxarimetrdə işıq mənbəi olaraq, közərmə lampası L götürülür. Işıq şüaları lampadan filtrin S və oradan da obyektivin O üzərinə düşür. Alınan monoxromatik işıq dəstəsi polarizatorndan P , məhlulla doldurulmuş küvətdən T və analizatorndan A keçir. Cihazda polarizator və analizator olaraq polyaroidlərdən istifadə olunur.

Analizatorndan keçən işıq dəstəsi saxarimetrin görüş borusunun obyektivindən Ob və okulyarından Ok keçərək, görüş sahəsində müşahidə edilir.



Şəkil 42.3

Gözün adaptasiyasına görə mütləq işıqlığı gözlə qiymətləndirmək çətinlik törədir. Buna baxmayaraq, görüş sahəsinin müxtəlif hissələrinin işıqlığını



Şəkil 42.4

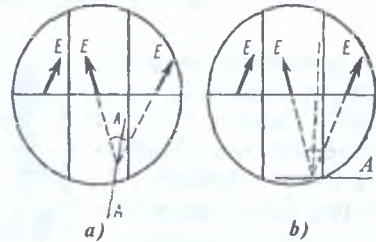
asanlıqla fərqləndirmək mümkündür. Saxarimetrdə görüş sahəsinin hissələrə ayırmaq üçün polarizatorlardan sonra nazik kvars lövhəsi K yerləşdirilir. K lövhəsindən ancaq, polarizatorlardan çıxan polarlaşmış işıq dəstəsinin orta hissəsi keçir. Beləliklə də, kvars lövhəsinin daxil edilməsi nəticəsində, görüş sahəsi 3 hissəyə ayrılır. Görüş sahəsinin orta hissəsi polarizatoru, kvars lövhəsinin və analizatoru keçən işıq dəstəsi ilə, görüş sahəsinin iki kənar hissələri isə, polarizator və analizatorlardan keçən işıq dəstəsi ilə şüalandırılır. Kvars kristalı optik aktiv maddə olduğundan, polarlaşmış işıq şüaları kvars lövhəsinin keçdikdə, onun polarizasiya müstəvisi müəyyən bucaq qədər döndür (şəkil 42.5).

Analizatoru döndərməklə, görüş sahəsinin bərabər işıqlanmasına nail olmaq olar. Bu hal analizatorun iki vəziyyətində mümkündür:

1) analizatorun müstəvisi AA , görüş sahəsinin orta və kənar hissələrinin rəqs istiqamətləri arasındakı bucağın bissektrisi ilə üst-üstə düşür (şəkil 42.6a); 2) analizatorun müstəvisi rəqs müstəviləri arasındakı



Şəkil 42.5



Şəkil 42.6

bucağın bissektrisinə perpendikulyardır (şəkil 42.6b). Bir halda görüş sahəsinin işıqlığı çox, o biri halda isə, görüş sahəsinin işıqlığı az olur.

Əgər görüş sahəsinin bərabər işıqlanmasını aldıqdan sonra, polarizatorla analizator arasında şəkər məhlulu ilə doldurulmuş boru qoysaq, görüş sahəsinin orta və kənar hissələrinin işıqlığının bərabərliyi pozular. Bu onunla əlaqədardır ki, görüş sahəsinin bütün hissələrində işıq vektorunun rəqs müstəvisi eyni α bucağı qədər döndər (şəkil 42.7). Işıqlığın bərabərliyini yenidən bərpa etmək üçün, işığın şəkər məhlulunu keçərkən

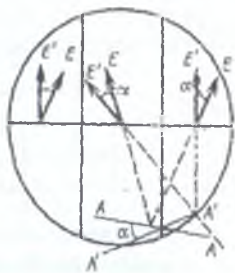
polyarizasiya müstəvisinin döndüyü bucaq qədər analizatoru fırlatmaq lazımdır.

Tibb saxarimetrlərində analizatorun dönmə bucağının dərəcələrlə ölçüləri, şəkər məhlulunun konsentrasiyasının faizlərlə qiymətini göstərir (hər 100 m³-də qramlarla miqdarını). Bu da borunun l uzunluğunu uyğun olaraq seçməklə, əldə edilir (qlükoza üçün l=1,89 dm-dir).

İŞİN GEDİŞİ

1. Şəkərin və qlükozanın xüsusi fırlanmasının təyini:

- saxarimetrin lampasını dövrəyə qoşmalı (şəkil 42.3-ə bax);
- baxış borusunun okulyarının muftasını hərəkət etdirməklə, görüş sahəsini üç hissəyə ayıran xətlərin kəskin xəyalını almalı;
- dəstəyi 3 fırlatmaqla, görüş sahəsinin hər üç hissəsinin bərabər qaranlıqlaşmasına nail olmalı. Bu zaman cihazın birləşdirici borusunun pərdəsi 4 bağlı olmalıdır;
- cihazın göstərişini n_0 qeyd etməli. Ölçməni üç dəfə təkrar edib, $\langle n_0 \rangle$ -ni tapmalı;
- konsentrasiyası C_1 məlum olan məhlulla doldurulmuş borunu saxarimetrdə yerləşdirməli;
- dəstəyi 3 fırlatmaqla, yenidən görüş sahəsinin hər üç hissəsinin bərabər qaranlıqlaşmasına nail olmalı, cihazın göstərişini n qeyd etməli;
- ölçməni 3 dəfə təkrar edib, $\langle n \rangle$ -ni tapmalı;
- polyarizasiya müstəvisinin fırlanma bucağını tapmalı $\alpha = \langle n \rangle - \langle n_0 \rangle$;
- şəkər məhlulunun xüsusi fırlanmasını tapmalı: $[\alpha_0] = \alpha / (l C_1)$;
- saxarimetrdə C_2 konsentrasiyalı qlükoza məhlulu ilə doldurulmuş boru yerləşdirib, e)-g) əməliyyatlarını təkrar aparmalı;
- ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də verməli.



Şəkil 42.7

Cədvəl 1

Maddə	$\langle n_0 \rangle$	$C_1, \%$	n'	n''	n'''	$\langle n \rangle$	α , dər	$[\alpha_0]$, dər m ² /kq
Şəkər								
Qlükoza								

2. Şəkər məhlulunun konsentrasiyasının təyini:

- a) konsentrasiyası məlum olmayan şəkər məhlulu ilə doldurulmuş borunu saxarimetrdə yerləşdirməli və tapşırıqdakı əməliyyatlarını təkrar etməklə, bu məhlul üçün polyarizasiya müstəvisinin fırlanma bucağını tapmalı;
- b) şəkər məhlulunun konsentrasiyasını $c_x = \alpha_x / ([\alpha_0] l)$ hesablamalı;
- c) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 2-də verməli;
- ç) təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamalı.

Cədvəl 2

n'	n''	n'''	$\langle n \rangle$	α_x dər	$[\alpha_0]$, dər · m ² /kq	c , %

3. Qlükozanın xüsusi fırlanmasının dalğa uzunluğundan asılılığının tədqiqi:
- a) saxarimetrə λ , dalğa uzunluğuna uyğun işıq filtri qoymalı;
- b) c_2 konsentrasiyalı məhlulla doldurulmuş küveti saxarimetrdə yerləşdirib, polyarizasiya müstəvisinin fırlanma bucağını təyin etməli;
- c) xüsusi fırlanmanı $[\alpha_0]$ hesablamalı;
- ç) küveti dəyişmədən, oxşar ölçmələri və hesablamaları başqa işıq filtrləri ilə də aparmalı;
- d) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 3-də verməli;
- e) qlükozanın xüsusi fırlanmasının dalğa uzunluğundan asılılıq qrafikini $[\alpha] = f(\lambda)$ qurmali.

Cədvəl 3

λ	N'	n''	n'''	$\langle n \rangle$	α dər	$[\alpha_0]$, dər · m ² /kq

Məsələlər:

Həll etməli [5], 4.123, 4.127-4.129, 4.131.

Ədəbiyyat: [1], § 25.1-25.5;

[2], t.1, § 73-75;

[4], § 197-201.

MADDƏNİN KONSENTRASIYASININ
FLUORESSENSIYA ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: *flüorimetr, işıq filtrləri, müxtəlif
konsentrasiyalı məhlullar*

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Davam etmə müddəti işıq dalğasının periodundan xeyli böyük olan şüalanmalar (istilik şüalanmasından başqa) lüminessensiya adlanır. Lüminessensiyanın yaranması üçün atom və ya molekul həyacanlaşmış hala keçməlidir. Atom və ya molekulların həyacanlaşması əksər hallarda onların fotonlarla qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir. Optik diapazona mənsub olan şüaların təsirlə yaranan lüminessensiya fotolüminessensiya, rentgen və gamma şüalarının təsirlə baş verən lüminessensiya isə, rentgenlüminessensiya adlanır. Lüminessensiyanın müxtəlifliyinə baxmayaraq, biz ancaq, fotolüminessensiyaya nəzər salaraq, lüminessensiya terminini fotolüminessensiyaya aid edəcəyik.

Şüalanmanın davam etmə müddətinə görə lüminessensiyanın 2 növü - fluoressensiya və fosforessensiya mövcuddur. Şüalanma müddəti 10^{-8} -sən və bundan kiçik tərtibdə olan lüminessensiya fluoressensiya, şüalanma müddəti 10^{-8} saniyədən, bir neçə saata qədər davam edən lüminessensiya isə, fosforessensiya adlandır. Lüminessensiyanın belə iki növə bölünməsi şərtidir və onlar arasında dəqiq sərhəd qoymaq mümkün deyildir.

Əksər hallarda fotolüminessensiya zamanı şüalandırılan enerji molekulun həyacanlaşma enerjisindən az olur. *Stoks qanununa görə, lüminessensiya şüalanmasının dalğa uzunluğu onu həyacanlandıran işıq dalğasının uzunluğundan böyükdür, yəni lüminessensiyanın spektri onu həyacanlandıran işığın spektrinə nəzərən uzun dalğa oblastına tərəf sürüşmüş olur.*

Lüminessensiyanın sonrakı tədqiqatları göstərdi ki, Stoks qanunundan fərqli olaraq, bəzi hallarda fotolüminessensiya zamanı şüalanmanın spektri kiçik dalğa uzunluğu oblastına tərəf də sürüşür. *Bu növ şüalanmanı antistoks şüalanması adlandırmışlar.*

Fluoressensiyanın qeyd edilməsi tibbdə və biologiyada maddələrin keyfiyyət analizində (lüminessent analizində) istifadə edilir. Lüminessent analizin köməyi ilə müxtəlif mürəkkəbliyə malik olan bioloji sistemlərin (membrandan başlamış tam orqanizmə qədər) quruluşunu və funksiyasını öyrənmək olur. Lüminessensiyanın kvant çıxışını bilməklə, lüminessensiyanın spektrini həyacanlaşma spektri ilə müqayisə edərək, maddə haqqında çoxlu informasiyalar əldə etmək mümkündür.

Kvant çıxışı dedikdə, fotolüminessensiya zamanı şüalandırılan kvantların sayının, həyəcanlanma zamanı udulan kvantların sayına nisbəti başa düşülür:

$$\varphi = I_1 / (I_0 I) \quad (1)$$

burada I_1 - lüminessensiyanın intensivliyi, I_0 - maddə üzərinə düşən işığın intensivliyi, I - mühitdən keçən işığın intensivliyi, $I_0 I$ isə, molekulları həyəcanlandıran işığın intensivliyidir. (1) münasibətindən lüminessensiyanın intensivliyi üçün

$$I_1 = \varphi (I_0 I) \quad (2)$$

alırıq.

Buger-Lambert-Ber qanununu $I = I_0 10^{-\epsilon C l}$ nəzərə alsaq, yazı bilərik

$$I_1 = \varphi (I_0 - I_0 10^{-\epsilon C l}) = \varphi I_0 [1 - \exp(-\ln 10 \epsilon C l)] \quad (3)$$

$x \ll 1$ olduqda, $\exp x \approx 1 + x$ təxmini bərabərliyindən istifadə etsək, (3) düsturu aşağıdakı şəkllə düşər

$$I_1 = \varphi I_0 \ln 10 \epsilon C l = 2,34 \varphi I_0 \epsilon C l \quad (4)$$

(4) düsturdan görünür ki, kiçik konsentrasiyalarda və işığın verilmiş intensivliyində I_0 fotolüminessensiyanın intensivliyi I_1 , lüminessensiya yaradan maddənin konsentrsiyası ilə mütənəsbidir. Bu asılılıq fluoressent analiznin əsasını təşkil edir.

Fluoressent analiz üçün flüorimetr adlanan cihazdan istifadə olunur. Bu cihaz 2 əsas sistemdən ibarətdir: 1) işıq mənbəyindən və ultrabənövşəyi şüaları buraxan linzalardan; 2) linzalar və ölçmə qurğusundan. Birinci sistemin vəzifəsi - tədqiq edilən maddənin molekullarını həyəcanlandırmaq, ikinci sistemin vəzifəsi isə - fluoressent şüalanmanı qeyd etmək üçündür.

Flüoressensiya spektrini qeyd edən cihaz spektroflüorimetr adlanır. Laboratoriya işlərində və elmi məqsədlər üçün müxtəlif flüorimetrlər və spektroflüorimetrlərdən istifadə olunur. Onlar işıq mənbələrinə, işıq filtrlərinə, işıq qəbuledicilərinə, qeyd etmə üsullarına və s. görə bir-birindən fərqlənirlər.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

İşdə istifadə olunan FE-3M tipli fluorimetrlin optik sxemi şəkil 43.1-də verilmişdir. Burada A - molekulları həyəcanlandıran sistemdir: 1 - işıq mənbəyi, 2 - diafraqma, 3 - işıq dəstəsinin qabağını kəsən pərdə, 4 - işıq filtri, 5-linzalardır; B-flüoresensiyanı qəbul edən sistemdir ki, tədqiq olunan

maddənin hər iki tərəfində yerləşdirilmişdir. Sistemə linzalar ikinci işıq filtrləri 7, selen fotoelementləri 8 daxildir.

Bir fotoelementin yerinə iki fotoelementdən istifadə edilməsi, qurğunun həssaslığını artırır. Tədqiq olunan maddə küvetdə D yerləşdirilir. Şəkildən görüldüyü kimi, cihazda fluoressensiya işıq selinin, düşən işıq dəstəsinə perpendikulyar istiqamətində yayılan hissəsi tədqiq edilir. Fotoelementdə yaranan cərəyan gücləndirildikdən sonra, mikroampermetr vasitəsilə ölçülür. Elektron gücləndiricisi və mikroampermetr B sistemə aid olmaqla, FE-3M cihazının tərkibinə daxildirlər (şəkildə göstərilməyib).

Mikroampermetrin göstərişi lüminessensiyanın intensivliyi I_1 və buna uyğun olaraq, müəyyən intervalda fluoressensiyanı yaradan maddənin konsentrasiyası ilə mütənəsbidir.

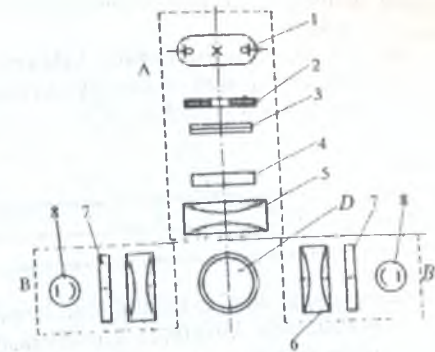
Laboratoriya fluorimetrində FE-3M aparılan iş, müxtəlif filtrlərdə və həyəcanlandıran işığın müxtəlif intensivliklərində mikroampermetrin göstərişini qeyd etməkdən ibarətdir.

Tədqiq olunan məhlul kimi rodamin, fluoressin, və yaxud hər hansı bir biokimyəvi birləşmə götürmək olərişlidir.

*Fluorimetri ancaq müəllimin, və ya laborantın iştirakı ilə işə salmaq lazımdır. Cihazla iş zamanı çox diqqətli olmaq lazımdır, çünki qurğuda cıvə lampasını qidalandırmaq üçün yüksək gərginlik mənbəyindən istifadə edilir. Lampa ultrabənövşəyi işıq şüalandırır ki, belə işıq şüalarının da gözə təsiri çox təhlükəlidir. Bundan əlavə, cıvə lampasının işi zamanı ozon əmələ gəldiyindən, otağın havasını müntəzəm olaraq dəyişmək lazımdır.

İŞIN GEDİŞİ

1. Fluoressensiyanın intensivliyinin maddənin konsentrasiyasından asılılığının tədqiqi:
 - a) tədqiq edilən C_1 konsentrasiyalı məhlulu fluorimetrlin küvetində yerləşdirməli;
 - b) müəllimin göstərişilə A və B sistemlərinə işıq filtrlərini qoymalı;
 - c) fluorimetrdə fluoressensiyanın intensivliyini I_1 ölçməli (mikroampermetrin göstərişinə görə - şərti vahidlərlə);



Şəkil 43.1

- s) məhlulun başqa konsentrasiyasında flüoressensiyanın intensivliyini ölçməli;
 d) ölçmənin nəticəsini cədvəl 1-də verməli;
 e) flüoressensiyanın intensivliyinin məhlulun konsentrasiyasından asılılıq qrafikini qurmaq $I_l = f(C)$

Cədvəl 1

$C, \text{mol/l}$	I_l

2. Tədqiq olunan maddə məhlulunun konsentrasiyasının təyini:

- a) fluorimetrimin küvetində konsentrasiyası C_x məlum olmayan məhlulu yerləşdirməli;
 b) həmin işıq filtrlərində və həyacanlandırıcı işığın intensivliyinin həmin qiymətində konsentrasiyası məlum olmayan məhlulun flüoressensiyasının intensivliyini ölçməli;
 c) qrafikdən həmin məhlulun konsentrasiyasını təyin etməli;
 ç) qrafikə görə konsentrasiyanın təyindəki xətanı ΔC_x tapmalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 5.40, 5.41, 5.45.

Ədəbiyyat: [1], § 29.6, 29.7;

[2], t.1, § 70, 71;

[4], § 220, 221.

LABORATORİYA İŞİ № 44

FOTOELEMENTİN HƏSSASLIĞININ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: fotoelement, közərmə lampası, optik skamyə, mikroampermetr, millimetrli xətkəş, lüksmetr

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Hers 1887-ci ildə, gərginlik altında olan mənfi yüklü elektrodu ultrabənövşəyi işıqla şüalandırıqda, boşalma prosesinin sürətləndiyini müşahidə etmişdir. Bu hadisə, işığın təsiri ilə elektrodan qopan yüklü zərrəciklərin elektrod əhatəsindəki neytral qaz atomlarını ionlaşdırması ilə izah olunur.

Stoletov bu hadisəni ətraflı təhlil edərək, müəyyən etmişdir ki, metal üzərinə ultrabənövşəyi şüalar düşdükdə, həmin lövhə müsbət yüklə bəzənir. Işıqın təsiri ilə katoddan qopan yüklü zərrəciklərin xüsusi yükünü aydın etdikdə məlum olmuşdur ki, zərrəciyin xüsusi yükü elektronun xüsusi yükünə bərabərdir. Beləliklə, işığın təsiri ilə katoddan qopan zərrəciklər elektronlardır. Bu hadisə fotoeffekt adlandırılmışdır. Təcrübə yolla fotoeffektin aşağıdakı üç qanunu müəyyən olunmuşdur:

- 1) katod üzərinə düşən işığın spektral tərkibi dəyişmədikdə, vahid zamanda metal səthindən qopan fotoelektronların sayı maddə üzərinə düşən işığın seli ilə mütənasibdir;
- 2) işığın təsiri ilə katoddan qopan elektronların başlanğıc kinetik enerjisi işığın tezliyi ilə mütənasib olub, işığın intensivliyindən asılı deyildir;
- 3) hər bir maddə üçün fotoeffektin qırmızı sərhəddi mövcuddur. "Qırmızı sərhəddə" fotoeffekt yarada bilən işığın ən kiçik tezliyi, yəni ən böyük dalğa uzunluğudur.

Fotoeffektin birinci qanunu klassik fizika qanunlarına əsasən asanlıqla izah olunur. Klassik nəzəriyyəyə görə işıq sahəsinin təsiri ilə katoddan elektronlar rəqs etməyə başlayırlar. Işıqın intensivliyinin müəyyən qiymətində rəqsin amplitudu elə böyük qiymətə çatır ki, nəticədə elektron tarazlıq vəziyyətinə qayıtmayaraq metalı tərk edir, yəni xarici fotoeffekt hadisəsi baş verər. Işıqın intensivliyi elektrik vektorunun amplitudunun kvadratı ilə mütənasib olduğundan, intensivliyin artması ilə metaldan qopan elektronların sayı da artır.

Fotoeffektin ikinci və üçüncü qanunları klassik fizikanın qanunları ilə izah oluna bilmir. Bu qanunlar işığın kvant nəzəriyyəsinə görə izah olunur. Eynşteynə görə elektronlar metalda bir-birindən asılı olmayaraq hərəkət edirlər. Hər bir işıq kvantı ancaq, bir elektron tərəfindən udulur. Udulan kvantın enerjisinin bir hissəsi elektronu metaldan çıxarmaq üçün görülən işə, enerjinin qalan hissəsi isə, elektrona verilən kinetik enerjiyə sərf olunur. Bu proses Eynşteyn tənliyi ilə ifadə edilir:

$$h\nu = A + \frac{m\theta_{\max}^2}{2}, \quad (1)$$

burada $h\nu$ - fotonun enerjisi, A - elektronun çıxış işı, $m\theta_{\max}^2/2$ - maddədən qopan elektronun kinetik enerjisidir.

(1) düsturundan göründüyü kimi düşən işıq kvantının enerjisi çıxış işığında az olduqda ($h\nu < A$), fotoeffekt baş verməz. Elektronun metaldan çıxması üçün ona verilən enerji çıxış işından böyük olmalıdır $h\nu \geq A$. Onda, fotoeffekt yarada bilən işığın tezliyinin ən kiçik qiymətini, fotonun enerjisinin, elektronu qoparmaq üçün görülən işə bərabərliyi ($h\nu_{\min} = A$) şərtindən tapa bilərik, yəni

$$\nu_{\min} = A/h,$$

(2)

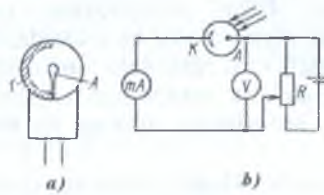
və ya $\nu_{\min} = c/\lambda_{\max}$ olduğundan,

$$\lambda_{\max} = \frac{ch}{A}$$

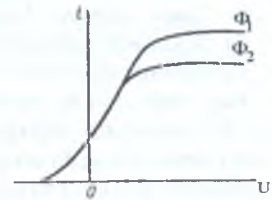
(3)

alarıq. Deməli, dalğa uzunluğunun $\lambda > \lambda_{\max}$ qiymətlərində xarici fotoeffekt hadisəsi yaranmaz. *Dalğa uzunluğunun $\lambda_{\max}$ qiymətinə fotoeffektin "qırmızı sərhəddi" deyilir.* Görünən işıq oblastının böyük dalğa uzunluğuna məxsus olan sərhəddi qırmızı rəngə uyğun olduğundan, buna oxşar olaraq, fotoeffektin uzundalğa sərhəddini "qırmızı sərhəd" adlandırırlar.

Fotoeffekt hadisəsi bilavasitə elektrik və optik anlayışlar arasında əlaqə yaradır. Üç cür fotoeffekt hadisəsi mövcuddur: 1) *daxili fotoeffektdə* işığın təsiri ilə maddədən qopmuş elektronlar maddənin daxilində qalaraq, onu tərk etmirlər; 2) *xarici fotoeffektdə* fotoelektronlar maddəni tərk edərək,



Şəkil 44.1



Şəkil 44.2

boşluğa, və ya qaza daxil olurlar; 3) *qapayıcı (ventil) fotoeffektdə* elektronlar maddəni tərk edərək, maddələrin toxunma səthindən keçib, başqa bərk cismə (yarımkeçiriciyə), və ya mayeyə (elektrolitə) daxil olurlar.

Xarici fotoeffekt vakuum fotoelementlərində (şəkil 44.1a) istifadə olunur. Burada, balonun daxili səthi metalın nazik təbəqəsilə örtülmüşdür. Bu təbəqə balonun daxili səthinin təxminən 50 %-ni əhatə edir və fotokatod adlanır. Onun əks tərəfində olan şəffaf pəncərədən katodun üzərinə işıq şüaları salınır. Anod A, çərçivə şəklində olmaqla elə yerləşdirilir ki, katodun üzərinə işığın düşməsinə maneçilik törətməsin. Fotoelementin dövrəyə qoşulma sxemi şəkil 44.1b-də göstərilmişdir.

Fotoelementi işıqlandırdıqda katoddan elektronların emissiyası baş verir və dövrədə cərəyan (fotocərəyan) yaranır. Şəkil 44.2-də vakuum fotoelementinin volt-ampere xarakteristikası verilmişdir.

Qrafikdən görüldüyü kimi fotocərəyan əvvəlcə xətti olaraq artır, yəni, anod gərginliyi artdıqca, katoddan qopan elektronların daha çox hissəsi anoda çata bilir. Anodun gərginliyinin müəyyən qiymətindən sonra katoddan qopan fotoelektronların hamısı anodun üzərinə düşürlər və belə olan halda, gərginliyin sonrakı artması ilə cərəyan şiddəti dəyişməz olaraq

dır. Cərəyanın bu qiyməti doyma cərəyanı adlanır. Təcrübələr göstərir ki, fotocərəyanın şiddəti işıq seli ilə düz mütənəsbdir

$$i = \gamma \Phi$$

(4)

burada i - doyma cərəyanının şiddəti, Φ - doyma cərəyanını yaradan işıq seli, γ - fotoelementin həssaslığıdır. Fotoelementin həssaslığı, ədədi qiymətcə, vahid işıq selinin yaratdığı fotoelektrik cərəyanının şiddəti ilə ölçülən həmiyyətə deyilir və A/Lm -lə ölçülür.

Fotoelement, integral və spektral həssaslığı ilə xarakterizə olunur. Integral həssaslıq, mürəkkəb şüalanma selinin təsirində fotoelementin reaksiya etmək qabiliyyətini xarakterizə edir. Spektral həssaslıq isə, monoxromatik işıq dəstəsinin təsiri zamanı fotocərəyanın şiddətini təyin edir. Vakuum fotoelementlərinin həssaslığı 100 mkA/Lm -ə çatır.

Fotocərəyanın şiddətini artırmaq üçün bəzən fotoelementin balonu $1-10 \text{ Pa}$ təzyiqində təsirsiz qaz ilə doldurulur. Belə fotoelementlərdə anod gərginliyinin böyük qiymətlərində, qaz atomlarının katoddan çıxan elektronlarla toqquşması nəticəsində atomların ionlaşması baş verir. Bunun nəticəsində də, fotocərəyanların yaranmasında təkcə fotoelektronlar deyil, qazın ionlaşması nəticəsində alınan elektronlar və ionlar da iştirak edirlər. Qazla doldurulmuş fotoelementin həssaslığı $150-200 \text{ mkA/Lm}$ -ə çatır.

Xarici fotoeffekt, fotoelektron gücləndiricilərində (FEG) və elektron-optik çeviricilərində (EOÇ) istifadə olunur. Fotoelektron gücləndiriciləri kiçik intensivlikli işıq selini ölçmək üçün istifadə olunur. Onun vasitəsilə zəif bioluminessensiyanı təyin etmək mümkündür. Elektron-optik çeviriciləri isə, tibbdə rentgen xəyalın işıqlılığını artırmaq üçün, termoqrafiyada orqanizmin infraqırmızı oblastdakı şüalanmasını görünən oblastdakı şüalanmaya çevirmək üçün istifadə olunur.

Daxili fotoeffekt yarımkeçiricilərdə müşahidə edilir. Bu zaman fotonun enerjisi yarımkeçiricinin elektronuna verilir. Əgər fotonun $h\nu$ enerjisi, qadağan olunmuş zonanın enerjisindən çoxdursa, təmiz yarımkeçiricilərdə elektron, valent zonasından keçirici zonaya keçir. Qarışıq yarımkeçiricilərdə isə, elektron fotonu udmaqla, ya donor səviyyəsindən keçirici zonaya, və ya valent zonasından akseptor səviyyəsinə keçir. Beləliklə, yarımkeçiriciləri şüalandırıqda onların keçiriciliyi artmış olur. Fotorezistorların iş prinsipi bu hadisəyə əsaslanır. Fotorezistorların həssaslığı fotoelementlərə nəzərən çoxdur (1 A/Lm). Lakin, fotorezistorların həssaslığı artdıqca, onların yüksək tezlikli dəyişən işıq sahələrində tətbiqi məhdudlaşır. Fotorezistor fotorele qurğularında və fotoelektrik cihazlarında işığın xarakteristikasını ölçmək üçün istifadə olunur.

Xüsusi praktik əhəmiyyət kəsb edən ventillə fotoeffekt (fotoqalvanik effekt) p və n keçiriciliyinə malik yarımkeçiricilərin kontaktını şüalandırıqda yaranır. Bu hadisənin mahiyyəti aşağıdakından ibarətdir: p

və n tipli yarımqeçiricilərin kontaktı zamanı onların sərhəddində kontakt potensialları fərqi yaranır. Bu da, əsas yükdaşıyıcıların kontaktından keçməsinə (deşiklərin n - oblastına, elektronların isə p oblastına) mane olur. p - n keçidini və onun ətraf oblastını şüalandırdıqda, yarımqeçiricilərdə daxili fotoefekt baş verir, yəni elektron-deşik cütünü yaranır. p - n keçidinin elektrik sahəsinin təsiri ilə yaranmış yüklər bir-birindən ayrılırlar: qeyri əsas yükdaşıyıcılar keçiddən keçirlər, əsas yükdaşıyıcılar isə, öz oblastında saxlanılır ki, bu da yüklərin orada yığılmasına səbəb olur. Beləliklə, p - n keçidində əlavə potensiallar fərqi (fotoelektrik hərəkət qüvvəsi) yaranır.

Kontaktı monoxromatik işıqla şüalandırdıqda, yaranan fotoelektrik hərəkət qüvvəsi işığın intensivliyi ilə mütənasibdir. Doğrudan da, fotoelektrik hərəkət qüvvəsi yaranmış elektron-deşik cütünün sayı ilə, yəni fotonların miqdarı ilə təyin olunur.

Ventil fotoelementlərinin üstünlüyü ondadır ki, onların işləməsi üçün cərəyan mənbəyi tələb olunmur. İşığın təsiri ilə onlarda elektrik hərəkət qüvvəsi meydana çıxır. Əgər fotoelement olan dövrəni qapasaq, dövrədə cərəyan yaranır.

Ventil fotoelementlərinin inteqral həssaslığı vakuum fotoelementlərinin həssaslığından xeyli böyükdür (lüməndə bir neçə min mikroamperə çatdırıla bilər). Ventil fotoelementlərini selen, qermaniy, kremniy və s. yarımqeçiricilərdən hazırlayırlar. Kremniy və başqa növ fotoelementlərdən günəş batareyalarında istifadə olunur ki, bunlar da kosmik gəmilərin bort cihazlarını qidalandırmaq üçün tətbiq olunur. Ventil fotoelementləri həm də sanitariya-qiqiyəna praktikasında işıq selini və işıqlığı ölçmək üçün istifadə olunur.

Ümumi işıqlıq, mənbəyin yaratdığı işıqlıqla E_0 , fonun işıqlığının E_F cəmindən ibarətdir

$$E = E_0 + E_F. \quad (1)$$

Fotoelementin inteqral həssaslığı k

$$k = I / \Phi \quad (2)$$

düsturundan tapılır.

Fotometriyanın qanunlarından məlumdur ki,

$$\Phi = E \cdot S, \quad (3)$$

burada S - işıqlanan səthin sahəsidir.

Nöqtəvi işıq mənbəyinin yaratdığı işıqlıq, Lambert qanununa görə

$$E_0 = I / R^2, \quad (4)$$

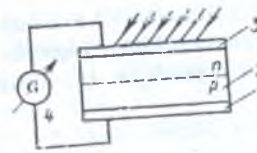
burada I - mənbəyin işıq şiddəti, R - işıq mənbəyindən fotoelementin səthinə olan məsafədir. (1), (3) və (4)-ü (2)-də nəzərə alsaq, fotoelementin inteqral həssaslığı üçün

$$k = \frac{i}{(I / R^2 + E_F) S} \quad (5)$$

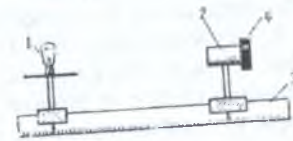
düsturunu alırıq.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Selen fotoelementi (şəkil 44.3), cilalanmış dəmir lövhə 1 üzərinə çəkilmiş selen 2 təbəqəsindən ibarətdir. Seleni qızdırdıqda, o deşik keçiriciliyinə malik kristal modifikasiya halına keçir.



Şəkil 44.3



Şəkil 44.4

Selenin yuxarı səthi 3 gümüş atomunun tozu ilə örtülmüşdür. Gümüş atomlarının selenin daxilində diffuziyası nəticəsində elektron keçiriciliyinə mənsub, qarışıq selen təbəqəsi yaranır. Beləliklə, təmiz selenlə qarışıq selen arasında kontakt yaranır, yəni p - n keçidi yaranır. Fotoelementi işıqlandırdıqda, işıq nazik gümüş təbəqəsindən asanlıqla keçir. Fotonlar elektronlar tərəfindən udulur və bunun nəticəsində də fotoelektrik hərəkət qüvvəsi yaranır. Əgər naqilin köməyi ilə dəmir lövhə ilə gümüş təbəqəsini birləşdirsək, dövrəyə birləşdirilmiş qalvanometr 4, dəmirdən yuxarıdakı elektroda axan cərəyanın şiddətini göstərir.

Fotoelementin həssaslığını təyin etmək üçün şəkil 44.4-dəki qurğudan istifadə edilir. Optik skamyada 3 işıq mənbəyi 1 və fotoelement 2 yerləşdirilir.

İşıq mənbəyi olaraq, gözərmə teli düzxətli şəklində olan lampadan istifadə olunur. Lampa şaquli ox ətrafında fırladıla bilər. Lampanın dönmə bucağı lampanın dayacağına birləşdirilmiş transportir vasitəsilə ölçülür. Fotoelement tutqaca birləşdirilərək, optik skamya boyunca yerini dəyişə bilər. Lampa ilə fotoelement arasındakı məsafəni ölçmək üçün optik skamya üzərinə xətkəş bərkidilmişdir. Fotoelementdə yaranan cərəyanın şiddəti mikroampermetr 4 vasitəsilə qeyd edilir. İşıq mənbəyindən müxtəlif məsafələrdə işıqlıq E lüksmetr vasitəsilə ölçülür.

İŞIN GEDİŞİ

1. Selen fotoelementinin integral həssaslığının təyini:

- a) lampanı dövrəyə birləşdirmədən, lüksmetr vasitəsilə fonun işıqlığını E_F təyin etməli. Bunun üçün lüksmetrin çeviricisini fotoelementin səthinə yaxın və ona paralel yerləşdirməli;
- b) lampanı skamyaya elə birləşdirməli ki, gözərmə teli fotoelementin səthinə perpendikulyar vəziyyətdə olsun (bu halda işıq mənbəyini təxminən nöqtəvi mənbə kimi qəbul etmək olar);
- c) lampanı dövrəyə qoşub, işıq mənbəyindən üç müxtəlif məsafələrdə lüksmetrlə işıqlığı ölçməli;
- ç) hər bir hal üçün mənbəyin işıq şiddətini $I = E_0 R^2$ düsturu ilə hesablamalı, burada $E_0 = E - E_\phi$ və $\langle I \rangle$ -nı tapmalı;
- d) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 1-də verməli;
- e) fotoelementin qapağını açmalı;
- ə) fotoelementlə lampa arasındakı məsafəni 0,5 m-dən 1,5 m-ə qədər (hər dəfə 0,1 m qədər) dəyişməklə, fotocərəyanın i şiddətini ölçməli;
- f) hər bir hal üçün fotoelementin integral həssaslığını (4) düsturu ilə hesablamalı və $\langle k \rangle$ -nı tapmalı;
- g) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 2-də verməli;

Cədvəl 1

R, m	E, lk	I, kd	$\langle I \rangle, kd$

Cədvəl 2

R, m	I, mkA	$k, mkA/lm$	$\langle k \rangle, mkA/lm$

- ğ) cərəyan şiddətinin I/R^2 -dan asılılıq qrafikini qurmalı $i = f(I/R^2)$;
- h) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 4.111, 4.119, 4.115.

Ədəbiyyat: [1], § 27.8, 27.9;

[2], т.2, § 104, 105;

[4], § 225.

İŞİĞİN DALĞA UZUNLUĞUNUN DİFRAKSİYA QƏFƏSİ VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: optik skamya, monoxromatik işıq mənbəyi, difraksiya qəfəsi, ekran, xətkəş

NƏZƏRİ MƏLUMAT

İşıq şüalarının maneəyə rast gəldikdə, yayılma istiqamətindən meyl edərək, maneə arxasına keçməsi (ışığın düz xətt boyunca yayılma istiqamətindən kənara çıxması) hadisəsi işığın difraksiyası adlanır. Difraksiya hadisəsi keyfiyyətə Huygens prinsipinə görə izah edilir. Huygens prinsipinə görə dalğanın çatdığı hər bir nöqtə ikinci yarımsferik dalğaların mənbəyidir. Bu dalğaların qurşayanı sonrakı anlarda dalğa cəbhəsinin vəziyyətini müəyyən edir. Huygens prinsipi dalğa cəbhəsinin yayılma istiqamətini müəyyən etsə də, müxtəlif istiqamətlərdə dalğanın intensivliyinin paylanması izah edə bilmədi.

Frenel ikinci dalğaların koherentliyini qəbul edərək, Huygens prinsipini dalğaların interferensiyası ilə tamamladı. Ümumiləşmiş bu prinsip Huygens-Frenel prinsipi adlanır. Huygens-Frenel prinsipinə görə ixtiyari mənbə tərəfindən şüalandırılan dalğa, fiktiv mənbələr tərəfindən şüalandırılan ikinci koherent dalğaların superpozisiyası nəticəsində yaranan dalğaya ekvivalentdir. Belə fiktiv mənbələr rolunu, işıq mənbəyini əhatə edən, ixtiyari qapalı səthin şüalandıran sonsuz kiçik elementləri oynayır. Ona görə də, müşahidə nöqtəsində yekun intensivliyi hesablayarkən, qapalı səthin bütün elementar hissələrinin təsirlərini, yəni onların rəqslərinin amplitud və fazalarını nəzərə almaq lazımdır. Sadəlik üçün qapalı səth olaraq dalğa səthi götürüldükdə, bütün fiktiv mənbələr eyni fazada təsir göstərirlər. Beləliklə, mənbədən yayılan dalğanın müşahidə nöqtəsində təsiri bütün ikinci koherent dalğaların interferensiyasının nəticəsidir.

Frenel qəbul etmişdir ki, əgər işıq mənbəyi ilə müşahidə nöqtəsi arasında yarıq olan ekran yerləşdirilmişdirsə, ekran üzərində yarıq olmayan yerdə ikinci dalğaların amplitudası sıfır bərabər, yarıq olan yerdə isə, işığın amplitudu ekran olmadığı haldakına uyğun olur.

İkinci dalğaların amplitud və fazalarının nəzərə alınması, fəzanın ixtiyari nöqtəsində dalğanın yekun amplitudunu tapmağa imkan verir. Yekun amplitudu tapmaq üçün, Frenel, dalğa səthini zonalarla ayırmağı təklif etmişdir ki, bu zonalar da Frenel zonaları adlandırılmışdır.

Paralel şüaların difraksiyasına (Fraunhofer difraksiyasına) nəzər salaq. Fərz edək ki, müstəvi monoxromatik işıq dalğası, eni $MN=a$ olan sonsuz

uzun yarığın üzərinə normal istiqamətdə düşür (şəkil 45.1).

Yarıq müstəvisi S , linza L və fokal müstəvidə yerləşən ekran E bir-birinə paraleldirlər. Əgər difraksiya hadisəsi baş verməsəydi işıq şüaları yarıqdan keçərək, baş optik ox üzərində yerləşən B nöqtəsində toplanardı. Işıq şüaları difraksiyaya məruz qaldıqlarından, ekranda mənzərə tamamilə dəyişir. Yarığın kənarlarından B müşahidə nöqtəsinə φ bucağı istiqamətində gələn MB və NB şüalarının optik yollar fərqi

$$\Delta = NF = a \sin \varphi \quad (1)$$

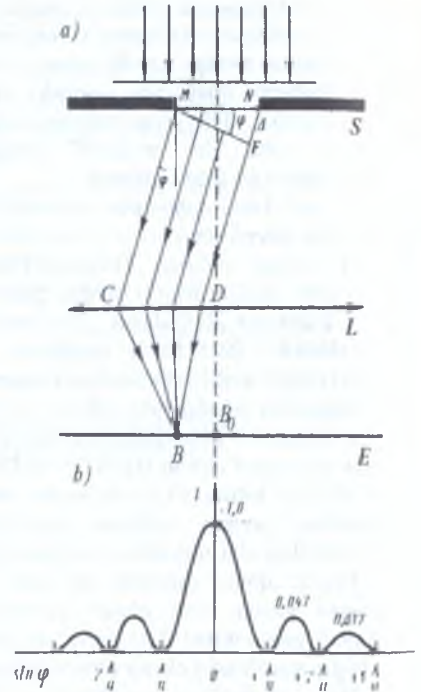
olar. Burada linzanın əlavə optik yollar fərqi yaratmadığı nəzərə alınmışdır.

MN -yarığını, onun tərəfinə paralel olmaqla, Frenel zonalarına ayıraraq.

Frenel zonalarının eni elə seçilir ki, onun kənarlarından müşahidə nöqtəsinə gələn dalğaların yollar fərqi $\lambda/2$ -yə bərabər olsun. Onda, iki qonşu Frenel zonasının uyğun nöqtələrindən müşahidə nöqtəsinə gələn dalğalar fazaca π -qədər fərqlənərlər. Işıq şüaları yarığın üzərinə perpendikulyar istiqamətdə düşdüündən, yarıq müstəvisi dalğa cəbhəsilə üst-üstə düşür. Ona görə də yarıq müstəvisində ikinci dalğalar eyni fazaya malik olurlar. Zolaqların sahələri eyni olduğundan və dalğalar müşahidə nöqtəsinə eyni istiqamətdə yayıldıqlarından Frenel zonalarından müşahidə nöqtəsinə gələn ikinci dalğaların amplitudaları da bərabər olar. Qonşu zonaların uyğun nöqtələrindən müşahidə nöqtəsinə gələn dalğaların yollar fərqi $\lambda/2$ olduğundan, onlar müşahidə nöqtəsinə əks faza ilə çatar və belə rəqslərin toplanması zamanı qonşu zonaların yaratdığı rəqslər bir-birini zəiflədər. Ümumi halda n sayda Frenel zonalarının yaratdığı yekun rəqsin amplitudası

$$A = A_1 - A_2 + A_3 - \dots \pm A_n \quad (2)$$

olar. Burada $A_1, A_2, \dots, A_n$ - uyğun olaraq birinci, ikinci və n -ci zonaların



Şəkil 45.1

yaratdıqları rəqslərin amplitudalarıdır. A_n -in qarşısındakı müsbət işarə zonaların sayının tək, mənfi işarə isə, zonaların sayının cüt olmasına uyğundur. Beləliklə, zonaların sayının tək və cüt olmasından asılı olaraq, müşahidə nöqtəsində interferensiyanın maksimumu və ya minimumu müşahidə edilir, yəni

$$a \sin \varphi_{min} = 2k \frac{\lambda}{2}, \quad (k=1,2,\dots) \quad (3)$$

olduqda, müşahidə nöqtəsində difraksiya minimumları və

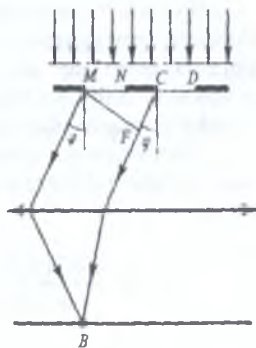
$$a \sin \varphi_{max} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (k=1,2,\dots) \quad (4)$$

olduqda isə, difraksiya maksimumları müşahidə edilir. $\varphi=0$ olduqda, bütün zonalarından müşahidə nöqtəsinə gələn dalğalar eyni fazaya malik olduqlarından, bu istiqamətdə işıq ən böyük intensivliyə malik olar ki, bu da mərkəzi difraksiya maksimumuna uyğundur. İntensivliyin difraksiya bucağına görə paylanması şəkil 45.1b-də göstərilmişdir.

Difraksiya hadisəsini difraksiya qəfəsinin vasitəsilə daha aydın müşahidə etmək mümkündür. Difraksiya qəfəsi dedikdə, bir-birinə çox yaxın olan eyni ölçülü paralel yarıqlar sistemi nəzərdə tutulur. Praktikada difraksiya qəfəsi olaraq, üzərində bir-birindən eyni məsafələrdə çoxlu paralel xətlər çəkilmiş şəffaf lövhədən istifadə olunur.

Paralel şüaların difraksiyasından məlumdur ki, ekranda intensivliyin paylanması, ancaq, difraksiyaya uğrayan şüaların istiqamətindən asılıdır. Bu onu göstərir ki, yarığı özünə paralel olaraq sağa və sola yerini dəyişsək, difraksiya mənzərəsi dəyişməz olaraq qalar. Yəni, bir yarığın əvəzinə çoxlu sayda yarıq (difraksiya qəfəsi) götürsək, ayrılıqda hər bir yarığın yaratdığı difraksiya mənzərəsi eyni olar.

Yarığın enini $MN=a$, qeyri-şəffaf hissəsinin enini $NC=b$ ilə işarə edək (şəkil 45.2). $d=a+b$ məsafəsi difraksiya qəfəsinin sabiti (periodu) adlanır. Fərz edək ki, müstəvi monoxromatik işıq dalğası qəfəs müstəvisinin üzərinə normal istiqamətdə düşür. Yarıqlar bir-birindən eyni məsafədə yerləşdiyinə görə ixtiyari iki qonşu yarığın uyğun nöqtələrindən müşahidə nöqtəsinə müəyyən istiqamətdə gələn dalğaların yollar fərqi eyni olar. Onda aydındır ki, əgər bir yarıq olan halda müəyyən istiqamətdə yayılan işıq şüaları müşahidə nöqtəsində bir-birini söndürərlərsə, iki yarıq olan halda da həmin istiqamətdə işıq şüaları bir-birini söndürərlər.



Şəkil 45.2

Beləliklə, difraksiya qəfəsi üçün intensivliyin baş minimumlar şərti

$$a \sin \varphi = k\lambda, \quad (k = 1, 2, 3, \dots) \quad (5)$$

bir yarıqdan difraksiya halındakına uyğun olaraq qalar.

Bir yarıq olan halda intensivliyin maksimumu müşahidə edilən müəyyən istiqamətlərdə, çox yarıq olan halda dalğaların qarşılıqlı interferensiyası zamanı onlar bir-birini zəiflədə də bilirlər ki, bunun nəticəsində də əlavə minimumlar yaranar. Yəni, difraksiya qəfəsində N sayda yarıq olan halda, əlavə difraksiya minimumlarının yaranması şərti

$$\Delta = CF = d \sin \varphi = \pm k \frac{\lambda}{N}, \quad (6)$$

harada ki, $k = 1, 2, \dots, N-1, N+1, \dots, 2N-1, 2N+1, \dots$

Hər hansı bir yarıqdan yayılan dalğanın göstərdiyi təsir qonşu yarıqdan yayılan dalğanın göstərdiyi təsiri o vaxt gücləndirər ki, yollar fərqi

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda \quad (7)$$

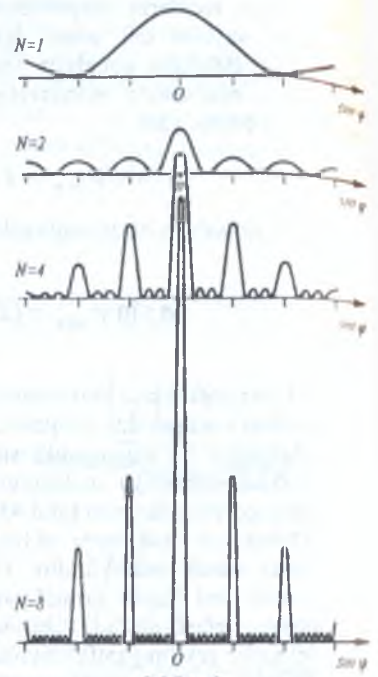
şərtini ödəsin. Bu şərt difraksiyanın baş maksimumlarının alınması şərtidir.

İki baş maksimum arasında $N-1$ sayda əlavə minimum yerləşər. Beləliklə, yarıqların sayı çox olduqca, baş maksimumlar arasındakı minimumların sayı da çox olar və bununla da baş maksimumlar daha intensiv və daha kəskin alınar. Bir, iki, dörd və səkkiz yarıqlardan alınan difraksiya mənzərələri şəkil 45.3-də göstərilmişdir.

Hesablamalar göstərir ki, N yarıqdan difraksiya zamanı işığın intensivliyinin difraksiya bucağına görə paylanması aşağıdakı düsturla ifadə edilir

$$I = I_0 \frac{\sin^2(\pi b \sin \varphi / \lambda)}{(\pi b \sin \varphi / \lambda)^2} \cdot \frac{\sin^2(N \pi d \sin \varphi / \lambda)}{\sin^2(\pi d \sin \varphi / \lambda)} \quad (8)$$

burada I_0 - linzanın mərkəzi istiqamətində bir yarıqdan yayılan dalğanın intensivliyidir. (8) bərabərliyinin sağ tərəfindəki birinci vuruq, bir yarıqdan



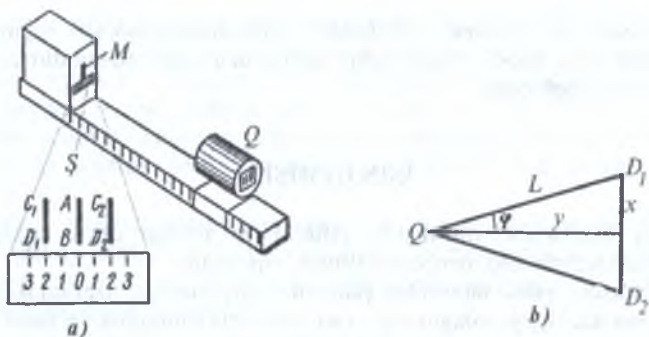
Şəkil 45.3

difraksiya zamanı intensivliyin paylanması ifadə edir.

Əgər qəfəs üzərinə ağ işıq düşərsə, difraksiya mənzərəsi (mərkəzi maksimumdan başqa) rənglərə boyanmış olar. Difraksiya qəfəsinin bu əsasından spektral cihaz kimi də istifadə olunur.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Qurğu optik masadan, difraksiya qəfəsindən (Q), ortasında yarığı olan millimetr bölgülü xətkəşdən ($\mathcal{S}$) ibarətdir (şəkil 45.4).



Şəkil 45.4

Xətkəş optik skamyamın bir kənarında, ona perpendikulyar istiqamətdə bərkidilir. Optik masanın o biri kənarında (xətkəşlə üzbəüz) isə, difraksiya qəfəsi yerləşdirilir. Dalğa uzunluğu təyin ediləcək monoxromatik işıq mənbəyi (M) xətkəşin arxasında yerləşdirilir. Işıq mənbəyindən gələn şüalardan yalnız yarıqdan keçənləri difraksiya qəfəsinin üzərinə düşür. Difraksiya qəfəsindən xətkəşin yarığına baxdıqda, onun sağ və sol tərəfində simmetrik olan işıqlı zolaqlar görünür (C_1D_1 və C_2D_2 xətləri, şəkil 45.4a). Həmin işıqlı zolaqlardan hər hansı birinin (məsələn, k -cı tərtib zolağın) yarıqdan olan x məsafəsini və yarıqdan difraksiya qəfəsinə qədər olan y məsafəsini (şəkil 45.4b) ölçməklə, bu zolaqdan qəfəyə qədər olan L məsafəsini tapmaq olar

$$L = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Şəkildən göründüyü kimi, difraksiya bucağının sinisunu

$$\sin \varphi = \frac{x}{L} \quad (9)$$

tapıb, (7)-də nəzərə alsaq, yaza bilərik

$$\lambda = \frac{xd}{k\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{xd}{ky\sqrt{1 + (x/y)^2}}.$$

$x/y \ll 1$ olduğundan,

$$\lambda = \frac{xd}{ky} \quad (10)$$

olar.

Qəfəs sabitini d bilərək, (10) ifadəsinə görə monoxromatik işığın dalğa uzunluğunu tapa bilərik. Əgər işığın dalğa uzunluğu məlumdursa, qəfəs sabitini təyin etmək olar.

İŞIN GEDİŞİ

1. İşıq mənbəyini, difraksiya qəfəsini və xətkəsi optik skamyanın üzərində yerləşdirib, işıq mənbəyini dövrəyə qoşmalı.
2. Difraksiya qəfəsi tərəfindən şüalandırılmış xətkəsin üzərindəki yarığa baxaraq, mərkəzi işıqlı zolağın sağ və sol tərəfində simmetrik yerləşən qonşu işıqlı xətlərin yarıqdan olan x məsafəsini ölçməli.
3. Xətkədən qəfəsə qədər olan y məsafəsini ölçməli.
4. Təcrübəni üç dəfə təkrar etməklə (10) düsturuna görə işığın dalğa uzunluğunu və onun orta qiymətini tapmalı.
5. 1-4 əməllərini spektrin başqa tərtibləri üçün də təkrar etməli.
6. İşıq monoxromatik olmadıqda, difraksiya mənzərəsində işıqlı xətlərin yerində rəngli xətlər alındığından, həmin rənglərdən birini seçib, onun üçün yuxarıdakı əməliyyatları təkrar aparmalı.
7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5]. 4.75, 4.89, 4.92.

Ədəbiyyat: [1], § 24.4-24.7;

[2], т.1, § 66-68;

[4], § 193-195.

He-Ne LAZERİNİN İŞİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ VƏ ERİTROSİTLƏRİN ÖLÇÜLƏRİNİN TƏYİNİ

Cihazlar və ləvazimatlar: He-Ne lazeri, difraksiya qəfəsi, histoloji preparat, ekran

NƏZƏRİ MƏLUMAT

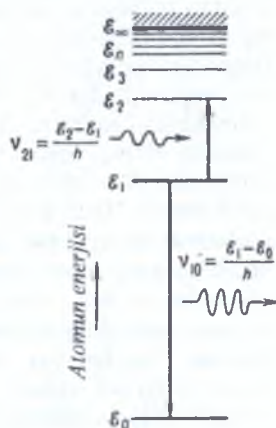
Lazer sözü - ingilis sözlərinin (light amplifikation by stimulated emission of radiation) baş hərflərindən götürülmüşdür ki, mənası optik dalğaların məcburi şüalanma yolu ilə gücləndirilməsi deməkdir. Lazerlərin yaranmasında Sovet alimlərindən N.Q.Basov, A.M.Proxorovun və Amerika alimi Ç.Taunsun böyük rolu olmuşdur. Kvant elektronikas sahəsindəki işlərinə görə hər üç alimə 1964-cü ildə Nobel mükafatı verilmişdir.

Lazer şüalanmasının alınmasını izah etməzdən əvvəl, lazerlərin yaranmasında mühüm rol oynayan, atom və molekulların elektromaqnit dalğaları ilə qarşılıqlı təsirinin xarakterinin mahiyyətini və məcburi şüalanma prosesini aydınlaşdırmaq.

Kvant mexanikasının qanunlarına əsasən, atomda bağlı olan elektronların enerjisi, və eləcə də bütövlükdə, atomların enerjisi ixtiyari deyil, ancaq müəyyən diskret $E_0, E_1, E_2, \dots, E_n, \dots$ qiymətlər ala bilər ki, bunlar da atomların enerji səviyyələri adlanır. Məsələn, hidrogen atomunun enerji səviyyələri şəkil 46.1-də göstərilmişdir. Burada atomun bütöv spektri $E_\infty = E_0 + 13,5 \text{ eV}$ enerjisindən başlayır ki, bu da atomun ionlaşması halına uyğundur.

Enerjinin minimum qiymətinə uyğun olan ən aşağı E_0 səviyyəsi əsas səviyyə, qalan $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n, \dots$ yüksək enerji səviyyələri isə, həyacanlanmış səviyyələr adlanır.

Bor nəzəriyyəsinə görə atomlar tərəfindən elektromaqnit dalğalarının şüalandırılması, və ya udulması atomların bir enerji səviyyəsindən digər enerji səviyyəsinə keçməsilə əlaqədardır. Keçid zamanı şüalandırılan, və ya udulan enerjinin miqdarı



Şəkil 46.1

$$h\nu_{mn} = E_m - E_n \quad (1)$$

burada h - Plank sabitidir ($h=6,62 \cdot 10^{-27}$ *erq.san*), ν_{mn} - atomun, enerjisi E_m olan səviyyədən, enerjisi E_n olan səviyyəyə keçdiyi zaman şüalandırıldığı, və ya udduğu elektromaqnit dalğasının tezliyidir ($m>n$ olduqda şüalanma, $m<n$ olduqda isə, udulma aktı baş verir).

(1) düsturu atomun elementar şüalandırma və udma aktı üçün enerjinin saxlanma qanununu ifadə edir. Şüalanan, və ya udulan enerjinin miqdarı atomun səviyyələrinin enerjiləri fərqinə bərabərdir.

Atomların elektromaqnit dalğaları şüalandırması, və ya udması ayrı-ayrı enerji porsiyalarla (kvantlarla), və ya fotonlarla olur. Əgər atom $h\nu_{mn}$ enerjili fotonu udursa, onun enerjisi artır və beləliklə, atom aşağı E_n enerji səviyyəsindən yuxarı E_m enerji səviyyəsinə keçir. Atom foton şüalandırdıqda isə əksinə, o, yuxarı E_m enerji səviyyəsindən aşağı E_n enerji səviyyəsinə keçir.

Enerjinin diskretliyi təkcə atomlara yox, qarşılıqlı təsirdə olan ixtiyari mikrohissəciklər sisteminə, molekulalara, ionlara və bərk cisimlərə də xasdır.

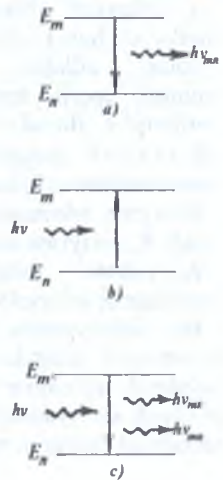
Atom və ya molekulların enerjiləri, ancaq diskret qiymətə malik olduqlarından, mühitdə elektromaqnit dalğalarının enerjisi sıçrayışla, yəni kvantlarla dəyişə bilər.

Tarazlıq şüalanmasına Bor postulatlarını tətbiq edərək, Eynşteyn nəinki Plank şüalanma qanunu təzədən aldı, o həm də elektromaqnit dalğaları ilə maddənin qarşılıqlı təsirinin mahiyyətini dərinlən aydınlaşdırdı. O sübut etdi ki, elektromaqnit dalğalarının maddə ilə qarşılıqlı təsiri zamanı, əvvəlcədən məlum olan iki prosesdən - udulma və spontan (özbaşına) şüalanma proseslərindən başqa, üçüncü bir proses də mövcuddur. Eynşteyn bu prosesi məcburi şüalanma prosesi adlandırmışdır. Əgər atom hər hansı həyacanlaşmış E_m səviyyəsindədirsə, onda atomun belə halı dayanıqlı deyildir. Atom çox kiçik zaman müddətindən sonra heç bir xarici təsir olmadan, özbaşına olaraq, həyacanlaşmış E_m səviyyəsindən enerjisi az olan müəyyən E_n səviyyəsinə keçər (şəkil 46.2a). Belə keçid spontan keçid, alınan şüalanma isə spontan şüalanma adlanır. Belə keçid zamanı atom enerjisi $h\nu_{mn}$ olan kvant şüalandırır ki, bunun nəticəsində də elektromaqnit dalğasının enerjisi $h\nu_{mn}$ qədər artır. Spontan keçidin baş vermə anını əvvəlcədən dəqiq müəyyən etmək mümkün deyildir. Bu keçidin ancaq, müəyyən zamandan sonra baş vermə ehtimalı haqqında fikir söyləmək olar.

Vahid zamanda spontan keçidlərin sayı

$$dN_{mn} = A_{mn} N_m \cdot$$

Burada A_{mn} spontan keçidin ehtimalı, N_m isə, m səviyyəsindəki atomların sayıdır.



Şəkil 46.2

Spontan keçidin əsas xarakteristikası orta müddətdir $\overline{\Delta t}$ ki, bu müddətdən sonra spontan keçid akii baş verir. Orta müddətin tərs qiyməti spontan keçidin ehtimalı adlanır və A hərfi ilə işarə edilir. Ən ehtimalı keçidlər üçün $A \approx 10^8 \text{ san}^{-1}$, yəni atomun həyəcanlaşmış halda qalma (aşama) müddəti $\overline{\Delta t} = 10^{-8} \text{ san}$.

Spontan keçidin təsadüfi xarakter daşması ona gətirir ki, müxtəlif atomlar bir-birindən asılı olmayaraq, müxtəlif zaman anlarında şüalandırılırlar. Ona görə də, ayrı-ayrı atomların şüalandırıcıları elektromaqnit dalğalarının fazaları bir-birilə əlaqə olmayaraq, xaoslu şəkildə dəyişirlər. Təkcə atomların şüa buraxma anları deyil, şüalandırılan fotonların yayılma istiqamətləri və onların polarizasiyaları da xaoslu olaraq dəyişir. Bunun nəticəsində də maddənin yekun spontan şüalanması qeyri koherent şüalanmadır.

Bütün adi işıq mənbələrinin şüalanmaları, spontan şüalanma aktlarının hesabına yarandığından, qeyri koherent şüalanmadırlar.

Eynşteynin hipotezi məcburi şüalanma prosesinə aiddir. Bu şüalanmanın mövcud olmasını Eynşteyn klassik elektrodinamikadan götürmüşdür. Klassik elektrodinamikaya görə Plank rezonatoru xarici elektromaqnit sahəsinin təsiri altındadırsa, rezonatorun enerjisi, sahənin rezonator üzərində gördüyü işin nəticəsində dəyişir. Sahənin gördüyü iş, rezonatorun və dəyişən sahənin faza münasibətindən asılı olaraq, müsbət və ya mənfi ola bilər. Buna uyğun olaraq, Eynşteyn fərz etmişdir ki, atom v_{mn} tezliyinə malik olan sahənin təsiri ilə v_{mn} enerjili kvantı udmaqla, aşağı E_n enerji səviyyəsindən yuxarı E_m enerji səviyyəsinə (şəkil 46.2b) və yaxud $h\nu_{mn} = E_m - E_n$ enerjili kvant şüalandırmaqla, yuxarı E_m səviyyəsindən aşağı E_n enerji səviyyəsinə keçə bilər (şəkil 46.2c). Birinci prosesi udulma (rezonans udulma), ikinci prosesi isə, məcburi şüalanma prosesi adlandırmaq qəbul edilmişdir. Bu proseslərin baş verməsi üçün təsir edən xarici sahənin tezliyi ν sistemin keçid tezliyinə ν_{mn} uyğun olmalıdır ($\nu \approx \nu_{mn}$). Hər iki prosesin sürəti, uyğun olaraq, ehtimal əmsalları B_{nm} , B_{mn} və sistemə təsir edən elektromaqnit sahəsinin enerjisinin spektral sıxlığı ρ_ν ilə mütənəsbidir. Eynşteyn udulma və məcburi şüalanmanın ehtimal qanunlarını aşağıdakı kimi ifadə etmişdir.

Vahid zamanda udulma aktlarının sayı $dN_{nm} = B_{nm} N_n \rho_\nu$.

Vahid zamanda məcburi şüalanma aktlarının sayı $dN_{mn}^* = B_{mn} N_m \rho_\nu$.

Burada B_{nm} və B_{mn} uyğun olaraq, məcburi şüalanma və udulma üçün Eynşteyn əmsalları, N_m və N_n m və n səviyyələrindəki atomların sayı, ρ_ν isə, sistemə təsir edən xarici elektromaqnit dalğasının enerjisinin spektral sıxlığıdır.

Eynşteynin hipotezindən aşağıdakı nəticələr çıxır.

1. Məcburi şüalanma aktlarının sayı atoma təsir edən elektromaqnit dalğasının enerjisinin spektral sıxlığı ilə mütənasibdir.

2. Məcburi şüalanma zamanı atomun şüalandırdığı dalğanın tezliyi, atoma təsir edən sahənin tezliyinə bərabərdir.

Məcburi şüalanmanın əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, "yeni yaranmış kvant", onu yaradan kvantla tamamilə eynidir. Yəni, onların tezliyi, fazası, yayılma istiqamətləri və polarizasiyaları üst-üstə düşür. Beləliklə, məcburi şüalanma koherent şüalanmadır. Məcburi şüalanmanın bu xassəsi elektromaqnit dalğalarını gücləndirməyə və koherent işıq mənbələrini (lazerləri) yaratmağa imkan verdi.

Termodinamik tarazlıq halında atomların enerji səviyyələrinə görə paylanması Bolsman paylanma qanununa tabedir. Bu qanuna görə n səviyyəsindəki atomların sayı N_n aşağıdakı düsturla təyin olunur

$$N_n = C \cdot \exp\left(-\frac{E_n}{kT}\right). \quad (2)$$

Burada k - Bolsman sabiti, C - mütənasiblik əmsalıdır.

Bu münasibət göstərir ki, müəyyən E_n enerjisində malik olan səviyyədə atomların sayı cismnin mütləq temperaturundan T və səviyyənin enerjisindən E_n asılıdır. Enerjinin artması ilə səviyyənin məskunluğu (səviyyədəki hissəciklərin sayı) azalır. Temperaturun artması ilə yuxarı enerji səviyyələrinin məskunluğunun artmasına baxmayaraq, həmişə yuxarı səviyyədəki hissəciklərin sayı, aşağı səviyyədəki hissəciklərin sayından az olur. Yuxarı səviyyədəki zərrəciklərin sayının N_m , aşağı səviyyədəki zərrəciklərin sayına N_n nisbəti

$$\frac{N_m}{N_n} = \exp\left(-\frac{E_m - E_n}{kT}\right) = \exp\left(-\frac{h\nu_{mn}}{kT}\right). \quad (3)$$

İndi iki səviyyəli sistemin elektromaqnit dalğası ilə qarşılıqlı təsirində baxaq. Elektromaqnit dalğasının tezliyinin ν atomun keçid tezliyinə ν_{21} uyğun olduğu qəbul edilir.

Sadəlik üçün fərz edək ki, molekulardan (və ya atomlardan) ibarət olan sistem sabit temperatura T malikdir və molekulalar qarşılıqlı təsirdə olmurlar. Hər bir molekula ancaq, daxili enerjinin iki qiymətini ala bilər E_1 və E_2 . Belə sistem iki səviyyəli sistem adlanır. Elektromaqnit sahəsinin enerjisinin spektral sıxlığını ρ_ν , E_1 və E_2 səviyyələrindəki zərrəciklərin sayını uyğun olaraq, N_1 və N_2 ilə işarə edək. Onda zərrəciklərin ümumi sayı $N=N_1+N_2$ olar. Bolsman qanununa görə zərrəciklərin enerji səviyyələrinə görə paylanması

$$N_2 = N_1 \exp\left(-\frac{E_2 - E_1}{kT}\right) = N_1 \exp\left(-\frac{h\nu_{21}}{kT}\right) \quad (4)$$

düsturu ilə ifadə olunur.

Belə sistemdə spontan şüalanmadan başqa xarici sahənin təsiri ilə sistemdə udulma və məcburi şüalanma aktları da baş verir.

dt zaman müddətində yuxarı enerji səviyyəsindən aşağı enerji səviyyəsinə spontan (özbaşına) keçid aktlarının sayı

$$dN_{21} = A_{21} N_2 dt$$

olar. Burada A_{21} spontan keçidin ehtimalıdır. Aydındır ki, spontan keçid aktı xarici sahənin olub-olmamasından asılı deyildir.

Atomların, xarici sahənin təsiri ilə aşağı enerji səviyyəsindən yuxarı enerji səviyyəsinə keçidi zamanı udulma keçid aktlarının sayı elektromaqnit dalğasının enerjisinin spektral sıxlığı ρ_ν ilə mütənasibdir

$$dN_{12} = B_{12} \rho_\nu N_1 dt.$$

Burada B_{12} udulma üçün Eynşteyn əmsalıdır.

Spontan keçidlərin sayı ilə müqayisədə, bu ifadədən görünür ki, udulma keçidinin ehtimalı $B_{12} \rho_\nu$ -yə bərabərdir.

Eynşteynə görə sistemdə spontan şüalanma və udulma prosesindən başqa, məcburi şüalanma prosesi də mövcud olar ki, bu keçid aktlarının sayı da ρ_ν ilə mütənasibdir, yəni

$$dN_{21}^* = B_{21} \rho_\nu N_2 dt.$$

Burada B_{21} -məcburi şüalanma üçün Eynşteyn əmsalı, $B_{21} \rho_\nu$ - vahid zamanda məcburi şüalanmanın ehtimalıdır.

Termodinamik tarazlıq halında yuxarı enerji səviyyəsindən aşağı enerji səviyyəsinə və əksinə, aşağı enerji səviyyəsindən yuxarı enerji səviyyəsinə keçidlərin sayı bərabər olmalıdır, yəni

$$dN_{21} + dN_{21}^* = dN_{12},$$

və ya

$$A_{21} N_2 dt + B_{21} \rho_\nu N_2 dt = B_{12} \rho_\nu N_1 dt.$$

Bu ifadədə, Bolsman paylanma qanununu nəzərə alsaq, şüalanma enerjisinin spektral sıxlığı

$$\rho_v = A_{21} / [B_{12} \exp(\frac{h\nu}{kT}) - B_{21}] \quad (5)$$

olar.

Digər tərəfdən, Plank məsələsində mütləq qara cismin istilik şüalanma qanununa görə

$$\rho_v = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{\exp(h\nu/kT) - 1} \quad (6)$$

Burada ρ_v qabın divarının istilik şüalanma sahəsini ifadə edir. ($\rho_v = (4/c)E_{\nu T}$), $E_{\nu T}$ - cismin şüalandırma qabiliyyətidir.

(6) və (7) ifadələri eyni bir ρ_v kəmiyyətini xarakterizə etdiyindən, onlar bir-birinə bərabər olmalıdır. Aydındır ki, mütləq temperatur T sonsuzluğa yaxınlaşdıqda, ρ_v -də sonsuzluğa yaxınlaşmalıdır. Bu şərtin ödənməsi üçün Eynşteyn əmsalları bir-birinə bərabər olmalıdır

$$B_{12} = B_{21} \quad (7)$$

onda

$$\frac{A_{21}}{\rho_v B_{21}} = \exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1$$

alırıq.

Hesablamalar göstərir ki, görünən və ultrabənövşəyi oblastda spontan şüalanma prosesi, radiodalğa oblastına nəzərən daha tez-tez baş verir. Ona görə də görünən oblastda məcburi şüalanma prosesini aşkar etmək çətinlik tələf edir.

Qeyd etdik ki, termodinamik tarazlıq halında yuxarı enerji səviyyəsindəki hissəciklərin sayı həmişə aşağı səviyyədəki hissəciklərin sayından az olur. Udulma və məcburi şüalanma aktlarının sayı uyğun olaraq, Eynşteyn əmsalları $B_{n'}$, B_m və səviyyədəki hissəciklərin sayı $N_{n'}$, N_m ilə mütənasibdir $dN_{nn'} = B_{nn'}\rho_v N_{n'}dt$, $dN_{mm} = B_{mm}\rho_v N_m dt$. Eynşteyn əmsallarının bərabərliyi ($B_{nn'} = B_{mm}$) faktı, lazerlərin yaranma tarixində böyük rol oynadı. Bu münasibət göstərdi ki, termodinamik tarazlıq halında həmişə $N_{n'} > N_m$ olduğundan, udulma aktı, məcburi şüalanma aktına nəzərən tez-tez baş verir ($dN_{nn'} > dN_{mm}$). Bunların fərqi isə, spontan şüalanma aktı ilə kompensasiya olunur. Ona görə də (7) münasibəti belə bir fikrə gətirdi ki, məcburi şüalanmanı ancaq termodinamik tarazlıq halım pozduqda aşkar etmək mümkündür. Yəni, mühiti gücləndirici mühit (fəal mühit) etmək üçün istilik tarazlıq halını elə pozmaq lazımdır ki, sistemin yuxarı enerji səviyyəsindəki zərrəciklərin $N_{n'}$ sayı, onun aşağı səviyyəsindəki zərrəciklərin N_m sayından çox olsun ($N_{n'} > N_m$). Maddənin belə halı inversiya halı, maddə isə aktiv (fəal) maddə adlanır.

Kvant elektronikasının yaranmasında əsas məsələ mühitin inversiya halının alınmasıdır. Maddənin inversiya halının çox çətinliklə yaradılması, kvant elektronikasının (lazerlərin) belə gec yaranmasının əsas səbəbidir.

Müxtəlif maddələrdə inversiya halının yaradılmasının çətinliyi müəyyən dərəcədə hissəciklərin qarşılıqlı təsiri ilə əlaqədardır. Hissəciklərin qarşılıqlı təsiri və onların istilik hərəkəti kvant keçidi yaradır ki, bu da sistemi təzədən istilik tarazlığına qaytarır, yəni Bolsman paylanması bərpa edir. Bu hadisə relaksasiya hadisəsi adlanır.

İki səviyyəli sistemdə inversiya məskunluğu yaratmaq mümkün olmadığından, elektromaqnit dalğalarını gücləndirmək üçün, üç səviyyəli sistemlərdən istifadə edilir. Qəbul edək ki, üç səviyyəli sistem mövcuddur və səviyyələrin enerjiləri E_1 , E_2 və E_3 -dür. Fərz edək ki, sistemin atomları $\nu_{31} = (E_3 - E_1)/h$ tezlikli elektromaqnit dalğasının təsiri ilə E_1 enerji səviyyəsindən E_3 səviyyəsinə keçiblər. Çox kiçik zaman müddətindən sonra həyacanlanmış E_3 səviyyəsindəki hissəciklər spontan olaraq aşağı E_2 və E_1 səviyyələrinə qayıdırlar. Əgər E_2 səviyyəsində hissəciklərin yaşama müddəti, onların E_3 səviyyəsində yaşama müddətindən çox-çox böyükdürsə, (hissəciklərin yaşama müddəti böyük olan səviyyələrə metastabil səviyyələr deyilir), onda müəyyən şərt daxilində belə sistemdə inversiya məskunluğu yaratmaq və bunun nəticəsində də sistemdən keçən elektromaqnit dalğasını gücləndirmək mümkün olur.

He-Ne LAZERİ

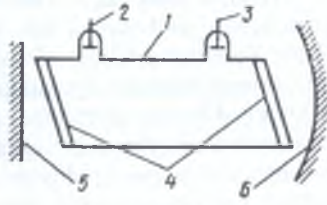
Lazerlər əsasən üç komponentdən ibarətdir:

- 1) aktiv maddə - hansı ki, mühitin inversiya halı yaradılır;
- 2) nakaçka sistemi - mühitin inversiya halını yaradan qurğudur;
- 3) optik rezonator - istiqamətlənmiş işıq dəstəsini formalaşdıran qurğudur.

Lazerlər çox zaman işçi maddəsinə görə adlandırılır. Məsələn: Rubin (Yaqut) lazerində aktiv maddə olaraq, rubin kristalından istifadə olunur. He-Ne lazerində isə aktiv maddə kimi, helium və neon qazlarının qarışığı götürülür.

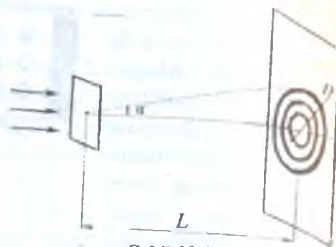
İlk dəfə qaz lazeri 1960-cı ildə Amerika alimləri Ə.Cavan, Z.Bennet və D.Erriot tərəfindən yaradılmışdır. Lazerin əsas hissəsini neon Ne və helium He qazları ilə doldurulmuş qaz boşalma balonu təşkil edir (şəkil 46.3). Neon və heliumun parsial təzyiqləri uyğun olaraq, 0,1 və 1 mm c.st. tərtibindədir.

Qaz qarışığı elektrik boşalmasının



Şəkil 46.3

Əgər difraksiya qəfəsi olaraq, xaosik şəkildə paylanmış bir qat eyni ölçülü, dairəvi kiçik hissəciklər götürsək, ekranda ayrı-ayrı hissəciklərin verdiyi difraksiyanın yekun mənzərəsini almış olarıq. Alınan difraksiya mənzərəsi, mərkəzi dairəvi işıqlı ləkənin ətrafında yerləşmiş, qaranlıq və işıqlı konsentrik zolaqlardan ibarət olar.



Şəkil 46.6

Hüyqens-Frenelin difraksiya nəzəriyyəsinə görə, paralel şüaların dairəvi maneədən difraksiyası zamanı qaranlıq zolaqlar aşağıdakı münasibətlər ödənilən istiqamətlərdə alınır

$$\sin \alpha_1 = 0,61 \frac{\lambda}{r}; \sin \alpha_3 = 1,11 \frac{\lambda}{r}; \sin \alpha_5 = 1,62 \frac{\lambda}{r}, \quad (9)$$

burada λ - işığın dalğa uzunluğu, r - dairəvi maneənin radiusu, α - dairəvi həlqənin zərrəciklər yerləşdiyi yerdən görünmə bucağıdır (şəkil 46.6).
İşıqlı həlqələrin alınma şərti isə,

$$\sin \alpha_2 = 0,82 \frac{\lambda}{r}; \sin \alpha_4 = 1,34 \frac{\lambda}{r} \quad (10)$$

olur.

Beləliklə, difraksiya mənzərəsindən istifadə etməklə, difraksiyanı yaradan hissəciklərin ölçülərini aşağıdakı düsturla təyin etmək olar

$$r = \frac{m\lambda}{\sin \alpha} \quad (11)$$

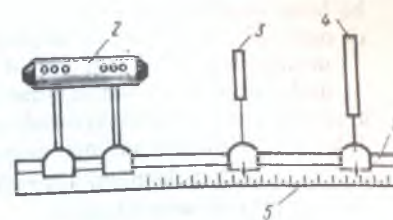
Burada m - verilmiş həlqəyə uyğun əmsəlidir.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Lazer şüasının dalğa uzunluğunu təyin etmək üçün istifadə olunan qurğunun sxemi şəkil 46.7-də göstərilmişdir. Qurğunun bütün hissələri optik skamyanın 1 üzərində yerləşdirilir. Lazer şüasının qabağına şaquli ox ətrafında fırladıla bilən difraksiya qəfəsi qoyulur. Ekranda 4 difraksiya

mənzərəsi müşahidə edilir. Qəfəslə ekran arasındakı məsafəni ölçmək üçün optik skamya boyunca şkala 5 yerləşdirilmişdir.

Lazer şüasının dalğa uzunluğunu (8) düsturuna görə təyin etmək üçün qəfəs sabitini d , maksimumun tərtibini k və φ bucağını bilmək lazımdır. Difraksiya qəfəsinin periodu, adətən difraksiya qəfəsinin üzərində qeyd edilir. φ bucağını



Şəkil 46.7

$$\operatorname{tg} \varphi = x / (2L) \quad (12)$$

düsturundan tapmaq olar. Burada L - qəfəslə ekran arasındakı məsafədir; x - mərkəzi maksimuma nəzərən simmetrik yerləşən eyni tərtibli maksimumlar arasındakı məsafədir. Maksimumlar arasındakı məsafə dedikdə, müşahidə edilən zolaqların mərkəzləri arasındakı məsafə başa düşülür.

Təcrübədə eritrositlərin ölçüsünü təyin etmək üçün, dovşan qanının eritrositlərinin histoloji preparatından istifadə olunur. Eritrositlərin ölçüsü (11) düsturundan tapılır. (11) düsturuna daxil olan bucağın qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır (şəkil 46.6-ya bax)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D}{2L}, \quad (13)$$

burada D - difraksiya həlqəsinin diametri, L - isə, qəfəslə ekran arasındakı məsafədir.

Alınmış difraksiya mənzərəsindəki həlqələr müəyyən enə malik olduqlarından, həlqənin diametri

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (14)$$

düsturu ilə təyin olunur. Burada D_1 və D_2 həlqənin xarici və daxili diametrləridir.

İŞİN GEDİŞİ

1. He-Ne lazer şüalanmasının dalğa uzunluğunun təyini:

- optik skamyada difraksiya qəfəsini və ekranı lazerin oxuna perpendikulyar istiqamətdə yerləşdirməli;

- b) lazeri mənbəyə qoşmalı;
 c) optik skamyaya boyunca ekranın yerini dəyişməklə, aydın difraksiya mənzərəsini almalı. Bu zaman ekranda müşahidə olunan difraksiya maksimumlarının tərtibi 4-dən az olmamalıdır;
 ç) qəfəslə ekran arasındakı məsafəni L ölçməli;
 d) birinci tərtib maksimumlar arasındakı məsafəni x , ölçməli;
 e) birinci tərtib maksimum üçün (9) düsturuna görə $tg\varphi_1$ -i hesablamalı;
 ə) $tg\varphi_1$ -i bilərək, $\sin\varphi_1$ -i tapmalı;
 f) (8) düsturuna görə qaz lazerinin şüalanmasının dalğa uzunluğunu tapmalı;
 g) oxşar əməliyyatları ikinci, üçüncü və s. tərtibli maksimumlar üçün də aparmalı;
 ğ) dalğa uzunluğunun orta qiymətini $\langle\lambda\rangle$ tapmalı;
 h) ölçmənin və hesablamaların nəticələrini cədvəl 1-də göstərməli;
 x) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 1

k	L, mm	x, mm	$tg\alpha$	$\sin\alpha$	λ, mm	$\langle\lambda\rangle, mm$

2. Eritrositlərin ölçüsünün təyini:

- a) optik skamyada tədqiq olunan preparatı və ekranı yerləşdirməli;
 b) ekranda aydın difraksiya mənzərəsini almalı;
 c) preparatla ekran arasındakı L məsafəsini, birinci qaranlıq həlqənin xarici D_1 və daxili D_2 diametrini ölçməli. (14) düsturuna görə D diametrini hesablamalı;
 ç) (13) düsturuna görə $tg\alpha$ -nı hesablayıb, onun qiymətinə görə $\sin\alpha$ -nı tapmalı;
 d) (11) düsturundan eritrositlərin ölçüsünü hesablamalı;
 e) analoji ölçmə yolu ilə başqa tərtibli qaranlıq və işıqlı həlqələr üçün təkrar hesablamaları aparmalı;
 ə) eritrositlərin orta ölçüsünü tapmalı;
 f) hesablamaları və ölçmənin nəticələrini cədvəl 2-də göstərməli. m əmsalının qiyməti həlqənin tərtibinə uyğun götürülür. Həlqələr mərkəzi işıqlı dairəni əhatə edən birinci qaranlıq həlqədən hesablanılır;
 g) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Cədvəl 2

Difraksiya həlqəsinin nömrəsi	m	L, mm	D_1, mm	D_2, mm	D, mm	tg, α	$\sin, \alpha$	r, mm	$\langle r \rangle, mm$

Ədəbiyyat:

Hall etməli [5], 4.77, 4.82.

Ədəbiyyat: [1], § 30.1;

[2], t.2, § 113;

[4], § 226.

LABORATORİYA İŞİ № 47

RADIOAKTİV PARÇALANMA QANUNUNUN YOXLANILMASI

Cihazlar və ləvazimatlar: radiometr, tozsoran, filtr, saniyə ölçən

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Dayanıqlı olmayan atom nüvələrinin müxtəlif növ ionlaşdırıcı şüalar (α -, β -, γ - və bəzi elementar hissəciklər) buraxmaqla, özbaşına olaraq digər nüvələrə çevrilməsi hadisəsi radioaktivlik adlanır. Şüaların maqnit sahəsində meylinə görə müəyyən edilmişdir ki, α -şüaları müsbət, β -şüaları mənfi yük daşıyır, γ -şüaları isə, yüksüzdür. α -şüaları ikiqat ionlaşmış helium atomları selindən, β şüaları isə, böyük sürətlə hərəkət edən elektronlar selindən ibarətdir. β şüalarının enerjisi 10 MeV-ə çatır ki, sürəti işığın boşluqda yayılma sürətinə yaxındır. γ şüaları qısa dalğa uzunluqlu elektromaqnit dalğası olduğundan, digər radioaktiv şüalara nəzərən ən çox nüfuzetmə qabiliyyətinə malikdirlər. Ona görə də γ şüaları maddədən keçdikdə, onu ionlaşdırı bilər.

Nüvələrin radioaktiv parçalanması statistik prosesdir. Bir nüvənin parçalanma ehtimalı ilə mütənasib olan kəmiyyət parçalanma sabiti adlanır və λ hərfi ilə işarə edilir. Parçalanma sabiti müxtəlif izotoplar üçün müxtəlif qiymətlər alır.

Fərz edək ki, parçalanma sabiti λ olan radioaktiv nüvə izotopunun sayı N -dir. dt zaman müddətində parçalanan nüvələrin sayını dN ilə işarə edək. Onda aydındır ki, dt zaman müddətində parçalanan nüvələrin sayı dN radioaktiv nüvələrin sayı N və parçalanma sabiti λ ilə mütənasib olar

$$dN = -\lambda N dt, \quad (1)$$

burada mənfi işarəsi radioaktiv nüvələrin zaman keçdikcə, azaldığını göstərir.

(1) ifadəsini dəyişənlərinə ayırıb, integrallasaq

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

alırıq. Burada N_0 başlanğıc halda radioaktiv nüvələrin sayıdır.

(2) düsturu radioaktiv parçalanmanın əsas qanunudur. Bu qanuna görə radioaktiv nüvələrin sayı zaman keçdikcə, eksponensial qanunla azalır. Radioaktiv nüvələrin sayının iki dəfə azalmasına sərf olunan zaman müddəti, yarımparçalanma periodu $T_{1/2}$ adlanır. (2) ifadəsindən istifadə etsək, $N_0/N=2$ şərtindən yarımparçalanma periodu üçün

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda \quad (3)$$

ifadəsini alırıq.

Radioaktiv maddənin aktivliyi

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N_0 \exp(-\lambda t) = \lambda N \quad (4)$$

olar.

İonlaşdırıcı şüalar bioloji obyektlərə spesifik təsir edir. Şüaların canlı orqanizmin toxumalarına fiziki təsiri, onların atom və molekulları həyacanlandırması və ionlaşdırması ilə əlaqədardır. Bunun nəticəsində də, molekulların kimyəvi əlaqəsi qırılır və molekulların özləri kimyəvi radikal tərkiblərə parçalanırlar. Belə dəyişikliklər hüceyrələrin normal həyat fəaliyyətinin pozulmasına gətirərək, onların ölümü ilə nəticələnə bilər. Bioloji təsirin effekti ionlaşdırıcı şüaların növündən, təsir müddətindən, şüalanma dozasından, şüalandırılan səthin sahəsindən və orqanizmin fərdi həssaslığından asılıdır.

Növündən asılı olmayaraq ionlaşdırıcı şüalar orqanizm üçün çox təhlükəlidir. Kifayət qədər dozaya malik şüaların uzunmüddətli təsiri ağır nəticələrə gətirə bilər. Ən çox təsirə məruz qalan qan və qanyaradan üzvlərin hüceyrələridir. Ona görə də şüa zədələnməsinin ilk əlaməti qanın tərkibinin dəyişməsidir. Şüalanmaya məruz qaldıqda, hüceyrələr bölünmə qabiliyyətini itirir və bunun nəticəsində də, böyüyən orqanizmin daha güclü zədələnməsi baş verir.

Radioaktiv izotopların alfa-şüalanması kiçik nüfuzetmə qabiliyyətinə malikdir. α - hissəciklər seli ilə xarici şüalanma, adamlar üçün təhlükə törətmir, çünki bu şüalar paltarın parçası tərəfindən tamamilə saxlanılır. Bədənin açıq yerinə düşən α şüaları isə, dərinin üst təbəqəsi tərəfindən udulur. Əgər α radioaktiv şüaları orqanizmin daxilinə düşərsə, hüceyrələrə məhv-edici təsir göstərir. Beta şüaları isə, yüksək nüfuzetmə qabiliyyətinə malik olduqlarından, bu şüalarla xarici şüalanma da insan üçün təhlükə yaradır.

İxtiyari radioaktiv şüa mənbəyi ilə iş zamanı, şüanın təsirindən insanları qorumaq üçün, müəyyən ölçü götürmək lazımdır. Lazım olan

müdafiə üsulu və vasitəsini seçmək üçün ionlaşdırıcı şüaların dozasını və əlavə də, radioaktiv preparatların aktivliyini bilmək lazımdır. Şüalanmanın dozasını təyin etmək üçün dozimetrlərdən, radioaktiv izotopların aktivliyini ölçmək üçün isə, radiometrlərdən istifadə edilir.

Atmosfer havasında radon və onun parçalanma məhsulları olduğundan o, təbii radioaktivliyə malikdir. Radon - təsirsiz qaz olmaqla, torpaqda olan radium elementinin parçalanma məhsuludur. Havadakı radonun miqdarı, torpağın tərkibində olan radium elementinin miqdarından və onun torpaqdan çıxma şərtindən asılıdır. Radonun $^{86}\text{Rn}^{222}$ parçalanma məhsulları $^{84}\text{Po}^{218}$, $^{82}\text{Pb}^{214}$, $^{83}\text{Bi}^{214}$, $^{84}\text{Po}^{214}$ və s. izotoplarıdır.

Bu izotopların havada konsentrasiyasının az olmasına baxmayaraq, onları asanlıqla aşkar etmək mümkündür. Radiaktiv izotoplar tütünün bərk hissəcikləri ilə, tozla, duman damcılarla ilə görüşdükdə, onların üzərinə hopurlar. Əgər kifayət qədər həcmə malik olan havanı bərk hissəcikləri buraxmayan filtdən keçirsək, radiaktiv izotopları filtrin kiçik həcmində toplamaq mümkündür. Bu məqsədlə xüsusi aerosol filtrlərindən, pambıqdan, və ya filtrlə kağızdan istifadə edilir. Bu yolla alınmış preparatın aktivliyi əsasən $^{82}\text{Pb}^{214}$ və $^{84}\text{Bi}^{214}$ izotoplarının β -radioaktivliyindən asılıdır.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Parçalanma əyrisini almaq üçün, işdə radiometrdən istifadə olunur. Radiometr iki əsas hissədən: qazboşalma sayğacından və qeydedici qurğudan ibarətdir. Qeydedici qurğu indikatorların köməyi ilə cərəyan və gərginlik impulsalarını qeyd edir. Belə cihaz saniyədə 15 min impuls qeyd etməyə qadirdir. Qurğu tədqiq olunan preparatın şüalanmasının ancaq, müəyyən hissəsini, yəni hesablayıcı qurğu tərəfə yayılan β -hissəciklərini və γ -kvantlarını qeyd edir. Bundan əlavə, hesablamanın effekti bir sıra faktorlardan - sayğacın ayırdetmə qabiliyyətindən, şüalanmanın enerjisindən və s. asılıdır. Ona görə də preparatın həqiqi aktivliyini təcrübi yolla təyin etmək üçün, əvvəlcə aktivliyi məlum olan etalonun köməyi ilə cihazın hesablama effektivliyini tapmaq lazımdır. Yəni, etalonun buraxdığı hissəciklərin neçə faizinin sayğac tərəfindən qeyd edilə bildiyi müəyyən olunmalıdır.

Cihazın hesablayıcı qurğusunun işini yoxlamaq üçün, onun girişinə dəyişən cərəyan dövrəsindən impulsar verilir. Belə iş rejimi radiometrin qabaq tərəfində yerləşən, üzərində "50 Hs" yazılmış düyməni basmaqla yerinə yetirilir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Cihazın işinin yoxlanılması:

- a) təlimata əsasən cihazı dövrəyə qoşmalı;

- b) 100 saniyə ərzində dəyişən cərəyan dövrəsinin impulslarının N sayını tapmalı;
- c) bir saniyədəki impulsların sayını tapmalı. Əgər alınmış nəticə (50 ± 2) impuls/san-ya bərabərdirsə, cihaz işə hazırdır.
2. Fonun hesablanma sürətinin təyini:
- a) üç dəqiqə ərzində fonun impulslarının sayını N ölçməli;
- b) fonun hesablanma sürətini, yəni 1 dəqiqədəki impulslarının sayını N_F tapmalı;
- c) analogi hesablamaları 3 dəfə aparmaqla, impulsların orta sayını $\langle N_F \rangle$ tapmalı;
- ç) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 1-də qeyd etməli.

Cədvəl 1

N	N_F imp/dəq	$\langle N_F \rangle$ imp/dəq

Cədvəl 2

N_i imp/dəq	N_i imp/dəq	$\ln(N_0/N_i)$	λ dəq ⁻¹

3. Havanın β -radioaktiv izotopunun parçalanma əyrisinin qurulması:
- a) havasorucusunun giriş yarığına filtr bərkitməli və 10 dəqiqə ərzində ondan hava buraxmalı;
- b) filtri sayğacın masasının üzərinə qoyub, bir dəqiqə ərzindəki impulslarının sayını N'_0 tapmalı;
- c) $N_0 = N'_0 - \langle N_F \rangle$ -ni hesablamalı;
- ç) bir dəqiqə fasilə verməklə, üç dəqiqə ərzindəki impulsları hesablayıb, ölçməni on dəfə təkrar etməli. Hər bir ölçmə üçün bir dəqiqə ərzindəki impulsların sayını N'_0 təyin etməli;
- d) hər bir ölçmə üçün filtdən alınan impulsların bir dəqiqədəki sayını (fonsuz) $N_i = N'_i - \langle N_F \rangle$ tapmalı;
- e) $N_i = f(t)$ asılılıq qrafikini qurmalı;
- ə) $\ln(N_0/N_i) = f(t)$ asılılıq qrafikini qurmalı. Qrafikə görə parçalanma sabitini $\lambda = \ln(N_0/N_i)$, yəni əyrinin absis oxuna nəzərən meyil bucağının tangensini tapmalı;
- f) ölçmənin və hesablamaların nəticəsini cədvəl 2-də verməli;
- g) təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

Məsələlər:

Həll etməli [5], 6.17, 6.19, 6.20.

Ədəbiyyat: [1], § 32.1-32.6;

[4], § 240-245.

Ə L A V Ə L Ə R

1. Bəzi maddələrin sıxlığı, kg/m^3

Almaz.....	3500	Kağız.....	700-1100
Alüminium	2700	Kerosin	820
Benzin	680-720	Gənəgərçək yağı	960
Benzol (0°S).....	899	Mərmər	2500-2800
Brom (maye halda) ,...	3120	Mis	8930
Parafin	900	Polad	7700-7900
Buz (0°S)	917	Rezin	910-930
Qatran	1020	Spirt(etil)	790
Qurğuşun.....	11342	Su (4°S)	1000
Quru ağac:		Süd (üzlü)	1028
qoz ağacı.....	600- 800	Süd (üzsüz)	1032
palıd.....	700-1000	Xörək duzu	2080-2200
qovaq	300-500	Hava	
Qızıl	19300	normal şəraitdə.....	1,3
Dəmir	7870	Civə	13546
Efir	720	Şüşə	2400-2600

2. Bəzi materialların elastiklik modulu, QPa

Alüminium	7012	Qurğuşun	17
Ağac		Dəmir	200
lif boyunca	10	İpək sap.....	6,5
lifin eninə.....	0,75	Mis	110
Beton	3000	Polad.....	195+206
Buz (0°S)	3	Hörümçək toru.....	3
Qızıl	79	Şüşə	56

3. Normal şəraitdə ($t=0^\circ\text{S}$, $P=101325 \text{ Pa}$) havanın tərkibinə daxil olan bəzi qazların parsial təzyiqləri

Qaz	Qazın havada həcmi, %	Qazın Parsial təzyiqi	
		KPa	mm cəst
Azot	78,09	79,1	593,4
Oksigen	20,95	21,2	159,2
Arqon	0,93	0,94	7,07
Karbon	0,03	0,031	0,23
Neon	0,0018	0,0019	0,014

4. Müxtəlif mayelərin "maye-hava" sərhəddində səthi gərilmə əmsalları, 20⁰S-də
mN/m

Benzol	30	Sabun məhlulu.....	40
Brom.	44,2	Skipidar.....	26
Qliserin	63	Su (0 ⁰ S).....	75,6
Efir	17	Su (20 ⁰ S)	72,6
Etil spirti.....	22	Su (100 ⁰ S)	58
Yumurta zülalı (toyuq).....	53	Su (374,15 ⁰ S)	0
Gənəgerçək yağı.....	36,4	Süd	42-46
Neft.....	26	Civə	500

5. Bəzi maddələrin dinamik özlülüyü, mkPa san

Balıq piyi (20 ⁰ S).....	4,6 · 10 ⁴	Oksigen (0 ⁰ S).....	19,1 · 10 ⁶
Qliserin (0 ⁰ S)	12,1 · 10 ⁶	Su (0 ⁰ S).....	1787
Qliserin (20 ⁰ S).....	1,48 · 10 ⁶	Su (20 ⁰ S)	1005
Etil spirti (0 ⁰ S).....	1773	Su (100 ⁰ S).....	280
Etil spirti (20 ⁰ S).....	1200	Süd (20 ⁰ S).....	1800
Yağ (gənəgerçək, 20 ⁰ S)..	9,70 · 10 ³	Hava (0 ⁰ S).....	18,1

6. Kapillyarlıq

Torpaqda kapillyarları əmələ gətirən hissəciklərin ölçüsü, mm	Suyun kapillyarda qalxma hündürlüyü, sm
3-4	3-4
0,5	24,4
0,2	45
0,06-0,08	91

7. Müxtəlif canlıların qəbul etdikləri mexaniki rəqslərin tezlik diapazonu, Hs

	Adam	Sisəy	Cırcırma	Qurbağa
Eşitmə orqanının qəbul etdiyi tezlik diapazonu, Hs	16-20000*	2-4000	10-100000	50-30000

* 20000 Hs 20 yaşa qədər insanın qulağının qəbul etdiyi rəqsin tezliyinin yuxarı həddidir. 35 yaşında bu hədd təxminən 15000, 50 yaşda - 12000 Hs tərtibindədir. Uşaqların qəbul etdiyi səsin tezliyinin yuxarı həddi 22000 Hs-ə qədərdir.

8. Müxtəlif canlı orqanizmlərin eşitmə orqanlarının qəbul etdiyi səs tezliyinin yuxarı həddi, kHs

Qağayı.....	8	Gecə quşu	150
It	60	Kəpənək.....	160
Pişik	100	Delfin	200

9. Müxtəlif səslərin 1 kHs tezlikdə intensivlikləri, Vt/m²

Qol saatının tiqqılması	10 ⁻¹⁰
Kağızın xışılması.....	10 ⁻⁹
Canlanmış küçədə küy.....	10 ⁻⁵
Metro qatarında küy.....	10 ⁻³
Motosikl küyü (maksimal)	10 ⁻²
Böyük sürətli qatarın küyü.....	10 ⁻¹
Güclü göy gurultusu	1
Reaktiv mühərrikin küyü	10-100

10.Səsin müxtəlif mühitlərdə sürəti*, m/san

Alüminium (20 ⁰ S)	6260	Oksigen (0 ⁰ S)	316
Buz (-4 ⁰ S).....	3980	Polad (20 ⁰ S).....	5500
Qliserin (20 ⁰ S)	1923	Su (0 ⁰ S)	1402
Qızıl (20 ⁰ S).....	3200	Su (20 ⁰ S).....	1482
Efir (25 ⁰ S)	985	Su (74 ⁰).....	1555
Etil spirti (20 ⁰ S)	1165	Su (100 ⁰)	1543
Karbon qazı (20 ⁰ S)	259	Hava (20 ⁰ S)	343
Gümüş (20 ⁰ S).....	3600	Hidrogen (0 ⁰ S)	1284
Mis (20 ⁰ S)	4700	Civə	1450

11. Həyatda tətbiq edilən ultrasəsin tezlik diapazonu, kHs

Defektoskopiya (material və məmulatda nöqsan olub-olmadığını yoxlamaq üçün).....	500-5000
Suda məsafəni ölçmək (exalot) və obyektləri aşkar etmək üçün	18-30
xəstələri müalicə etmək üçün	800-1000
Bərk və kövrək maddələri mexaniki üsulla emal etmək üçün	18-30

* Əksər mayelərdə (sudan başqa) səs sürəti temperatur artdıqca azalır. Səsin suda sürəti 74⁰S-də ən böyük qiymət alır.

12. Bərk cisimlərin istilik sabitləri*

Cisimlər	$\alpha \cdot 10^4$	S	χ	T_s	Q_s
Ağac	0,04-0,58	0,33	0,0005	-	-
Alüminium	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	-
Vud 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
Ebonit	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	0,188-0,193	0,0917	0,26	≤ 900	-
Mantar	-	0,69	0,001	-	-
Magnezium	0,261	0,25	0,38	651	72
Manqan	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	-
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	0,033	0,13	2800	-
Çuqun (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	-	-

* Burada α -genişlənmə əmsalı (dər⁻¹) 0^o-100^oS- də, C -istilik tutumu (kal.q⁻¹dər⁻¹) 18^oS-də, χ - istilikkeçirmə əmsalı (kal.sm⁻¹ . san¹.dər⁻¹), T_s – ərimə temperaturu (°S –də), Q_s – ərimə istiliyidir (kal/q).

13. Bəzi mayələrin sabitləri*

Mayələr	α	$\eta \cdot 10^2$	β	S_r	θ	ρ	t	λ	t	P
Anilin	43	-4,6	0,85	0,50	-6,2	21	184,2	104	426	52,3
Aseton	23,3	0,337	0,137	0,52	-94,3	-	56,7	125	235	47
Benzol	29,0	0,673	0,124	0,407	5,50	30,4	80,2	94	288	47,7
Brom	44	1,02	0,112	0,11	-7,3	16,2	63,0	43	302	131
Su	72,8	1,05	0,018	0,999	0	79,7	100,0	539,1	374	218
Qliserin	66	1,393	0,050	0,58	-20	42	290	-	-	-
Ksilol (m)	28,4	0,647	0,101	0,40	-49,3	39	138,5	81	350	27
Neft	26	-	0,092	0,51	-	-	-	-	-	-
Pentan	-	0,244	0,160	0,52	-160	-	27,9	-	201	33,7
Civa	$5 \cdot 10^2$	1,59	0,181	0,0033	-38,9	2,8	356,7	68	1470	-
Karbon-culfid	32	0,382	0,121	0,24	-112	-	46,2	85	273	73
Spiri (metil)	22,8	0,632	0,122	0,60	-97	-	64,7	265	240	78,7
Spiri (etil)	22,0	1,22	0,110	0,58	-114	-	78,3	202	243	63
Spiri(propil)	23,6	2,39	0,095	0,57	-127	-	96	163	200	49,9
Toluol	28,6	0,613	0,109	0,41	-95,1	-	110,8	87	320	41,6
Sirkə turşusu	26	1,27	0,107	0,50	16,6	45	118,5	90	322	57,2
Xloroform	27	0,579	0,126	0,23	63,7	47	61,2	58	260	-
Etil efiri	17,0	0,238	0,163	0,56	-116,3	27	34,6	202	194	35
Skipidar	-	-	0,067	0,42	-10	-	160	70	-	-

* α - səthi gərilmə əmsali (Dn/sm) 18°S-də, η - daxili sürtünmə əmsali (q/sm.san) 18°S-də, β - genişlənmə əmsali (dar.°) 18°S-də, C_r - sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu (kal/q.dar) 18°S-də, θ - arınma nöqtəsi (°S), ρ - xüsusi arınma istiliyi (kal/q), t - qaynama nöqtəsi (°S), λ - xüsusi buxarlanma istiliyi (kal/q), t - böhran temperaturu (°S), P - böhran təzyiqi (atm.)

14. Bəzi qazların sabitləri*

Qazlar	ρ	ρ_m	α	C_p	C_p/C_v	η	χ	θ	t	λ	r	P
Azot	1,2507	0,79	0,3674	0,249	1,40	0,167	0,0367	-210	-195,8	48	33,5	-147
Ammonyak	0,7708	0,68	0,3802	0,52	1,31	0,093	0,049	-78	-33,5	327	112	132
Hidrogen	0,0899	0,06	0,3662	3,41	1,41	0,084	0,376	-259	-252,7	110	12,8	-240
Hava(SO ₂ -siz)	1,2928	-	0,3674	0,241	1,40	0,172	0,0565	-	-193	50	37,2	-141
Helium	0,1786	0,15	0,3660	0,25	1,65	0,189	0,338	-272	-268,8	-	2,25	-268
Azot 2- oksid	1,9777	-	0,0368	0,210	1,28	0,138	0,0351	-102	-90	-	71,7	36
Oksigen	1,4290	1,13	0,3674	0,218	1,40	0,192	0,0572	-218	-183,0	51	50	-119
Metan	0,7168	0,47	-	0,53	1,31	0,104	0,074	-184	-161,5	-	46	-83
Azot oksidi	1,3402	-	-	0,242	1,38	0,172	0,0555	-167	-150	-	65	-994
Karbon oksid	1,2504	0,79	0,0367	0,250	1,40	0,167	0,52	-199	-190	-	35	-139
Karbon qazı	1,9768	-	0,3726	0,202	1,30	0,140	0,331	-57	-78,5	142	73	31
Xlor	3,214	1,56	-	0,124	1,36	0,129	0,0183	-100	-34,5	675	76	144

* ρ - sıxlıq (q/l), ρ_m - maye halında sıxlığı (q/sm³), α - təzyiqin termik əmsalı (dər.°) 18°S-də, C_p - sabit təzyiqdə xüsusi istilik tutumu (kal/q.dər) 18°S-də, C_p/C_v , η - daxili sürtünmə əmsalı (q/sm.s) 18°S-də, χ - istilikkeçirmə əmsalı (kal/(sm.s.dər.)), θ - ərime nöqtəsi (°S), t - qaynama nöqtəsi (°S), λ - xüsusi buxarlanma istiliyi (kal/q), r - böhran temperaturu (°S), P - böhran təzyiqi (atm.).

15. Xüsusi elektrik müqaviməti, Om m

Alüminium.....	$2,8 \cdot 10^{-8}$	Mis	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Volfram.....	$3,5 \cdot 10^{-8}$	Nixrom	10^{-6}
Qızıl.....	$2,4 \cdot 10^{-8}$	Spirt(etil).....	$10^4 \cdot 10^5$
Qurğuşun	$2,2 \cdot 10^{-7}$	Su	$10^3 \cdot 10^4$
Gümüş	$1,6 \cdot 10^{-8}$	Civə.....	$0,958 \cdot 10^{-6}$

16. Tibbdə şərti olaraq qəbul edilən elektromaqnit rəqslərinin tezlik diapazonu

Alçaq tezlikli (AT)	20 Hs-ə kimi
Səs tezlikli (ST).....	20 Hs-20kHs
Ultrasəs tezlikli (UST)	20kHs-200kHs
Yüksək tezlikli (YT)	200kHs-300MHs
Ultrayüksək tezlikli (UYT)	30MHs-300MHs
İfrat yüksək tezlikli (İYT)	300MHs-dən böyük

17. Bəzi maddələrin sındırma əmsali

Almaz	2,417	Karbon oksidi	1,000334
Bal	2,06	Oksigen	1,000272
Balzam (Kanada)	1,53	Rubin	1,76
Buz (-4°S).....	1,31	Spirt (etil)	1,362
Qızıl	0,37	Su	1,333
Daş duz	1,54	Hava	1,000292
Dəmir	1,63	Hidrogen	1,000138
Efir	1,35	Şəkər	1,56
Yantar	1,55	Şüşə: ağır flint	1,77
Karbon qazı	1,00045	yüngül kron	1,51

18. Tam daxili qayıtmanın limit bucağı, dərəcə

Almaz	24	Spirt	47
Benzin	45	Su	49
Qliserin	43	Şüşə	
Efir	47	(müxtəlif növ).....	30-42

19. Bəzi radioaktiv nüvələrin yarımparçalanma

^3H	12,262 il	^{130}J
^{14}C	5730 il	^{131}J
^{60}Co	5,262 il	^{238}U

20. Əsas fiziki və riyazi sabitlər

Vakuumda işığın sürəti.....	$c=299792458 \text{ m/c}$
Avaqadro ədədi	$N_A=6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Universal qaz sabiti.....	$R=8,31 \text{ C/(mol K)}$
Bolsman sabiti	$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ C/K}$
Elementar elektrik yükü.....	$e=1,601892 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$
Elektronun sükunət kütləsi	$m_e=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kq}$
Elektronun xüsusi yükü	$e/m_e=1,76 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kq}$
Protonun sükunət kütləsi.....	$m_p=1,007276470 \text{ a.k.v.}$
Neytronun sükunət kütləsi	$m_n=1,008665012 \text{ a.k.v.}$
Elektrik sabiti.....	$\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
Maqnit sabiti	$\mu_0=12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Hn/m}$
Stefan-Bolsman sabiti.....	$\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$
Vinin yerdəyişmə sabiti.....	$b=2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$
Plank sabiti	$h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ C san}$
Faradey sabiti	$F=9.65 \cdot 10^7 \text{ Kl/kq.ekv.}$
"Pi" ədədi	$\pi=3,14159...$
Atom kütlə vahidi	$1 \text{ a.k.v.}=1,675976 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$ $=931,147 \text{ Mev}$
Qrafitasiya sabiti	$\gamma=6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kq}^2$
Natural loqarifmlərin əsası.....	$e=2,71828...$
Havanın molyar kütləsi	$M=28.9 \cdot 10^{-3} \text{ kq/mol.}$
1 mol ideal qazın həcmi (n.ş.).....	$V_m=22.4 \text{ l.}$
Normal atmosfer təzyiqi	$R_0=101325 \text{ Pa}$
Səsin havada sürəti (0°S)	$v=332 \text{ m/san}$
Yerlə günəş arasındakı orta məsafə	$l_{y.g}=15.10^{10} \text{ m}$
Yerlə ay arasındakı orta məsafə	$l_{y.a}=3.84.10^8 \text{ m}$
Ayın kütləsi	$m_a=7.3 \cdot 10^{22} \text{ kq}$
Ayın orta radiusu	$R_a=1.74 \cdot 10^6 \text{ m}$
Yerin kütləsi	$m_y=5.96 \cdot 10^{24} \text{ kq}$
Yerin orta radiusu	$R_y=6370000 \text{ m}$
Yerin orta sıxlığı	$d_y=5500 \text{ kq/m}^3$
Günəşin kütləsi	$m_g=1.97 \cdot 10^{30} \text{ kq}$
Günəşin radiusu	$R_g=6.95 \cdot 10^8 \text{ m}$
Günəşin orta sıxlığı	$d_y=1400 \text{ kq/m}^3$
Ayın Yer ətrafında	
fırlanma periodu.....	$T_A=27.3 \text{ gün}=2.36 \cdot 10^6 \text{ san}$
Yerin Günəş ətrafında	
fırlanma periodu.....	$T_Y=3.16 \cdot 10^7 \text{ san}$
Yerin öz oxu ətrafında	
fırlanma periodu.....	$T=86400 \text{ san}$

ƏDƏBİYYAT

- А.Н.Ремизов. Медицинская и биологическая физика. Москва "Высшая школа", 1987.
- Н.М.Ливенцев. Курс физики. I-II том. Москва "Высшая школа", 1978.
- Т.Н.Трофимова. Курс физики, М., "Высшая школа", 1985.
- Q.M.Əliyev. Tibbi və bioloji fizika. Bakı "Maarif" nəşriyyatı, 1993.
- Z.H.Tağıyev. Tibbi və bioloji fizikadan məsələlər. Bakı, 2001.
- S.E.Friş, A.V.Timoreva. Ümumi fizika kursu. Bakı, Azərnəşr, 1964.
- Н.А.Эссаулова, М.Е.Блохина, Л.Д.Гонцов. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. Москва "Высшая школа", 1987.
8. F.K.İsayev, H.T.Xudaverdiyev. Tibbi və bioloji fizikadan laboratoriya məşğələlərinə rəhbərlik. Bakı "Maarif", 1985.
9. A.Əmiraslanov. Ümumi fizika praktikumu. Bakı, "Maarif", 1978.
10. Б.Т.Агапов, Г.В.Максютин, П.Н.Островерхов. Лабораторный практикум по физике. Москва, "Высшая школа", 1982.
11. А.В.Кортнев, Ю.В.Рублев, А.Н.Куценко. Практикум по физике. Москва "Высшая школа", 1963.
12. В.А.Хитун, В.В.Скляревич, Н.А.Гофман, М.А.Юрьев. Практикум по физике для медицинских вузов. М., "Высшая школа", 1972.
13. Н.Н.Майсова. Практикум по курсу общей физике. "Росвузиздат", 1963.

З.А.ТАГИЕВ, Ф.К.ИСАЕВ, Ш.К.БАЙРАМОВ

«Практикум по медицинской и биологической физике»

(на азербайджанском языке)

БАКУ - «Муаллим» nəşriyyatı - 2006

«Müəllim» nəşriyyatında hazır diapozitivlərdən çap olunmuşdur.

- Çapa imzalanmışdır: 27.01.2006. Sifariş № 02.
Kağız formatı 60×84^{1/16}. Şərti 17,75 ç.v.
Sayı 1000. Qiyməti müqavilə ilə.