

YAQUB BAYRAMOV

FİZİKA

PRAKTİKUMU

(ELEKTROMAQNÉTİZM VƏ OPTİKA)

Ali məktəb tələbələri üçün dərs vəsaiti

II hissə

*Vəsait Azərbaycan Respublikası
Təhsil Nazirliyi tərəfindən ali mək-
təb tələbələri üçün dərs vəsaiti kimi
təsdiq edilmiş və onun çapına
17.12.2002-ci il tarixli 1143 sayılı
əmr ilə qıf verilmişdir.*

BAKİ- 2003

Tərtib edən: Gürcüstan Dövlət Aqro Universitetinin
Kvemo-Kartli (Borçalı) Bölgə İnstitutunun
dosenti **Bayramov Yaqub Cəlil oğlu**

Elmi redaktor: f.r.e.n., dos. **Y.Q.Nurullayev,**
Bakı Dövlət Universiteti

Rəy verən: f.r.e.d., prof. **B.Ş.Barxalov**

* 53
B 33

269095

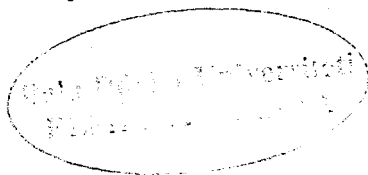
Dərs vəsaiti Gürcüstan Dövlət Aqro Universitetinin Kvemo-Kartli (Borçalı) Bölgə İnstitutunda Azərbaycan dilində təhsil alan tələbələrə kömək məqsədilə latın qrafikası ilə tərtib olunmuş ikinci kitabdır. Vəsaitin ikinci hissəsinə fizikanın elektromagnetizm və optika bölməsinə aid ümumi fizika kursunu kifayət qədər əhatə edən daha vacib laboratoriya işləri daxil edilmişdir.

Vəsaitdə laboratoriya işlərində istifadə olunan ölçü cihazlarının iş prinsipi, onlardan istifadə qaydaları haqqında məlumat verilmiş, hər bir laboratoriya işinin nəzəriyyəsi, təcrübənin aparılma qaydaları ətraflı və aydın şərh olunmuşdur.

Dərs vəsaiti Gürcüstan Dövlət Aqro Universiteti tələbələri üçün nəzərdə tutulsa da bu vəsait həmçinin Azərbaycan ali məktəblərində təhsil alan tələbələr üçün də məqsədyönlüdür.

© Bayramov Y.C.,

2003.



LABORATORİYA İŞİ № 1

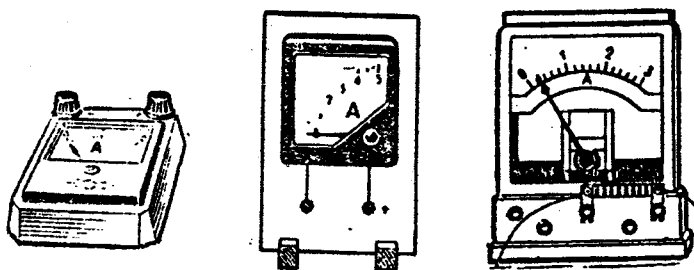
AMPERMETRİN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ

İstifadə olunan ləvazimat:

Şkalası dərəcələnəcək ampermetr, voltmetr, sabit cərəyan mənbəyi, müqavimət məqazini, açar, birləşdirici naqillər.

NƏZƏRİ MƏLUMAT

1. Dövrədə cərəyan şiddətini **ampermetr** adlanan cihazla ölçülür. Ampermetr cərəyan şiddətini ölçmək üçün uyğunlaşdırılmış **galvonometrdir**. - Ampermetrin şkalasında A – hərfi yazılır. Bir çox hallarda kiçik cərəyanları ölçmək üçün milliampmetr və mikroampmetrlərdən istifadə olunur. Belə cihazların şkalasında uyğun olaraq **mA** və **μA** yazılır. Elektrik dövrəsində ampermetr dairənin içərisində A – hərfi ilə işarə olunur. **Cərəyan şiddətini ölçərkən, ampermetr cərəyan şiddəti ölçüləcək cihazla ardıcıl olaraq dövrəyə qoşulur.** 1-ci şəkildə müxtəlif cür ampermetrlər göstərilib.

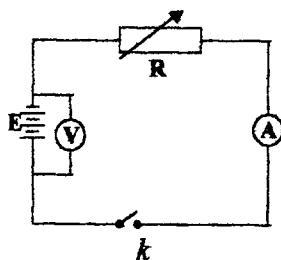


Şəkil 1.

Ampermetrin dərəcələnməsində məqsəd təcrübə nəticəsində əqrəbin meyllərinə uyğun tapılmış cərəyan şiddəti qiymətləri ilə həmin ampermetrin zavod şkalasındakı uyğun qiymətləri arasındakı münasibəti

yoxlamaqdır. Ölçmə xətası intervalında bu qiymətlərin uyğun gəlməsi dərəcələnmənin doğru aparıldığını göstərir. Adətən dərəcələnmənin düzgünlüyünü müəyyən etmək üçün qrafik asılılıqdan istifadə olunur. Bu məqsədlə təcrübədə ölçülsüz cərəyan şiddətlərini qiymətləri ilə ampermetrin şkalası üzrə olan uyğun göstərişlər arasında qrafik asılılıq qurmaq məsləhətdir. Dərəcələnmə düzgün aparıldıqda düzbucaqlı koordinat sistemində qurulmuş bu qrafik koordinat başlanğıcından keçən və absis oxu ilə 45° -lik bucaq əmələ gətirən düz xətt verir.

Praktikada ampermetrii dərəcələmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Bu üsullardan ən çox istifadə olunanı müqayisə üsuludur. Bu üsulla ampermetri dərəcələyərkən dövrəyə ardıcıl olaraq etalon və dərəcələnəcək ampermetr, cərəyan mənbəyi və cərəyanı tənzim etmək üçün reostat daxil edilir. Bu halda dövrədən cərəyan keçərkən



Şəkil 2

dərəcələnəcək və etalon ampermetrlərin göstərişləri qeyd edilərək müqayisə olunur. Digər dərəcələnmə üsulunun əsasını isə müqaviməti və e.h.q.-si mə'lum olan dövrəyə ampermetrin ardıcıl qoşulması təşkil edir. Bu metodla ampermetri dərəcələmək üçün istifadə olunan elektrik dövrəsinin sxemi 2-ci şəkildə göstərilib. İşdə ampermetri dərəcələnmək üçün verilmiş dövrəyə tədqiq oluna A ampermetri, mə'lum R müqaviməti və sabit cərəyan mənbəyi ardıcıl birləşdirilir. Təcrübə zamanı mənbəyinin elektrik hərəkət qüvvəsini ölçmək üçün ona paralel qoşulmuş V voltmetrindən istifadə olunur. Ampermetri dərəcələyərkən, müqavimət maqazininədən dövrəyə müəyyən mə'lum R müqaviməti daxil edib, k - açarını qapadıqda dövrədəki cərəyan şiddəti

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (1)$$

ifadəsi ilə təyin olunur. Burada ε -mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.), R - müqavimətlər mağazindən dövrəyə daxil edilmiş mə'lum müqavimət, r -ampermetrin şkalası üzərində yazılmış daxili müqavimətidir. Mənbəyin daxili müqaviməti və birləşdirici naqillərin müqavimətləri çox kiçik olduqlarından onları nəzərə almamaq olar. Hesablamadan alınan qiymət ampermetrin göstərişinə uyğun gəlirsə, deməli dərəcələnmə düzgün aparılmışdır. Cihazın göstərişi ilə ondan axan cərəyan şiddəti arasındakı əlaqəni tapmaq üçün dövrəyə hər dəfə müxtəlif mə'lum müqavimətlər daxil etməklə, hər bir hal üçün ampermetrin göstərişini qeyd edib, hər bir hal üçün uyğun cərəyan şiddətini (1) ifadəsinə əsasən hesablamaq lazımdır.

İŞİN GEDİŞİ.

1. Prinsipial sxemi 2-ci şəkildə göstərilən dövrəni yığmalı.
2. Müqavimət mağazindən dövrəyə məlum R müqaviməti daxil edib dövrəni qapamalı, ampermetrin və voltmetrin göstərişlərini qeyd etməli. Ampermetrin daxili müqavimətini onun şkalası üzərindən götürməli.
3. Təcrübədən alınan qiymətləri (1) ifadəsində yerinə yazıb ampermetrdən axan cərəyan şiddətini hesablamaq. Alınan nəticələri cədvəl şəklində yazmalı.
4. Müqavimətin müxtəlif qiymətləri üçün təcrübəni 8-10 dəfə təkrar edib cərəyan şiddətini hesablamaq.
5. Düzbucaqlı koordinat sistemində millimetirlik kağızda cihazın göstərişi N ilə, hesablanmış cərəyan şiddətinin uyğun qiyməti I arasında qrafiki asılılıq qurmaq.

LABORATORIYA İŞİ № 2

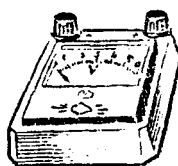
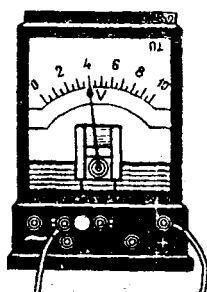
VOLTMETRİN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ

İstifadə olunan ləvazimat:

sabit cərəyan mənbəyi, yuvacılıq müqavimət maqazini, açar, voltmetr, dövrə qurmaq üçün birləşdirici naqillər.

NƏZƏRİ MƏLUMAT

Cərəyan mənbəyinin qütblərində və ya dövrənin hər hansı hissəsində gərginliyi ölçmək üçün **voltmetr** adlanan cihazdan istifadə olunur. Bir çox voltmetrlər xarici görünüşünə görə amperietrə oxşayır. Voltmetri başqa elektrik ölçü cihazlarından fərqləndirmək onun şkalasında V-hərfi yazılır. Bəzən kiçik gərginlikləri ölçmək üçün millivoltmetrdən və mikrovoltmetrdən istifadə olunur. Onların şkalaları üzərində uyğun olaraq mV və μV hərfləri yazılır. Bu cihaz gərginlik ölçüdəcək hissəyə paralel qoşulur. Həm voltmetr və həm də ampermetrin iş prinsipi cərəyanlı çərçivə ilə sabit maqnit sahəsi apasındakı qarşılıqlı təsmirə əsaslanıb. 1-ci şəkildə müxtəlif növ voltmetrlər göstərilib.

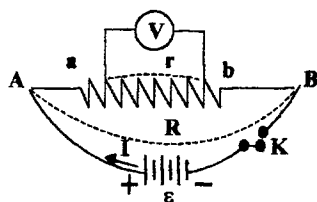


Şəkil 1.

Praktikada voltmetrin dərəcələnməsi, onu dövrəyə

qoşduqda əqrəbinin meyillərinə uyğun gərginliyi hesablayaraq onların ardıcılıqla yazılmasıdır. Dərəcələnmənin nəticəsini qrafiki şəkildə göstərməklə alınan asılılıqdan cihaz şkalasının hər bir bölgüsünün qiymətini təyin etmək mümkündür. Voltmetri dərəcələmək üçün prinsipial elektrik sxemi 2-ci şəkildə göstərilən elektrik dövrəsindən istifadə olunur.

Dövrə e.h.q. mə'lum olan sabit cərəyan mənbəyi, müqavimət mağazini və açardan ibarətdir. Kiçik gərginlikləri ölçmək üçün istifadə olunan voltmetrin daxili müqaviməti yüz omlarla, yüksək gərginlikləri ölçmək üçün istifadə olunan voltmetrin daxili müqaviməti min omlarla olduğu üçün dövrəyə qoşulmuş



Şəkil 2

voltmetrdən keçən cərəyanı nəzərə almamaq olar.. Odur ki, voltmetrin daxili müqavimətinin dövrənin müqavimətinə nisbətən çox böyük olduğunu nəzərə alsaq, onda nisbətən az xəta ilə cərəyanın budaqlanmadığını qəbul etmək olar.

Elektrik dövrəsindəki AB və ab hissələri arasındakı müqavimətləri təyin etmək üçün Om qanununa görə yazı bilərik:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \quad \text{və} \quad I = \frac{U}{r} \quad \text{Onda}$$

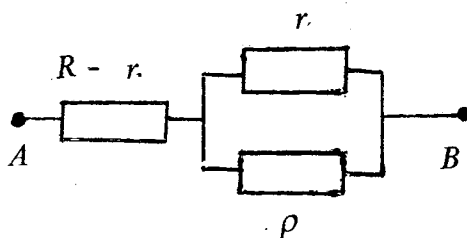
$$U = \frac{r}{R} \varepsilon \quad (1)$$

alırıq. Burada U-müqaviməti r-olan naqilin uclarındakı gərginlik, R-müqavimət mağazinindən dövrəyə daxil edilmiş ümumi müqavimətdir. (1) ifadəsinə görə mənbəyin e.h.q. (ε) mə'lum olduqda R və r-in mə'lum qiymətlərinə görə voltmetrin şkalasını dərəcələmək olar.

Voltmetrin daxili müqaviməti ona paralel olaraq qoşulmuş r müqavimətinə yaxın olduqda "a" ilə "b" kontaktları arasındakı gərginlik düşküsünü hesablayarkən voltmetrin daxili müqavimətini nəzərə almaq lazımdır. Bu məqsədlə 3-cü şəkildəki ekvivalent sxemdən istifadə edib işçi düsturu çıxaraq. Mənbənin malik olduğu daxili müqavimətin kifayət qədər kiçik olduğunu nəzərə alsaq onda dövrənin ayrı-ayrı hissələri üçün yaza bilərik:

$$I = \frac{U}{\frac{\rho r}{\rho + r}} \quad (2)$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R - r + \frac{\rho r}{\rho + r}} \quad (3)$$



Şəkil 3

Yuxarıdakı ifadələri sadələşdirsək onda alırıq:

$$U = \frac{\varepsilon}{\frac{R - r}{\rho} + \frac{R}{r}} \quad (4)$$

Burada ρ voltmetrin daxili müqaviməti, R -müqavimətlər maqazinindən daxil edilmiş müqavimət, r -voltmetrin sıxaclarının qoşulduğu hissənin müqaviməti, ε -mənbənin elektrik hərəkət qüvvəsi, U -voltmetrin göstərişidir.

Təcrübə zamanı voltmetrin daxili müqaviməti onun şkalası üzərində yazılmış göstərişdən götürülür. r müqaviməti mümkün qədər voltmetrin daxili müqavimətinə nisbətən kiçik seçildikdə bu halda voltmetrin dərəcələnməsində (1) ifadəsindən istifadə etmək olar. Əgər seçilmiş müqavimət voltmetrin daxili müqaviməti tərtibindədirsə onda bu halda hesablama aparmaq üçün (4)

düsturundan istifadə etmək lazımdır.

İŞİN GEDİŞİ.

1. Elektrik sxeminə uyğun dövrəni yığmalı.
2. Müqavimət maqazindən dövrəyə mə'lum R ($R=500 - 1000 \text{ Om}$) müqaviməti daxil edib, K açarı vasitəsi ilə dövrəni qapamalı.
3. Dövrəyə daxil edilən ümumi R müqavimətinin kiçik hissələrinə voltmetri növbə ilə paralel qoşmalı.
4. r -in hər bir qiymətinə uyğun voltmetrin zavod şkalası üzrə göstərişini (N) qeyd etməli.
5. r -in müəyyən qiymətinə uyğun hal üçün R və ε -ni qeyd edərək, (1) ifadəsinə görə U - gərginliyini hesablamalı.
6. Sonra R və r -i dəyişdirməklə hər dəfə voltmetrin öz göstərişini (N) və (1) ifadəsinə görə gərginliyin hesablanan qiymətini (U) müqayisə etməli.
7. Təcrübədə U və N - nin qiymətlərinin bir-birinə yaxın alınması dərəcələnmənin düzgün aparıldığını göstərir.
8. R və r -in 8-10 müxtəlif qiymətləri üçün təcrübəni təkrar etməli.
9. N və U -nun qiymətlərini cədvəl şəklində yazmalı.
10. Qeyd edilən N və U -nun qiymətlərinə əsasən düzbucaqlı koordinat sistemində bu kəmiyyətlərin asılılıq qrafikini qurmalı. Dərəcələnmə düzgün aparıldıqda bu qrafik koordinat başlanğıcından keçən və absis oxu ilə 45° -lik bucaq əmələ gətirən düz xətt verər.

LABORATORİYA İŞİ № 3

SABİT CƏRƏYAN KÖRPÜSÜ VASİTƏSİ İLƏ MÜQAVİMƏTİN TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

məchul müqavimətlər, qalvanometr, müqavimət mağazini, sabit cərəyan mənbəyi, açar, reoxord, dövrə qurmaq üçün birləşdirici naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Sadə elektrik dövrələrində cərəyan şiddəti sabit qaldıqda bu dövrənin e.h.q.-si, gərginlik və cərəyan şiddəti arasındakı asılılıq Om qanununa tabe olur. Belə elektrik dövrələri sadə və ya budaqlanmamış elektrik dövrələri adlanır. Lakin təcrübədə daha mürəkkəb, budaqlanmış elektrik dövrələrinə rast gəlmək olur. Belə dövrələrin hər yerində cərəyan şiddəti eyni olmur. Belə elektrik dövrələrini Om qanununun köməyi ilə hesablamaq çətindir. Budaqlanmış dövrələrin hesablanması üçün Kirxhof düyün nöqtəsi və qapalı kontur üçün iki qayda təklif etmişdir.

Üç və daha çox cərəyanlı naqilin birləşmə nöqtəsi düyün nöqtəsi adlanır. Praktikada düyün nöqtəsinə daxil olan cərəyanlar şərti olaraq müsbət, çıxan cərəyanlar isə mənfi qəbul edilir (şəkil 1).

Kirxhofun 1 qaydası: Düyün nöqtəsində cərəyanların cəbri cəmi sıfıra bərabərdir

$$\sum_k I_k = 0 \quad (1)$$

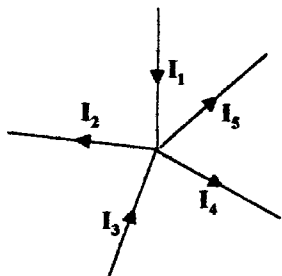
1-ci şəkildə göstərilən cərəyanlar üçün Kirxhofun 1-ci qaydasını tətbiq etsək, onda alırıq:

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 = 0 \quad (2)$$

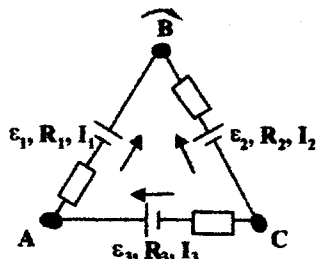
Kirxhofun 1-ci qaydası elektrik yükünün saxlanması qanunundan alınır. Həqiqətən naqildən sabit cərəyan

axdıqda naqilin heç bir nöqtəsində yük toplanma bilməz. Əks halda cərəyanın sabitliyi pozulardı.

Kirxhofun 2-ci qaydası budaqlınmış dövrə üçün ümumi-ləşmiş Om qanunundan alınır. Mürəkkəb dövrənin 2-ci şəkindəki kimi qapalı konturunu nəzərdən keçirək. Şərti olaraq dolanma istiqaməti saat əqrəbi istiqaməti qəbul edək.



Şəkil 1



Şəkil 2.

Bu halda dolanma istiqamətində axan cərəyanlar müsbət, dolanma istiqamətinin əksinə axan cərəyanlar isə mənfi olar. Əgər mənbənin yaratdığı cərəyan dolanma istiqamətinə uyğun gəlirsə, onda mənbənin e.h.q.-nin işarəsi müsbət, əks halda isə mənfi qəbul olunur. Yuxarıda deyilənləri nəzərə alsaq və Om qanunundan istifadə edib, yaza bilərik:

$$\begin{aligned} I_1 R_1 &= \varphi_A - \varphi_B + \varepsilon_1 \\ -I_2 R_2 &= \varphi_B - \varphi_C - \varepsilon_2 \\ I_3 R_3 &= \varphi_C - \varphi_A + \varepsilon_3 \end{aligned} \quad (3)$$

Bu tənlikləri tərəf-tərəfə toplasaq:

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

Ümumi şəkildə

$$\sum_k I_k R_k = \sum \varepsilon_k \quad (4)$$

(4)-tənliyi Kirxhofun ikinci qaydasını ifadə edir.

Yə'ni qapalı konturda gərginlik düşgülərinin cəbri cəmi həmin konturda tə'sir göstərən e.h.q.-nin cəbri cəmnəi bərabərdir.

Kirxhofun qaydalarının tətbiqinə misal olaraq müqaviməti təyin etmək üçün istifadə olunan körpü üsulunun sxemini nəzərdən keçirək. Bu üsulun əsasını 3-cü şəkildə göstəriləndiyi kimi, ardıcıl birləşmiş dörd müqavimətin əmələ gətirdiyi qapalı dövrə təşkil edir. Bu qapalı dövrənin A və B nöqtələrinə elektrik hərəkət qüvvəsi ε və daxili müqaviməti r olan cərəyan mənbəyi, C və D nöqtələrinə isə müqaviməti R_g olan qalvonometr birləşir.

A, B və C düyün nöqtələrinə Kirxhofun I qaydasını tətbiq edərək alırıq

$$\begin{aligned} I - I_1 - I_4 &= 0 \\ I_2 + I_3 - I &= 0 \\ I_1 - I_2 - I_G &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Burada I-ümumi, cərəyan I_1 və I_4 –isə uyğun olaraq R_1 və R_4 müqavimətlərindən axan cərəyandır.

ACBEA, ACDA və CBDC konturları üçün Kirxhofun II qaydasını tətbiq etsək onda

$$\begin{aligned} I r + I_1 R_1 + I_2 R_2 &= \varepsilon \\ I_1 R_1 + I_G R_G - I_4 R_4 &= 0 \\ I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_G R_G &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Sxemdə R_2 , R_3 və R_4 müqavimətlərini elə dəyişmək olar ki, C və D nöqtələrinin potensialı eyni olsun və qalvonometrən cərəyan axmasın ($I_G = 0$). Bu halda (5) ifadəsi sadələşər:

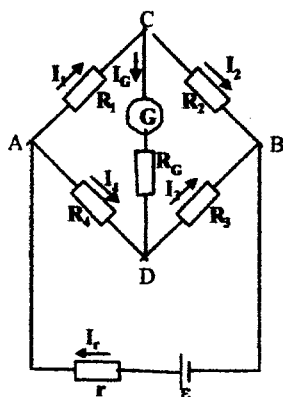
$$I_1 = I_2, \quad I_3 = I_4 \quad (7)$$

Əgər (7) ifadəsini (6)-da nəzərə alsaq onda

$$I_1 R_1 = I_4 R_4 \quad \text{və} \quad I_2 R_2 = I_3 R_3$$

olar. Bu halda alırıq:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \text{və ya} \quad R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4}$$

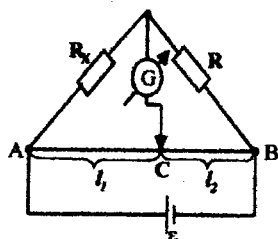


Şəkil 3

alınar.

Körpünün tarazlıq halında (yə'ni $I_G=0$) mənbənin e.h.q.-i və qalvanometrin daxili müqaviməti rol oynamır. (8) ifadəsinə əsasən dörd müqavimətdən üçü mə'lum olduqda məchul müqaviməti hesablamaq olar.

Praktikada adətən məchul müqaviməti tə'yin etmək üçün reoxordlu Uitston körpüsündən istifadə olunur. Burada R_1 -əvəzinə məchul R_x -müqaviməti, R_2 müqaviməti əvəzinə isə sürüşkən kontaktlı R müqavimət mağazini, R_3 və R_4 müqavimətləri əvəzinə isə uyğun olaraq qollarının müqaviməti r_1 və r_2 olan reoxord bağlanmışdır.



Şəkil 4

Reoxord- millimetrik bölgüləri olan xətkəş (60-100 sm uzunluğunda) üzərinə bərkidilmiş xüsusi müqaviməti kifayət qədər böyük olan bircins məftildir. Şəkildən görüldüyü kimi G qalvonometri bərkidilmiş reoxord qolunu telin müqaviməti r_1 və r_2 olan müqavimətlərinə ayırır. Onda (8) ifadəsinə əsasən Uitston körpüsündəki R_x , R , r_1 və r_2 müqavimətləri arasında

$$\frac{R_x}{R} = \frac{r_1}{r_2} \quad (9)$$

asıllığını yazmaq olar. Burada r_1 və r_2 reoxordun telinin AC və BC hissələrinin müqavimətləri olduğundan

$$r_1 = \rho \frac{\lambda_1}{S}, \quad r_2 = \rho \frac{\lambda_2}{S}$$

yaza bilərik. Müəyyən sadələşmə aparsaq onda məchul R_x müqavimətini tapa bilərik.

$$R_x = R \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

İŞİN GEDİŞİ.

1. Sxemi 4-cü şəkildə göstərilən dövrəni yığmalı və hərəkət edən kontaktı reoxordun üzərində müəyyən bölgü üzərində qoyub və müqavimət maqazinindən müəyyən müqavimət seçməli.
2. Dövrəni qapayıb, müqavimətlər maqazinində çevirici kontaktla müqaviməti elə dəyişməli ki, qalvonometrden cərəyan axmasın.
3. Reoxord üzərində $AD=l_1$ və $DB=l_2$ məsafələrini və müqavimət maqazinindən seçilmiş R mə'lum müqavimətini qeyd etməli.
4. Sonra reoxordun l_1 və l_2 qollarının müxtəlif uzunluqları üçün (məs. $\lambda_1 = 40\text{ sm}$, $\lambda_2 = 60\text{ sm}$) təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib məchul müqaviməti hesablamalı.
5. Təcrübəni ikinci məchul müqavimət üçün də yuxarıda göstərilən qaydada təkrar edib, sonra o müqavimətləri ardıcıl və paralel qoşaraq bir neçə dəfə ölçmə aparmalı və alınan nəticələri nəzəri nəticələrlə tutuşdurmalı.
6. Hər bir müqavimət üçün nəticələri cədvəl şəklində yazmalı.
7. Təcrübənin nisbi və mütləq xətlərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 4

MÜQAVİMƏTİN AMPERMETR VƏ VOLTMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏ'YİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

*ampermetr, voltmetr, məchul müqavimət, müqavimətlər
mağazası, cərəyan mənbəyi, açar, birləşdirici naqillər.*

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Alman alimi Georq Om 1827-ci ildə təcrübi yolla müəyyən etmişdir ki, *bircinsli naqildən keçən cərəyan şiddəti naqilin uclarındakı gərginliklə (potensiallar fərqi ilə) düz mütənasibdir.*

$$I = \lambda(\varphi_1 - \varphi_2) = \lambda U \quad (1)$$

Burada λ – naqilin xassələrindən asılı olan mütənasiblik əmsalı olub, naqilin elektrik keçiriciliyi adlanır. Onun tərms qiyməti isə naqilin elektrik müqavimətidir:

$$\frac{1}{\lambda} = R \quad (2)$$

Verilmiş naqilin müqaviməti sabit kəmiyyət olub, naqilin uclarındakı gərginlikdən və ondan keçən cərəyan şiddətindən asılı deyil. O, gərginliyin cərəyan şiddətinə nisbətində bərabərdir:

$$R = \frac{U}{I} \quad (3)$$

Ona görə də dövrəyə qoşulmuş məchul müqaviməti təyin etmək üçün bu müqavimətdən keçən cərəyan şiddətini və onun uclarındakı gərginliyi bilmək lazımdır. (3) ifadəsində gərginlik Voltla, cərəyan şiddəti Amperlə ölçülsə, onda naqilin müqaviməti Omla ölçülməlidir.

Məchul müqaviməti ölçmək üçün elektrik sxemi şəkildə göstərilmiş dövrədən istifadə etmək lazımdır. Cərəyan mənbəyinin yaratdığı gərginlik dövrədə ardıcıl bağlanmış R və R_x müqavimətləri arasında paylandığından

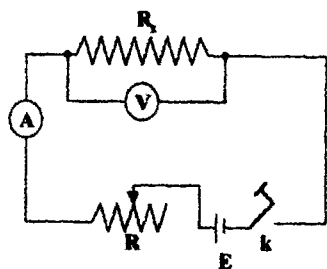
müqavimətlər mağazasından müqaviməti dəyişməklə, məchul R_x müqavimətindəki gərginlik düşgüsünü də dəyişmək olur. Gərginliyi ölçmək üçün daxili müqaviməti kifayət qədər böyük olan voltmetrdən istifadə etmək lazımdır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Şəkilə göstərilən elektrik dövrəsini yığıb müqavimətlər mağazasından böyük R müqaviməti seçib, K-açarını qapamalı.
2. Müqavimətlər mağazasından R müqavimətini azaldaraq, ampermetrin hər bir göstərişinə uyğun olaraq voltmetrin göstərişini qeyd etməli. Təcrübəni 5-10 dəfə təkrar etməklə məchul müqaviməti tə'yin edib, onun orta qiymətini (R_{or}) hesablamalı.
3. Naqilin uzunluğunu (l), onun en kəsiyinin sahəsini (S) ölçməklə, onun xüsusi müqavimətini

$$\rho = R_{or} \frac{S}{l}$$

düsturu ilə hesablamalı.



Şəkil 1.

LABORATORİYA İŞİ № 5

METALLARIN MÜQAVİMƏTİNİN TEMPERATUR ƏMSALININ TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

temperatur əmsalı təyin ediləcək metal naqıl, sabit cərəyan körpüsü, elektrik qızdırıcısı, termometr, sabit cərəyan mənbəyi, birləşdirici naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Təcrübə göstərir ki, metal naqılın müqaviməti təkcə onun həndəsi ölçülərindən deyil, həmçinin onun temperaturundan da asılıdır. *Kifayət qədər yüksək temperaturlarda metalların müqavimətləri temperaturdan xətti asılıdır*

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad (1)$$

Burda R_0 – uyğun olaraq 0°S – temperaturda, R_t – t – temperaturundakı müqavimətlər, α – isə müqavimətin *temperatur əmsalı* adlanır. Müqavimətin temperatur əmsalının fiziki mənasını təyin etmək üçün (1) ifadəsindən temperatura görə törəmə alaq.

$$\frac{dR}{dt} = R_0 \alpha, \quad \alpha = \frac{1}{R_0} \frac{dR}{dt} = \frac{1}{R_0} \frac{dR}{dT} \quad (2)$$

Müqavimətin temperatur əmsalı vahid temperatur dəyişməsinə uyğun gələn müqavimətin nisbi dəyişmədir. Başqa sözlə naqili bir dərəcə qızdırdıqda onun müqavimətinin dəyişməsinin 0°S -dəki müqavimətinə olan nisbətində müqavimətin temperatur əmsalı deyilir. Metallar üçün bu əmsal müsbətdir ($\alpha > 0$), yəni temperatur artdıqca metalların

Bakı Dövlət Universiteti
FİZİKİ KİTABXANA

müqaviməti artır. İkinci növ keçiricilərdə (elektrolitlərdə) isə müqavimətin temperatur əmsalı mənfidir ($\alpha < 0$), yəni elektrolitləri qızdırdıqda onların müqaviməti azalır. Müqavimətin temperatur əmsalın vahidi K^{-1} qəbul olunmuşdur. Əksər təmiz metallar üçün:

$$\alpha = \left(\frac{1}{273} \right) K^{-1}$$

Yuxarıdakı (1) ifadəsini mütləq temperaturla da ifadə edə bilərik:

$$R = R_0 \alpha T \quad (3)$$

Naqilin müqavimətinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinin fiziki səbəblərinə araşdıraraq. Xarici elektrik sahəsi olmadıqda naqildəki sərbəst elektronlar kristal qəfəsi daxilində xaosik istilik hərəkətindədirlər. Naqildə elektrik sahəsi yaratdıqda isə sahənin təsiri ilə elektronlar istiqamətlənmiş hərəkətdə iştirak edir və cərəyan yaranır. Naqildə hərəkət edən elektronların qəfəsin düyün nöqtələrindəki müsbət ionlarla toqquşması onların istiqamətlənmiş hərəkətinə maneçilik törədir və nəticədə elektrik müqaviməti yaranır.

Kristalın temperaturunun artması ilə ionların istilik rəqslərinin amplitudu artdığından səpilən elektronların sayı və həmçinin toqquşmaların sayı da artır. Bu proses temperaturun artması ilə naqilin müqavimətinin artmasına səbəb olur.

Klassik elektron nəzəriyyəsi müqavimətin temperatur asılılığını keyfiyyətə izah edir. Bu nəzəriyyəyə görə metalların elektrik keçiriciliyi ondakı keçirici elektronların konsentrasiyasından, yükdaşıyıcıların sərbəst yolunun orta uzunluğundan və onların istilik hərəkətinin orta sürətindən aşağıdakı kimi asılıdır:

$$\lambda = \frac{ne^2 l}{2m \bar{g}_i} \quad (4)$$

Klassik elektron nəzəriyyəsinə görə (5) ifadəsinə daxil olan

kəmiyyətlərdən yalnız istilik hərəkətinin orta sürəti ($\bar{g}_T$ -sürəti) mütləq temperaturun kvadrat kökü ilə mütənasibdir. Ona görə də (4) ifadəsi temperaturun artması ilə elektrik keçiriciliyinin azalmasını, başqa sözlə müqavimətin artmasını keyfiyyətcə izah edir. Metalların müqavimətinin temperatur asılılığını daha düzgün kvant nəzəriyyəsi izah edir. Bu nəzəriyyəyə görə müqavimətin temperatur asılılığı yükdaşıyıcıların sərbəst yolunun orta uzunluğunun temperatur asılılığı ilə təyin olunur. Belə ki, sərbəst yolun orta uzunluğu mütləq temperaturla tərs mütənasib olduğundan elektrik keçiriciliyi də temperaturun artması ilə azalar. Başqa sözlə temperaturun artması ilə metalların müqaviməti artır.

Klassik elektron nəzəriyyəsinə əsasən metalların xüsusi müqaviməti, metalları soyutduqda tədricən azalaraq mütləq sıfırda sıfıra enməlidir. Müqavimətin temperaturdan bu cür asılılığı, doğrudan da nisbətən yüksək temperaturlarda təcrübədə müşahidə olunur. Lakin temperaturun kifayət qədər alçaq qiymətlərində (mütləq sıfıra yaxın temperaturlarda) bu asılılıq tamamilə başqa xarakterli olur. Bəzi maddələr üçün çox alçaq temperaturlarda müqavimət sıçrayışla sıfıra enir. Bu hadisə *İfrat keçiricilik* adlanır. İfrat keçiricilik ilk dəfə 1911-ci ildə Kamerling – Onnes tərəfindən kəşf olunmuşdur. Bu cür naqıl cərəyanına qarşı heç bir müqavimət göstərmir. İfrat keçiricilərdə bir dəfə yaradılan elektrik cərəyanı, cərəyan mənbəyi olmadan uzun müddət davam edə bilər. Bütün bunlar sübut edir ki, klassik elektron nəzəriyyəsi mükəmməl nəzəriyyə deyildir. Yalnız kvant mexanikası elmi meydana gəldikdən sonra metalların elektrik keçirmə mexanizmini düzgün izah etmək mümkün olmuşdur.

Metalların müqavimətinin temperatur əmsalını təcrübədən təyin etmək olar. Əgər t_1 və t_2 temperaturlarında naqılın müqavimətləri uyğun olaraq R_1

və R_2 olarsa onda (1) ifadəsinə görə yazı bilərik:

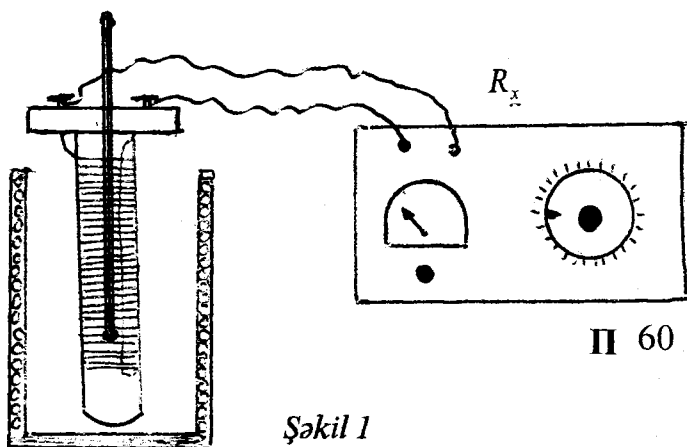
$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1)$$

$$R_2 = R_0(1 + \alpha t_2)$$

Bu ifadələrdən α -nı tapıq:

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \quad (5)$$

Sonuncu ifadədən istifadə edərək metalların müqavimətinin temperatur əmsalını təyin etmək olar. Bu məqsədlə istifadə olunan qurğunun prinsipial sxemi 1-ci şəkildə göstərilib.



Şəkil 1

Spiral şəkilli metal naqıl içərisində transformator yağı olan kimyəvi sınaq şüşəsinə salınıb, ucları sıxaqlara bağlanır. Nümunə olan sınaq şüşəsi qızdırıcının içərisinə qoyulur və nümunənin temperaturu sınaq şüşəsinə salınmış T - termometri ilə ölçülür. Nümunənin ucları bağlanmış sıxaqlar birləşdirici naqillər vasitəsi ilə sabit cərəyan körpüsünün " R_x " - sıxaqlarına qoşulur. Sabit cərəyan körpüsü universal Uittston körpüsü olub həm kiçik və həm də daha böyük müqavimətləri ölçmək üçün istifadə olunur.

Körpü sabit cərəyan mənbəyindən qidalanır. Müqaviməti ölçərkən cihazın üzərindəki düymə basılır və dəstək fırladılaraq elə vəziyyətə gətirilirki qalvonometri əqrəbi sıfıra gəlsin. Bu zaman göstərici oxa disk üzərində uyğun gələn rəqəm naqilin müqavimətinə bərabərdir.

İŞİN GEDİŞİ.

1. Spiral formalı naqili içərisində transformator yağı olan sınaq şüşəsinə şalıb uclarını sıxaclara bağlamalı.
2. Naqilin ucları qoşulmuş sıxacları sabit cərəyan körpüsünün "R_x"-sıxacına birləşdirib otaq temperaturunda nümunənin müqavimətini təyin etməli.
3. Qızdırıcını elektrik dövrəsinə qoşub hər $5 \div 10^\circ$ -dən bir sabit cərəyan körpüsü ilə naqilin müqavimətini təyin etməli. Ölçmələri $90 \div 100^\circ\text{C}$ -yə kimi davam etdirməli.
4. Alınan nəticələrə görə $R_t = f(t)$ asılılığını qurmalı. Bu məqsədlə absis oxunda temperaturu, ordinat oxu üzərində ısı müqaviməti götürmək lazımdır.
5. Qrafikdən R_0 – müqavimətini təyin etməli. Bunun üçün qrafikdə alınan xətti müqavimət oxunu kəsənə qədər uzatmalı. Kəsişmə nöqtəsinə uyğun müqavimət R_0 - müqavimətinə bərabər olar.
6. Ölçmələri naqilin həm qızma və həm də soyuma prosesi üçün təkrar etməli.
7. Alınan nəticələri (6) düsturunda yerinə yazıb müxtəlif temperaturlarda α -nın qiymətlərini hesablamalı. Sonra α -nın orta qiymətini tapıb təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 6

YARIMKEÇİRİCİLƏRİN ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

İstifadə olunan ləvazimat:

*sabit cərəyan görpüsü, qızdırıcı, ampermetr, açar,
tədqiqolunan yarımkeçirici nümunə, termometr,
LATR (avtotransformator), birləşdirici naqillər*

QISA NƏZƏNİ MƏLUMAT

Maddələr öz elektrik keçiriciliyinə və bir sıra fiziki xassələrinə görə üç qrupa bölünür: metallar, yarımkeçiricilər və dielektriklər. Yarımkeçiricilər metallar kimi elektron keçiririyilinə malikdir və onlarda yükdaşıyıcıların konsenstrasiyası temperaturun artması ilə kəskin artır. Belə maddələr alçaq temperaturlarda çox böyük müqavimətə malikdir və praktiki olaraq izolyatordur, lakin temperaturun artması ilə onların xüsusi müqaviməti kəskin azalır və kifayət qədər yüksək temperaturlarda kiçik qiymət alır. Yarımkeçiricilər iki qrupa bölünür: məxsusi yarımkeçirici və aşqar yarımkeçirici.

Kimyəvi cəhətdən təmiz yarımkeçiricilərin keçiriciliyi məxsusi keçiricilik adlanır. Belə yarımkeçiricilərin özü isə *məxsusi yarımkeçirici adlanır*. Onlara misal olaraq kimyəvi təmiz maddələrdən Ge, Si, S, Ga, As, Se və kimyəvi birləşmələrdən isə PbS, InSe, GaS – kimi yarımkeçirici maddələri misal göstərmək olar.

Mütləq sıfırda heç bir xarici faktorun təsiri olmadıqda məxsusi yarımkeçirici özünü dielektrik kimi aparır. Yarımkeçiricilərin keçiriciliyi zona nəzəriyyəsinə görə izah olunur. Mütləq sıfır temperaturunda keçirici elektronların hamısı valent zonada yerləşiblər. Keçirici zona isə tamamilə boşdur. Keçirici və valent zonalar arasında qadağan olunmuş zona vardır. Müəyyən xarici təsir altında elektronlar valent zonadan keçirici zonaya keçir. Bu

zaman elektronlarını itirmiş birinci zona dolmamış zona olacaq. Məxsusi yarımkeçiridə keçiricilik elektronların hesabına yarandığından belə keçiricilik elektron tip keçiricilik və ya **n-tip** (*negativ*) keçiricilik adlanır. Yarımkeçicilərin əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onlarda elektrik yükdaşıyıcıları xarici təsir nəticəsində yaranır. Belə xarici təsirlərə misal olaraq temperaturu, şüalanmanı, qüvvətli elektrik sahəsini və s. göstərmək olar. Yarımkeçicilərdə keçiriciliyin yaranması üçün valent zonasındakı elektronlara ΔE_0 əlavə enerjini vermək lazımdır ki, onlar yuxarı zonaya keçə bilsin. Bu enerji *aktivləşmə enerjisi* adlanır.

Yarımkeçiricilərdə iki növ mənfi və müsbət yükdaşıyıcılar yarandığına görə yarımkeçiricilər elektron vədeşik keçiriciliyinə malikdir. Yarımkeçiricilərdə aşqarın yaratdığı keçiriciliyə *aşqar keçiriciliyi* deyilir və belə yarımkeçiricilər *isə aşqar yarımkeçiricilər* adlanır.

Aşqarların yarımkeçiricinin keçiriciliyinə aşqarların təsirini müəyyən etmək üçün 5 valentli *As* və 3 valentli *In*-un *Ge*-un keçiriciliyinə təsirini araşdıraraq. Germanium dörd valentlidir və onun fəza qəfəsi almazın fəza qəfəsinə oxşardır. Belə qəfədə hər bir atom 4 qonşu atom ilə valent əlaqəsindədir. Fərz edək ki, *Ge* atomların bir hissəsi 5 valentli *As* atomları ilə əvəz olunur və 4 yaxın qonşu atomlarla valent əlaqəsi yaratmaq üçün *As* atomu 4 elektron sərf edir. *As* atomunun 5-ci elektronu valent əlaqəsində iştirak etmir və o boş qalır.

Zona nəzəriyyəsinə görə bu proses belə izah olunur. Bu nəzəriyyəyə görə *Ge*-un valent zonası ilə keçirici zonası arasında qadağan olunmuş zonada *As*-in valent elektronlarının enerji səviyyəsi yaranır. Bu səviyyə keçirici zonanın aşağı səviyyəsindən ΔE_D məsafədə yerləşir və *donor səviyyəsi* adlanır. Donor (aşqar) səviyyəsində olan elektronlara ΔE_D enerji verdikdə onlar keçirici zonaya keçir. Donor səviyyəsindəki elektronların həyəcanlanma enerjisi *Ge*-un

məxsusi elektronların $\Delta\varepsilon_0$ həyəcanlanma enerjisindən təxminən iki tərtib az olduğundan bu yarımkeçiricini qızdırdıqda əvvəlcə aşqar atomları həyəcanlanacaq və bunun nəticəsində onların konsentrasiyası məxsusi elektronların konsentrasiyasından çox olacaqdır. Buna görə də *Ge*-un keçiriciliyi əsas e'tibarı ilə aşqar elektronların hesabına olacaqdır. Elektron keçiriciliyi yaradan belə aşqarlar donor adlanır.

İndi isə fərz edək ki, *Ge*-un fəza qəfəsindəki *Ge*-atomlarının bə'ziləri 3 valentli *In*-atomları ilə əvəz olunmuşdur. Həmin qəfəsdəki 4 yaxın qonşu atomla valent əlaqəsi yaratmaq üçün *In* atomunun 1 elektronu çatmır. Həmin elektronu *Ge* atomundan almaq olar. Bu zaman yaranan deşik (boş yer) bir yerdə qalmayıb, *Ge*-un fəza qəfəsində sərbəst müsbət yük kimi hərəkət edir. Aşqar səviyyələrin valent zonasına çox yaxın olması nəticəsində nisbətən aşağı temperaturlarda belə elektronlar valent zonasından *A* səviyyəsinə keçir. Yarımkeçiricilərin valent zonasından elektron alan səviyyə aşqar akseptor adlanır. Belə aşqarların enerji səviyyəsi isə *akseptor səviyyə* adlanır. Vurulan aşqarlar isə *akseptorlar* adlanır.

Yarımkeçiricilərin keçiriciliyi temperaturdan kəskin asılıdır və keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı eksponensial qanunla ifadə olunur. Məxsusi yarımkeçirici üçün bu asılılıq aşağıdakı kimidir.

$$\sigma = \sigma_0 \lambda^{\frac{\Delta E}{2kT}} \quad (1)$$

Burada ΔE -aktivləşmə enerjisi, k -Bolsman sabiti, T -mütləq temperatur, σ_0 - hər bir yarımkeçirici üçün xarakterik sabitdir.

Yarımkeçiricilərin keçiriciliyinin temperaturun artması ilə yüksəlməsi onların xarakterik xüsusiyyətidir. Zona nəzəriyyəsinə görə bu hal belə izah olunur: temperaturun artması ilə istilik həyəcanlanması hesabına valent zonadan

keçirici zonaya keçən elektronların konsentrasiyası kəskin sürətdə artır. Konsentrasiyanın artımı isə keçiriciliyin artmasına səbəb olur. Məhz ona görə də məxsusi yarımkeçiricilərin keçiriciliyi temperaturun artması ilə artır.

Keçiriciliyin temperatur asılılığını daha aydın ifadə etmək üçün (1) ifadəsini loqarifmləyək.

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{\Delta E}{kT} \quad (2)$$

Buradan görünür ki, keçiriciliyin loqarifması ($\ln \sigma$) mütləq temperaturla tərs mütənəsibdir. Absis oxu üzərində $1/T$ -ni ordinat oxu üzərində isə $\ln \sigma$ -nı qeyd etməklə, (2) asılılığını qursaq, alınan düz xətt ordinat oxundan $\ln \sigma_0$ -a bərabər olan parça ayırır (Şəkil 1). Bu düz xəttin absis oxuna meyil

tangensinə görə

yarımkeçiricinin

aktivləşmə enerjisini

təyin etmək

olur. Belə asılılıq

qurmaqla σ_0

sabitini və qadağan

olunmuş zonanın

eni təyin olunur.

Praktikada adətən

yarımkeçiricinin

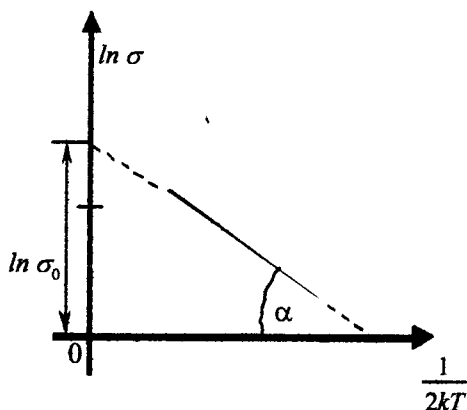
keçiriciliyi deyil

onun müqaviməti

ölçülür. Bu məqsədlə yarımkeçiricilərin müqavimətinin

temperatur asılılığını müəyyən etmək üçün aşağıdakı

düsturdan istifadə olunur.



Şəkil 1

$$R = R_0 e^{\frac{\Delta E}{kT}} \quad (3)$$

Bu ifadədən görünür ki, yarımkeçiricilərin müqaviməti temperaturun artması ilə eksponential qanunla azalır. (3)

ifadəsindən istifadə edərək qadağan olunmuş zonanın enini (aktivləşmə enerjisini) hesablamaq olar. Bu məqsədlə (4) ifadəsini loqarifmləyib

$$\lambda nR = \lambda nR_0 + \frac{\Delta E_0}{kT} \quad (4)$$

λnR -in $\frac{1}{T}$ -dən asılılıq qrafikini qurmaqla asılılığın meyl

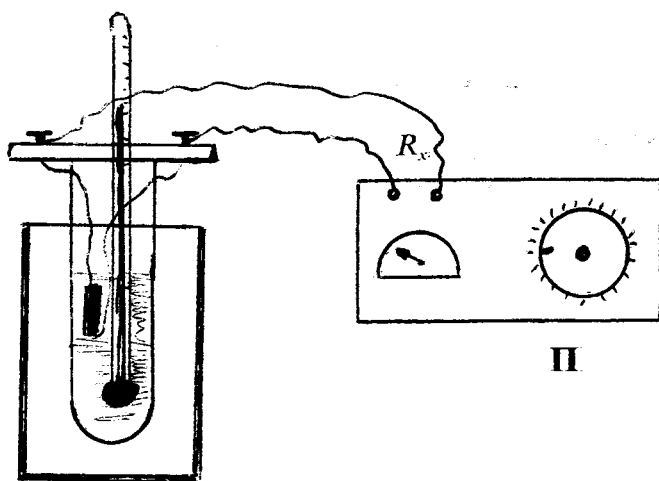
bucağına görə $\frac{\Delta E_0}{k}$ -ni təyin edib, oradan aktivləşmə enerjisini hesablamaq olar. Amma praktikada adətən işin asanlıığı üçün $\lg R$ -in (on əsasla görə) $\frac{1000}{T}$ -dən asılılıq qrafiki qurulur və asılılığın meyl bucağının tangensi aşağıdakı qaydada hesablanır.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta(\lg R_2 - \lg R_1)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$$

Meyl bucağının tangensinin qiymətini bilərək

$\Delta E = 0.43 \operatorname{tg} \alpha$ - ifadəsindən qadağan olunmuş zonanın eni (aktivləşmə enerjisi) eV-larla təyin olunur.

Yarımkeçiricilərin müqavimətinin temperatur asılılığını öyrənmək üçün istifadə olunan ölçü öürğusunun prinsipial sxemi 2-ci şəkildə göstərilib. Həndəsi ölçüləri məlum olan yarımkeçiricinin uclarına kontakt məqsədilə nazik məftil lehimlənilir. Sonra nümunə içərisində transformator yağı olan sınaq şüşəsinə salınır. Kontaktın digər ucları isə sınaq şüşəsinin kənarındakı sıxaqlara bağlanır. Nümunənin temperaturu sınaq şüşəsinə şalınmış termometirlə ölçülür. Ölçü zamanı nümunənin kontaktları birləşmiş sıxaqlar sabit cərəyan körpüsünün " R_x "-sıxacına qoşulur. Ölçü qurğusunda müqaviməti ölçərək nümunənin həndəsi ölçülərini bilərə keçiriciliyi təyin etmək olar.



Şəkil 1.

İŞİN GEDİŞİ.

1. Ölçü sxemini yığmalı. Sxem yoxlandıqdan sonra tədqiq olunan nümunə qızdırıcıya daxil edilir. Sonra isə sabit cərəyan körpüsünün köməyi ilə otaq temperaturunda yarımkeçirici nümunənin müqaviməti ölçülür.
2. Bundan sonra qızdırıcını dövrəyəqoşub, nümunə qızdıqda hər 5-10° S-dən bir sabit cərəyan körpüsünün köməyi ilə nümunənin müqavimətini ölçməli.
3. Ölçməni 100-150°S temperatura qədər davam etdirib, $R_t=f(t)$ asılığını qurmalı.
4. $\sigma = \frac{\lambda}{RS}$ düsturu vasitəsilə müxtəlif temperaturlarda yarımkeçirici nümunənin keçiriciliyini hesablamalı.
5. $\lg R$ -in $1000/T$ -dən asılığını qurmalı və həmin grafiqdən alınan düz xəttin meyl bucağının tangensini tapıb yarımkeçiricinin aktivləşmə enerjisini təyin etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 7

ELEKTROLİZ QANUNLARININ ÖYRƏNİLMƏSİ VƏ MİSİN ELEKTROKİMYƏVİ EKVİVALENTİNİN TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvəzimat:

mis elektrodları olan voltametr, ampermetr, sabit cərəyan mənbəyi, 30-40% - li göy daş məhlulu, reostat, saniyə ölçən, dövrə qurmaq üçün naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

*Elektrik keçiriciliyinə malik olan məhlullar elektrolitlər, onların keçiriciliyi isə elektrolitik keçiricilik adlanır. Elektrolitlərə misal olaraq duzların, turşularının, qələvilərin sudakı və bəzi başqa mayelərdəki məhlulları və bərk halda ion rabitəyə malik olan duzların ərintilərini (maye halı) göstərmək olar. Elektrolitlərdə maddənin molekulları həlledicinin daxilində müsbət və mənfi olmaqla ionlara ayrılır. Bu hadisə molekulların *dissosiasiyası* adlanır. Dissosiasiyanın baş vermə səbəbini araşdıraraq. Bu məqsədlə polyar xörək duzu - *NaCl* molekuluna baxaq. Burada *Na* atomu öz yeganə valent elektronunu xlor atomuna verir, özü müsbət, xlor atomu isə mənfi yüklənir. Belə dipol polyar molekulları olan həllediciyə daxil olduqda *NaCl* molekulunun müsbət qütbü su molekullarının mənfi qütbləri ilə, mənfi qütbləri isə su molekullarının müsbət qütbləri ilə əhatə olunur. Ona görə də *NaCl* molekulunda daxili rabitə əlaqəsi Kulon qanununa əsasən həlledicinin dielektrik nüfuzluğu qədər zəifləyir.*

Dissosiasiya etmiş molekulların konsentrasiyasının, həll olunmuş molekulların konsentrasiyasına olan nisbəti dissosiasiya dərəcəsini xarakterizə edir. Dissosiasiya

dərəcəsi məhlulun temperaturundan, məhlulun konsentrasiyasından və həlledicinin dielektrik nüfuzluğundan asılıdır. Temperatur yüksəldikcə dissosiasiya dərəcəsi artır yəni müsbət və mənfi ionların konsentrasiyası da artır. Ona görə də temperaturun artması ilə elektrolitlərin müqaviməti azalır, başqa sözlə keçiricilik artır. Elektrolitlərdə elektrik cərəyanının təbiətini ilk dəfə M. Faradey öyrənmişdir.

Müəyyən olunmuşdur ki, elektrolitlərdə elektrik cərəyanı müsbət ionların katoda, mənfi ionların isə anoda daşınmasından ibarətdir. Beləliklə elektrolitdən cərəyan keçərkən elektrodlar üzərinə maddə toplanır.

Elektrolitdən elektrik cərəyanı axarkən elektrod üzərində maddə toplanması hadisəsi elektroliz adlanır.

Faradeyin birinci qanunu elektrod üzərində toplanan maddənin kütləsini müəyyən edir. Elektroliz zamanı elektrodlarda müəyyən zaman ərzində toplanan maddənin kütləsi:

$$m = m_0 N \quad (1)$$

Burada m_0 - bir ionun kütləsi, N - elektroda çatan ionların sayıdır. Digər tərəfdən ionun kütləsi

$$m_0 = \frac{M}{N_A} \quad (2)$$

kimi təyin olunur. Burada M maddənin molyar kütləsi, N_A - isə Avogadro ədədidir. Onda elektroda Δt müddətində çatan ionların sayı

$$N = \frac{\Delta q}{q_0} \quad (3)$$

olar. Burada $\Delta q = I \Delta t$ elektrolitdən Δt müddətində keçən yükün miqdarı, q_0 - isə bir ionun yüküdür və ionun yükü atomun n valentliyi ilə aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$q_0 = ne \quad (4)$$

burada e - elektronun yüküdür və ədədi qiyməti uyğun olaraq

$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl} - a$ bərabərdir.

Əgər (1) ifadəsində (2) (3) və (4) ifadələrini nəzərə alsaq
Onda alırıq:

$$m = \frac{M}{neN_A} \cdot I \cdot \Delta t \quad (5)$$

Elektrod üzərində toplanan maddənin m kütləsi və elektrolitdən keçən $q=I\Delta t$ yükü arasındakı mütənasiblik əmsalını k -ilə işarə edək

$$k = \frac{M}{neN_A} \quad (6)$$

k -maddənin təbiətindən asılı olan mütənasiblik əmsalı olub maddənin *elektrokimyəvi* ekvivalenti adlanır və BS-də

$\frac{kq}{\text{Kl}}$ - la ölçülür. Yuxarıdakı ifadələrdən alırıq:

$$m = kq = kI\Delta t \quad \text{və ya} \quad k = \frac{m}{q} = \frac{m}{I\Delta t} \quad (7)$$

Elektroliz zamanı elektrod üzərində ayrılan maddənin kütləsi elektrolitdən keçən yükün miqdarı ilə düz mütənasibdir. Buna elektroliz üçün Faradeyin birinci qanunu deyilir. (7) ifadəsindən göründüyü kimi $q = 1$ olarsa $k = m$ olar. Yəni *elektrokimyəvi ekvivalent elektrolitdən vahid yük keçdikdə elektrod üzərində ayrılan maddənin kütləsinə bərabərdir.*

.. Elektrokimyəvi ekvivalent üçün aldığımız (6) ifadəsinin surət və məxrəcini N_A - Avoqadro ədədinə vurub müəyyən əvəzləmə aparsaq onda alırıq:

$$k = \frac{mN_A}{eZN_A} = \frac{1}{eN_A} \cdot \frac{A}{Z} \quad (8)$$

$A = mN_A$ - maddənin atom çəkisi, $\frac{A}{Z}$ -onun kimyəvi

ekvivalenti adlanır. eN_A -sabit kəmiyyətdir, onu F – ilə işarə edək.

$$F = eN_A \quad (9)$$

F – Faradey sabiti adlanır. Onda alırıq:

$$k = \frac{1}{F} \frac{A}{Z} \quad (10)$$

Yəni maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti onun kimyəvi ekvivalenti ilə düz mütənasibdir.

Bu elektroliz üçün Faradeyin ikinci qanunu adlanır. Əgər k – nın ifadəsini (10) düsturunda nəzərə alsaq onda alırıq:

$$m = \frac{A}{Z} \frac{q}{F} \quad (11)$$

Bu ifadə elektroliz üçün olan qanunların birləşmiş düsturudur. (11) ifadəsindən istifadə edərək Faradey sabitinin fiziki mənasını aydınlaşdırmaq olar.

$$F = \frac{A}{Z} \frac{q}{m} \quad (12)$$

Əgər $q = F$ olarsa onda $m = \frac{A}{Z}$ olar. Yəni, Faradey sabiti

ədədi qiymətcə elə bir yükə bərabərdir ki, elektroliz zamanı məhluldan həmin qədər yük keçdikdə elektrod üzərində verilmiş maddədən $1kq$ -ekvivalent maddə ayrılır. Faradey sabitinin ədədi qiyməti üçün ilk dəfə təcrübi yolla

$$F = 96,497 \frac{Kl}{kq - ekvivalent}$$

qiyməti alınmışdır. Bu qiymətdən və Millikenin elementar yük üçün aldığı qiymətdən istifadə etməklə Avoqadro ədədi üçün ilk dəfə $N_A = 6,0 \cdot 10^{26} \text{ Kmol}^{-1}$ qiyməti alınmışdır.

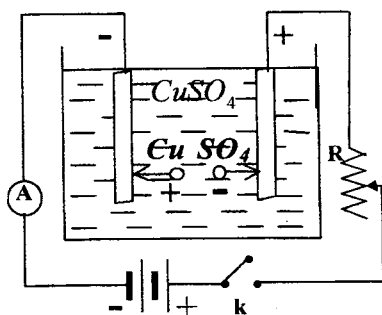
Praktikada adətən Faradey sabiti üçün

$$F = 96500 \frac{Kl}{qr - \text{ekvivalent}}$$

qiymətindən istifadə olunur. Başqa sözlə Faradey sabiti, ədədi qiymətə elektrolitdən cərəyan keçərkən elektrod üzərində 1 qram-ekvivalent maddə ayıra bilən elektrik yükünün miqdarıdır. Təcrübədən elektrolitdən axan elektrik cərəyanının I şiddətini, cərəyanın t axma müddətini və elektrod üzərində toplanan maddənin m kütləsini tapıb, maddənin A atom çəkisi və Z valentliyini cədvəldən götürərək (12) ifadəsindən Faradey sabitini hesablamaq olar. Həmçinin maddənin elektrokimyəvi ekvivalentini təcrübədən təyin edib, maddənin atom çəkisi və valentliyini uyğun cədvəldən götürərək Faradey ədədini hesablamaq olar. Faradey ədədini bilərək hər bir ionun və uyğun olaraq elektronun yükü təyin olunur. Elektronun yükünü təyin etmək üçün elektrodda ayrılan maddənin kütləsini ifadə edən (5) ifadəsindən istifadə etmək olar. Bu ifadədən elektronun yükü üçün alınır:

$$e = \frac{MI\Delta t}{mnN_A} \quad (14)$$

Ölçmələr aparmaq üçün prinsipial sxemi 1-ci şəkildə olan qurğudan istifadə olunur.



Şəkil 1.

Təcrübə zamanı içərisinə göy daş məhlulu tökülmüş qaba iki

mis elektrod salınır. Elektrodlardan biri anod digəri isə katod adlanır. Elektrolitdən elektrik cərəyanı keçdikdə göy daş molekulları uyğun olaraq müsbət mis ionlarına və mənfi SO_4 -ionlarına dissosiasiya edir.



Əgər katoda mənfi potensial, anoda isə müsbət potensial verilərsə onda dissosiasiya etmiş mis ionları katod üzərinə toplanar. Təcrübə zamanı katodun reaksiyadan əvvəl və sonrakı kütlələrini təyin edərək maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti və digər fiziki kəmiyyətlər hesablanır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Mənbənin mənfi qütbünə birləşdirilmiş elektrodu voltametrdən (məhlul tökülmüş qabdan) çıxarıb qurutduqdan sonra onun kütləsini (m_1) tərəzidə dəqiq təyin etməli.
2. Kütləsi təyin olunmuş katodu elektrolit olan qaba salıb onun sıxacını mənbənin mənfi qütbünə birləşdirməli.
3. Açıq qapayıb elektrolitdən $15 \div 20$ dəqiqə müddətində $0,5 \div 0,6$ A cərəyan buraxmalı.
4. Göstərilən vaxt tamam olduqda dövrəni açib katodu məhluldan ehtiyatla çıxarıb onu peçin üzərində , qurutmalı. Qurudulmuş katodun kütləsini (m_2) yenidən tərəzidə təyin etməli.
5. Ölçmənin nəticələrinə görə katod üzərində toplanmış maddənin kütləsini ($m = m_2 - m_1$) təyin etməli.
6. Alınan nəticələri uyğun düsturlarda yerinə yazıb maddənin elektrokimyəvi ekvivalentini, Faradey sabitini və elektronun yükünü hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 8

TERMOCÜTÜN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ VƏ TERMÖELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNİN TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

termocüt, həssas qalvanometr, müqavimətlər mağazini, içərisində yağ olan sınaq şüşələri, elektrik qızdırıcısı, termometr, birləşdirici naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Təcrübi olaraq müəyyən olunmuşdur ki, iki müxtəlif metalı bir-birinə toxundurduqda (onları bir-birinə qaynaq etdikdə) onların toxunduğu yerdə potensiallar fərqi yaranır. Yaranan potensiallar fərqi metalların toxunan yerində (lehim yerində) əmələ gəldiyindən ona kontakt *potensiallar fərqi deyilir*. Kontakt potensiallar fərqi müxtəlif cüt metallar üçün fərqli olur. Yaranan kontakt potensiallar fərqi toxunan metallarda elektronların çıxış işləri və metalların vahid həcmində olan sərbəst elektronların sayının-konsentrasiyasının müxtəlif olması ilə əlaqədardır. Kontakt zamanı elektronlar çıxış işi az olan metaldan çıxış işi çox olan metala keçir. Fərz edək ki, ki, elektronların çıxış işi uyğun olaraq A_1 və A_2 olan ($A_1 < A_2$) iki müxtəlif metal kontakt edilmişdir. Təbidir ki, elektronlar çıxış işi az olan metaldan çıxış işi çox olan metala keçəcəklər. Nəticədə birinci metalda elektron çatışmamazlığı, ikinci metalda isə elektron artıqlığı yaranacaqdır. Bu zaman birinci metal müsbət ikinci metal isə mənfi yüklənəcək və metalların toxunma yerində kontakt potensiallar fərqi yaranacaqdır. Statistik fizikada sübut edilir ki, kontakt edilmiş iki maddədə termodinamik tarazlıq yaranması üçün üçün onların Fermi səviyyələri bir-birinə bərabər olmalıdır $E_{F_1} = E_{F_2}$.

Kontakt zamanı birinci metalın səthinin yaxınlığında (xaricdə) elektronun potensial enerjisi ikinci metalın səthinin yaxınlığındakından kiçik olur. Beləliklə toxunan metalların səthlərindəki nöqtələri arasında potensiallar fərqi yaranır. Elektronun yükü mənfi olduğu üçün birinci metalın səthinin yaxınlığında sahənin potensialı ikinci metalın səthinin yaxınlığından böyükdür. Bu potensiallar fərqi:

$$U_{12} = \frac{A_2 - A_1}{e} \quad (1)$$

İki müxtəlif A və B metalları arasında yaranan kontakt potensiallar fərqi metalların səthlərinin birbaşa yaxınlığında, lakin onların xaricində yerləşən nöqtələr arasındakı potensiallar fərqidir. Ona görə də U_{12} -yə xarici kontakt potensiallar fərqi deyilir. Birinci metalın daxilində elektronun potensial enerjisi (bu enerji potensial çuxurun dibinə uyğundur) ikinci metalın daxilindəkinə nisbətən kiçikdir. Fermi səviyyələrinin fərqli olması hesabına toxunan metalın daxili nöqtələri arasında daxili kontakt potensiallar fərqi yaranır. Bu kontakt potensiallar fərqi metalların Fermi səviyyələrinin müxtəlifliyi ilə əlaqədar olub aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$U_i = \frac{E_{F_2} - E_{F_1}}{e} \quad (2)$$

Burada U_i – daxili kontakt potensiallar fərqidir.

Kvant nəzəriyyəsi toxunan müxtəlif metalların bilavasitə kontaktında yaranan daxili kontakt potensiallar fərqi onlardakı elektronların konsentrasiyasının müxtəlifliyi ilə izah edir. Fərz edək ki, kontakt edilmiş metallarda sərbəst elektronların sayı uyğun olaraq n_1 və n_2 -dir ($n_1 > n_2$). Bu halda yenə də sərbəst elektronlar, onların sayı çox olan metaldan az olan metala, yəni birinci metaldan ikinci metala diffuziya etmiş olacaqdır. Nəticədə birinci metal müsbət ikinci

metal isə mənfi yüklənəcəkdir. Odur ki, bu metalların toxunduqları yerdə potensialların fərqi yaranacaqdır. Onu hesablamaq üçün molekulyar fizikadan məlum olan ağırliq qüvvəsi sahəsində qaz atomlarının paylanma qanunundan istifadə edə bilərik. Ağırliq qüvvəsi sahəsində qaz atomlarının h – hündürlüyündəki n – konsentrasiyası Yer səthi yaxınlığındakı n_0 – konsentrasiyası ilə

$$n = n_0 e^{\frac{m'gh}{kT}} \quad (3)$$

ifadəsi ilə bağlıdır. Burada m – atomun kütləsi, g – ağırliq qüvvəsi təcili, k – Bolsman sabiti, T – qazın hər yerində eyni hesab olunan mütləq temperaturu, mgh – kəmiyyəti isə qaz atomunun h – hündürlüyündə və Yer səthi yaxınlığında malik olduğu $(E_1 - E_2)$ potensial enerjiləri fərqidir. Kontakt edilmiş iki müxtəlif metal halı üçün bu enerjilər fərqi $E_1 - E_2 = eU_i$ olduğundan, onda bu metallar üçün yazmaq olar:

$$n_1 = n_2 e^{\frac{eU_i}{kT}} \quad (4)$$

Bu ifadəni loqarifmləşdirsək onda daxili kontakt potensiallar fərqi üçün alınsa:

$$U_i = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_2}{n_1} \quad (5)$$

Sonuncu ifadədən görünür ki, n_1 və n_2 konsentrasiyaları arasındakı fərq böyük olduqca daxili kontakt potensiallar fərqi də böyük olar. Daxili kontakt potensiallar fərqi həmçinin temperaturdan da asılıdır.

Çıxış işləri müxtəlif olan iki müxtəlif metal kontakt edildikdə hər iki səbəbin hesabına yaranan ümumi kontakt potensiallar fərqi:

$$U_1 - U_2 = \frac{A_2 - A_1}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_2}{n_1} \quad (6)$$

olar.

Kontakt yerlərində potensiallar fərqlinin temperaturlarının müxtəlif olması hesabına yarandığından ona həmçinin termo e.h.q.-si də deyilir. I-ci şəkildəki kimi kontakt edilmiş iki müxtəlif metaldan ibarət dövrəyə baxaq. Onların kontakt yerlərindəki temperaturları uyğun olaraq T_1 və T_2 olsun ($T_1 > T_2$). Bu halda I və II kontakt yerlərində potensiallar fərqi müxtəlif olduğundan dövrədə e.h.q.-si yaranacaqdır. Bu e.h.q.-in qiyməti hər iki kontakt yerlərində yaranan potensial sıçrayışlarının cəminə bərabər olduğunu nəzərə alsaq onda alarıq:

$$\varepsilon = \frac{k}{e} \lambda n \frac{n_1}{n_2} \cdot (T_1 - T_2) = \frac{k}{e} \lambda n \frac{n_1}{n_2} \cdot \Delta T \quad (7)$$

Verilmiş metallar üçün $\frac{k}{e} \lambda n \frac{n_1}{n_2}$ - kəmiyyəti sabit olduğundan

$$\varepsilon = \alpha (T_1 - T_2) \quad (8)$$

olar. Burada ε - termoelektrik hərəkət qüvvəsi, α əmsalı isə *diferensial termoelektrik hərəkət qüvvəsi* adlanır və onun işarəsi həm müsbət və həm də mənfi ola bilər. Kontakt yerlərinin temperaturlar fərqi $\Delta T = 1 K$ olduqda $\alpha = \varepsilon$ olar.

Yəni *diferensial termoelektrik hərəkət qüvvəsi ədədi qiymətə kontakt yerlərinin temperaturlar fərqi vahid qədər dəyişdikdə yaranan elektrik hərəkət qüvvəsidir.* (8) ifadəsindən görünür ki, termo elektrik hərəkət qüvvəsi verilmiş metallar üçün yalnız kontakt yerlərinin temperaturlar fərqindən asılıdır. Bu hadisəni ilk dəfə 1821-ci ildə Zeebek öyrənmişdir. Əgər kontakt edilmiş metallar üçün α - sabiti və kontakt yerlərinin birinin temperaturu məlumdursa, onda dövrədə yaranan ε - e.h.q.-nin qiymətinə əsasən o biri kontaktın temperaturunu hesablamaq olar.

Termoelektrik hadisəsinə əsaslanaraq hazırlanan cihazlara termocütlər və termoelementlər deyilir. İki müxtəlif

metaldan (məsələn mis və konstantandan) hazırlanmış belə termocütlərin uclarındakı temperaturalar fərqlinin 100 K qiymətində , dövrədə yaranan termo e.h.q.-nin qiyməti bir neçə milli Volta çatır. Belə termocütlərlə əsasən temperaturu ölçmək üçün istifadə olunur. Hazırda həm yüksək və həm də aşağı temperaturları ölçmək üçün termoelektrik hadisələri əsasında hazırlanmış müxtəlif növ termocütlərdən- məsələn, mis-konstantan, dəmir-konstantan, platin-rodii və başqa termocütlərdən istifadə olunur. Termocüt hazırlamaq üçün iki müxtəlif metaldan ibarət olan nazik məfil parçasının uçları bir-birinə qaynaq edilir. Onlardan düzəldilmiş qapalı dövredə cərəyanı ölçmək üçün qalvonometr qoşulur. İki müxtəlif kontakt (qaynaq) nöqtələrindən biri temperaturu (t_0) sabit olan mühitdə (məsələn içərisinə buz salınmış su olan qab) digəri isə t -temperaturunu ölçmək lazım gələn cisimdə yerləşdirilir. Lehim nöqtələrinin birinin temperaturu sabit saxlanılır, digəri isə tədricən dəyişdirilir. Bu zaman qalvonometrin göstərişi lehim nöqtələrinin temperaturalar fərqlinə uyğun olaraq tədricən dəyişəcəkdir. Kontaktların temperaturaları fərqli olduğu üçün belə dövredən cərəyan axır. Buna *termoelektrik cərəyanı* deyilir. Bu zaman qalvonometrin göstərişi lehim nöqtələrinin temperaturalar fərqlinə uyğun olaraq tədricən dəyişəcəkdir. Qalvonometrin bölgələrinə uyğun temperaturalar fərqlini qeyd edərək, onların arasındakı asılılığın qrafikini qurmaq olar. *Bu termocütün dərcələnməsi adlanır.* Dövrədəki qalvonometrin, termocütün və birləşdirici naqillərin müqavimətləri R_0 - olarsa onda alırıq:

$$\varepsilon = i \varphi_0 R_0 \quad (9)$$

burada φ_0 -qalvonometrin göstərişi, i – isə qalvonometrin həssaslığı olub, onun əqrəbini bir bölgə meyl etdirmək üçün ondan keçən cərəyan şiddəti ilə xarakterizə olunan kəmiyyətdir. Bu həssaslıq hər bir ölçü cihazı üçün uyğun cədvəldən götürülür. Termocüt və qalvonometr dövrəsinə ardıcıl olaraq məlum R -müqaviməti qoşduqda

qalvonometrin göstərişi φ -olarsa, onda yaranan e.h.q.-si

$$\varepsilon = i\varphi(R_0 + R) \quad (10)$$

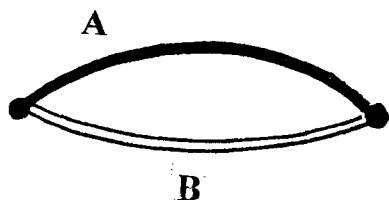
olar. Əgər (11) və (12) ifadələrindən məchul müqaviməti (R_0) yox etsək bu halda termoelektrik hərəkət qüvvəsi üçün alarıq:

$$\varepsilon = i \frac{\varphi_0 \varphi}{\varphi_0 - \varphi} R \quad (11)$$

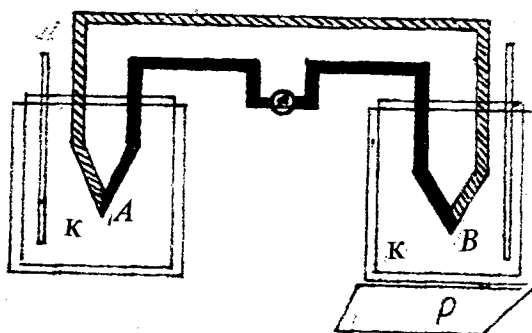
Bu ifadələri müqayisə etsək onda diferensial termoelektrik hərəkət qüvvəsi üçün alarıq:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{t - t_0} = \frac{iR}{t - t_0} \cdot \frac{\varphi \varphi_0}{\varphi_0 - \varphi} \quad (12)$$

İstifadə olunan gürğünün prinsipial sxemi 2-ci şəkildə göstərilib.



Şəkil 1.



Şəkil 2

İki müxtəlif metal çubuqdan hazırlanmış (ucları bir-birinə lehimlənmiş) termocütün lehim yerləri içərisində

transformator yağı olan sınaq şüşələrinə salınır. Sınaq şüşələrindən biri içərisində buzlu su olan qaba, digəri isə qızdırıcıya salınır. Lehim yerlərinin temperaturunu təyin etmək üçün sınaq şüşələrinə həssas termometr salınır. Lehim yerlərində temperaturlar fərqi yaratmaq üçün ikinci kontakt qızdırılır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Sxemə uyğun olaraq elektrik dövrəsi qurub A-qabının temperaturunu (t_0) sabit saxlayaraq B - qabını qızdırmalı və hər 5÷10 dərəcədən ikinci termometrin göstərisinə uyğun olaraq qalvonometrin φ_0 göstərisini qeyd etməli.
2. İkinci qabının temperaturu $90 \div 95^\circ \text{S}$ –yə çatdıqda qızdırıcını söndürüb, soyuma prosesinə uyğun olaraq temperaturu və qalvonometrin göstərisini qeyd etməli.
3. Həm qızma və həm də soyuma prosesi üçün eyni qrafikdə qalvonometrin göstərişi φ_0 - ilə temperaturlar fərqi ($t - t_0$) arasındakı asılılığın qrafikini qurmalı.
4. Termoelementin lehim nöqtələrinin temperaturları fərqlərinin müəyyən qiymətində qalvonometrin φ_0 göstərisini qeyd etməli. Sonra həmin temperaturda müqavimətlər maqazinindən dövrəyə müəyyən müqavimət (məsələn 1 kOm) daxil edib qalvonometrin φ - göstərisini qeyd etməli.
5. Təcrübədən alınan qiymətləri (12) ifadəsində yerinə yazıb termoelektrik hərəkət qüvvəsini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 9

ELEMENTİN DAXİLİ MÜQAVİMƏTİNİN TƏCRÜBİ TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

tədqiq olunan cərəyan elementi (batareya), müqavimət mağazini, daxili müqaviməti məlum olan ölçü cihazı - milliampmetr, və ya qalvonometr, açar, birləşdirici naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Bütün cərəyan mənbələri müəyyən daxili müqavimətə malikdir. Qalvanik elementdə daxili müqavimət elektrolit məhlulunun müqaviməti, generatorlarda isə bu müqavimət dolaqların müqavimətidir. Ona görə də qapalı cərəyan dövrəsi həm xarici, həm də daxili müqavimətə malik olur. Om qanununa əsasən yaza bilərik ki,

$$\varepsilon = I(R + r) \quad (1)$$

Burada R - xarici dövrənin, r - isə mənbənin daxili müqavimətidir.

Buradan

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (2)$$

alınar. Alınan bu ifadə qapalı dövrə üçün Om qanununun riyazi ifadəsidir.

Qapalı dövrədən axan cərəyan şiddəti mənbənin e.h.q.-i ilə düz, xarici və daxili müqavimətlərin cəmi ilə tərs mütənasibdir.

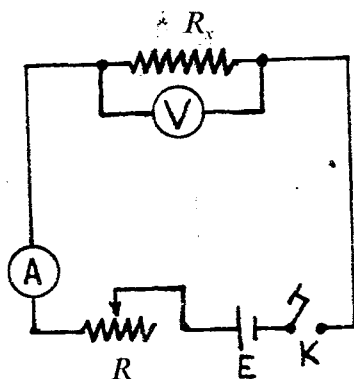
Qapalı dövrədə gərginlik düşgüsü, dövrəyə qoşulmuş bütün elementlərdə yarandığından elementin qütblərindəki

potensiallar fərqi həmişə mənbənin elektrik hərəkət qüvvəsindən az olur. Qısa qapanma halında ($R=0$) dövrədə cərəyan şiddəti maksimal olur və mənbənin e.h.q. ilə təyin edilir.

$$I_{\text{mak}} = \frac{\varepsilon}{r} \quad (3)$$

Burada r mənbənin daxili müqaviməti, ε - mənbənin e.h.q.-sidir. Mənbənin daxili müqaviməti çox kiçik olduğundan (məsələn, akkumulyatorlarda $r \approx 0,1 - 0,001 \text{ Om}$ tərtibində), e.h.q.-si bir neçə Volt olan mənbələrdə qısa qapanma cərəyanı çox böyük qiymət ala bilər. Bu zaman məstiller əriyər və mənbə sıradan çıxar. Ona görə də mənbənin daxili müqavimətini bilmək vacibdir.

Müxtəlif elementlərin daxili müqavimətini təyin etmək məqsədilə cərəyan mənbəyi, müqavimətlər mağazini, milliampmetr və açardan ibarət ardıcıl birləşmiş elektrik dövrəsini nəzərdən keçirək (şəkil 1).



Şəkil 1

Əgər dövrəyə müqavimətlər mağazindən R_1 və R_2 müqavimətlərini daxil etsək, bu müqavimətlərə uyğun

olaraq dövrədən I_1 və I_2 cərəyanları axacaqdır. Milliampmetrin (ölçü cihazının) daxili müqaviməti R_g olarsa, onda hər iki hal üçün Om qanununu tətbiq edərək aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= I_1(R_1 + R_g + r) \\ \varepsilon &= I_2(R_2 + R_g + r)\end{aligned}\quad (2)$$

Buradan müəyyən sadələşmə aparsaq onda alarıq:

$$I_1(R_1 + R_g + r) = I_2(R_2 + R_g + r)$$

Milliampmetrin daxili müqavimətinin kiçik olduğunu nəzərə alaraq son ifadəni r -ə nəzərən həll etsək bu halda mənbənin daxili müqaviməti üçün alınar:

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} \quad (3)$$

İŞİN GEDİŞİ

1. Ölçü cihazı (milliampmetr), batareya, müqavimət maqazinindən ibarət olan və sxemi 1-ci şəkildə göstərilən elektrik dövrəsini yığmalı.
2. Müqavimətlər maqazinindən dövrəyə növbə ilə müəyyən R_1 və R_2 müqavimətlərini daxil edib, uyğun olaraq dövrədən axan I_1 və I_2 cərəyanlarını qeyd etməli.
3. Təcrübənin 5-6 dəfə təkrar edib, hər dəfə alınan nəticələri cədvəldə qeyd edərək elementin daxili müqavimətini (3) düsturu ilə hesablamalı.
4. Ölçmələrin orta qiymətini təyin edib, təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.
5. Ölçmələri müxtəlif batareyalar üçün təkrar etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 10

YERİN MAQNİT SAHƏSİ İNTENSİVLİYİNİN ÜFÜQİ TOPLANANIN TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

tangens-qalvanometr, ampermetr, reostat, sabit cərəyan mənbəyi, açar, kommutator (altı sıxacı çevirici açar), birləşdirici naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Hələ çox qədim zamanlarda insanlar Yer kürəsinin maqnit sahəsinə malik olmasını müşahidə etmiş və kompas yaratmışlar. Təcrübə göstərir ki, şaquli ox ətrafında sərbəst fırlana bilən maqnit əqrəbi Yerin verilmiş nöqtəsində həmişə müəyyən istiqamətdə dayanır. Bu hadisə Yerin ətrafında maqnit sahəsinin mövcudluğunu və maqnit əqrəbinin sahənin maqnit xətləri boyunca yönəldiyini sübut edir.

Yer maqnitinin şimal qütbü cənub yarımkürəsində, cənub qütbü isə şimal yarımkürəsində yerləşir. Yerin şimal coğrafi qütbünə yaxlaşdıqca Yerin maqnit xətləri daha böyük bucaq altında üfüqə meyl edir və 75° şimal en, 99° qərb uzunluq dairələrində şaquli vəziyyət alaraq Yerə daxil olur (şəkil 1). Yerin cənub maqnit qütbü burada yerləşir və şimal coğrafi qütbündən təxminən 2100 km uzaqdır.



şəkil 1

Yerin Şimal maqnit qütbü cənub coğrafi qütbünün yaxınlığında, $66,5^{\circ}$ cənub enliyi və 140° şərq uzunluğunda yerləşir. Burada Yerin maqnit sahəsinin maqnit xətləri Yerdən xaricə çıxır. Deməli, Yerin maqnit qütbləri onun coğrafi qütblərinin üzərinə düşür. Ona görə də maqnit əqrəbinin istiqaməti coğrafi meridian istiqamətində olmur. Buna görə də kompasa maqnit əqrəbi yalnız təqribi olaraq şimal istiqamətini göstərir.

Yer maqnetizminin təbiəti hələ tam öyrənilməmişdir. Yalnız müəyyən edilmişdir ki, atmosferin əsasənən yaxın qatlarında və Yer qabığında axan müxtəlif elektrik cərəyanları Yerin maqnit sahəsinin dəyişməsində mühüm rol oynayır.

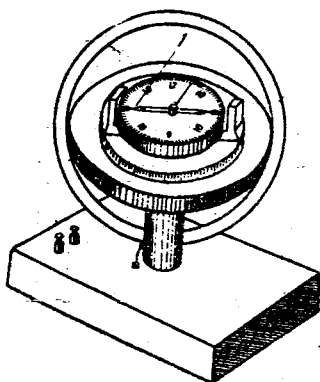
Yerin ixtiyari nöqtəsində maqnit sahəsinin varlığını nazik sapdan asılmış maqnit əqrəbinin köməyi ilə təyin etmək olar. Belə maqnit əqrəbindən keçən şaquli müstəvi maqnit *meridian müstəvisi*, maqnit meridian müstəvilərinin Yer səthindən göründüyü nöqtələr *maqnit qütbləri adlanır*. Maqnit meridian müstəvisinin coğrafi meridian müstəvisi ilə əmələ gətirdiyi bucaq isə *maqnit meyl bucağı* adlanır. Maqnit meyl bucağı sıfırdan fərqli olduğuna görə verilmiş nöqtədə maqnit sahəsinin H intensivliyini onun H_0 -üfqi və H_z -şaquli toplananlarına ayırmaq olar. Bu halda nazik sapdan asılmış və şaquli ox ətrafında fırlana bilən maqnit əqrəbi Yerin maqnit sahəsinin üfqi toplananı təsiri ilə maqnit meridian müstəvisi üzrə yönəlir. Əgər əqrəbin ətrafında dairəvi cərəyanın maqnit sahəsinə yaratsaq, onda maqnit əqrəbi bu sahələrin əvəzləyicisinin istiqamətində yönələcəkdir. Maqnit əqrəbinin dönmə bucağı və dairəvi cərəyanın yartdığı maqnit sahəsinin intensivliyinin qiymətinə əsasən Yerin maqnit sahəsinin üfqi toplananını təyin etmək olar. Yerin maqnit sahəsinin intensivliyinin üfqi toplananını bu üsulla təyin etmək üçün istifadə olunan cihaza *tangens-Bussol qalvanometri (bəzən tangens qalvanometr) deyilir*. Tangens-qalvanometr radiusu təqribən

50÷80 sm olan dairəvi halqa üzərinə sarınmış 50-100 sarğısı olan mis dolaqdan və dolağın mərkəzində yerləşdirilmiş maqnit əqrəbindən (kompas) ibarətdir. Maqnit sahəsinin üfüqi toplananını təyin etmək üçün sarğıdan cərəyan axmayan halda cihazın sarğısını elə fırlatmaq lazımdır ki, maqnit əqrəbi sarğı müstəvisi üzərinə düşsün. Bu halda maqnit əqrəbi dolaq müstəvisində olacaqdır.

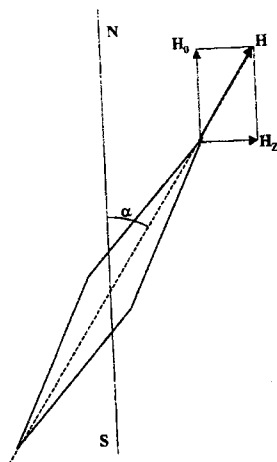
Sarğıdan cərəyan buraxdıqda yaranan maqnit sahəsi maqnit əqrəbinə təsir edərək onu əvvəlki vəziyyətindən α -bucağı qədər döndərir. Dairəvi cərəyanın mərkəzdə yaratdığı maqnit sahəsi intensivliyi sarğı müstəvisinə perpendikulyardır. 2-ci şəkildən görüldüyü kimi maqnit meridian müstəvisi ilə maqnit əqrəbi arasındakı bucaqdan istifadə edərək yaza

bilərik:
$$\frac{H_z}{H_0} = \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

Radiusu R -olan dairəvi cərəyanın mərkəzində yaratdığı maqnit sahəsi intensivliyini hesablayaq (şəkil 3).



Şəkil 2.



Şəkil 3.

$$H = \int_{(l)} \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{idl}{R^2} = \frac{i}{4\pi R^2} \cdot \int_{(l)} dl = \frac{i}{4\pi R^2} \cdot 2\pi R = \frac{i}{2R} \quad (2)$$

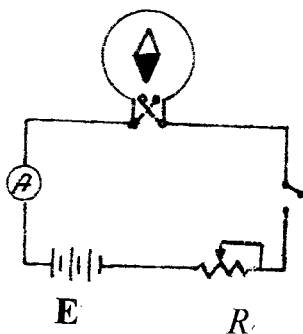
N -sargıdan ibarət dolağın mərkəzdə yaratdığı maqnit sahəsi intensivliyi

$$H_z = \frac{iN}{2R} \quad (3)$$

Əgər (3) ifadəsini (1)-də nəzərə alsaq onda Yerın maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqi toplananı üçün alarıq:

$$H_0 = \frac{iN}{2R \operatorname{tg} \alpha} \quad (4)$$

Bu düstura daxil olan kəmiyyətlərin hamısı təcrübədə ölçülə bilən kəmiyyətlərdir. Onları ölçərək Yerın maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqi toplananı təyin etmək olar. Ölçü aparmaq üçün lazım olan tədqiqat qurğusunun prinsipial sxemi 4-cü şəkildə göstərilib.



Şəkil 4

İŞİN GEDİŞİ

1. Prinsipial sxemi 4-cü şəkildə göstərilmiş ölçü quurğusunu yığmalı.
2. Dolaqların kontur müstəvisini döndərərək maqnit meridian müstəvisi üzərinə gətirməli. Bu halda maqnit əqrəbi dolaq müstəvisində olacaqdır.
3. K açarı ilə dövrəni qapayaraq cərəyanı elə tənzim etmək lazımdır ki, bu halda maqnit əqrəbi ilk vəziyyətə nəzərən $15-20^{\circ}$ meyl etmiş olsun. Bu hal üçün əqrəbin meyl bucağını və cərəyan şiddətini qeyd etməli. Qalvonometrə qoşulmuş çevirici açarla cərəyanın istiqamətini dəyişib, əqrəbin həmin meylini yaradıb cərəyanın I_2 qiymətini qeyd etməli. Sonra $I = \frac{I_1 + I_2}{2}$ ifadəsinə görə cərəyanın orta qiymətini hesablamalı.
4. Tangens-qalvanometrın dolaqlarının N sayını, dolaqın R radiusunu laboratoriya cədvəlindən götürməli.
5. Alınan nəticələri (3) ifadəsində yerinə yazıb Yerin maqnit sahəsinin intensivliyinin üfüqi toplananının hesablanması.
6. Əqrəbin meyl bucağının müxtəlif qiymətləri üçün təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib H_0 üçün orta qiymət tapmalı.
7. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib axtarılan kəmiyyətin orta qiymətini tapıb təcrübənin mütləq və nisbi xətarlarını hesablamalı

LABORATORİYA İŞİ № 11

KALORİMETR VASİTƏSİ İLƏ ELEKTRİK ENERJİSİNİN İSTİLİK EKİVALENTİNİN TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

ampermetr, voltmetr, kalorimetr, reostat, cərəyan mənbəyi, saniyəölçən, termometr, qarışdırıcı, tərəzi, çəki daşları, açar, dövrə qurmaq üçün naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Bütün metallar müəyyən quruluşlu kristal qəfəşə malikdirlər. Kristalda elektrik cərəyanı axan zaman hərəkət edən elektronlar qəfəsin düyünlərində rəqsi hərəkət edən ionlarla toqquşur. Nəticədə əlavə enerji alan ionların rəqsi hərəkətinin orta kinetik enerjisi artır və elektrik cərəyanının işi istiliyə çevrilir. Başqa sözlə naqildən axan elektrik cərəyanının τ müddətində gördüyü iş ekvivalent miqdarda istilik enerjisinə çevrilir. İstilik miqdarını Q ilə işarə etsək, onda enerjinin saxlanma qanununa görə yaza bilərik:

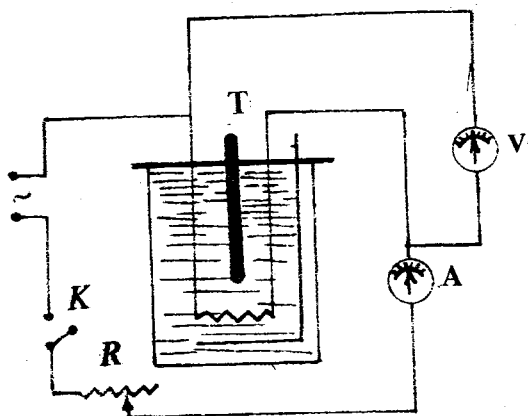
$$Q = kA = kIU\tau \quad (1)$$

burada k - mütənasiblik əmsalı olub elektrik enerjisinin istilik ekvivalenti adlanır. Təcrübədə k -istilik ekvivalentini təyin etmək üçün kalorimetrik üsuldan istifadə edilir.

QURĞUNUN TƏSVİRİ

Qurğu, içərisində su olan kalorimetrdən və suya salınmış spiral şəkilli qızdırıcıdan ibarətdir. Spiralın uclarındakı gərginliyi ölçmək üçün voltmetrdən (V), cərəyan şiddətini ölçmək üçün ampermetrdən (A), temperaturun bərabər paylanması əldə etmək üçün

qarışdırıcıdan (Q), temperaturu ölçmək üçün isə termometrdən (T) istifadə olunur.



Şəkill

Qızdırıcının verdiyi istilik miqdarı suyun və kalorimetrin t_1 -dərəcədən t_2 -dərəcəyə qədər qızmasına sərf olunur. Bu halda istilik balansı tənliyi aşağıdakı kimi olar

$$Q = (mc_1 + Mc_2)(t_2 - t_1) \quad (3)$$

Burada, M - kalorimetrin qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsi, c_1 - suyun, c_2 - kalorimetrin xüsusi istilik tutumu, m - kalorimetrdəki suyun kütləsidir.

Təcrübədə I , U , τ həmçinin suyun başlanğıc t_1 və son t_2 temperaturunu ölçüb, istilik ekvivalentini hesablaya bilərik:

$$k = \frac{(mc_1 + Mc_2)(t_2 - t_1)}{IU\tau} \quad (4)$$

İŞİN GEDİŞİ

1. Şəkildə göstərilmiş elektrik dövrəsini qurmalı.
2. Kalorimetrin daxili qabının qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsini (M) tərəzidə tə'yin etməli.
3. Kalorimetrin daxili qabına spirali örtə biləcək miqdarda su töküb, suyun kütləsini (m) tapmalı.
4. Kalorimetrin daxili qabını su ilə birlikdə kalorimetərə qoymalı və sistemin ilk temperaturunu (t_1) ölçməli.
5. Sonra açarı qapayıb, R-reostatu ilə dövrədə cərəyanı tənzim edib, saniyəölçəni işə salmalı.
6. Dövrədəki cərəyan şiddətini (I) və spiralın uclarındakı potensiallar fərqi (U) ölçməli.
7. Təcrübə müddətində cərəyan şiddətini sabit saxlamaqla, termometrin göstərişi $4-5^{\circ}\text{S}$ artdıqda dövrəni açmalı və cərəyanın keçmə müddətini τ qeyd edib, saniyəölçəni dayandırmalı. Qarışdırıcı ilə bir müddət suyu qarışdırdıqdan sonra termometrin göstərişini (t_2) qeyd etməli.
8. Kalorimetrin daxili qabının və ondakı mayenin xüsusi istilik tutumlarını (c_1 və c_2) cədvəldən götürməli.
9. Təcrübə zamanı tapılan qiymətləri (4) ifadəsində yazıb, elektrik enerjisinin istilik ekvivalentini (k) hesablamalı.
10. Təcrübəni üç dəfə təkrar edib, k -nin orta qiymətini tapıb mütləq və nisbi xətalari hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 12

ELEKTRONUN XÜSUSİ YÜKÜNÜN TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

iki elektrodlu lampə, alçaq və yüksək omlu reostat, sabit cərəyan mənbəyi, ampermetr, voltmetr, açar, birləşdirici naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Metal daxilindəki sərbəst elektronlar həmişə nizamsız istilik hərəkətindədirlər. Onların belə nizamsız hərəkətinə baxmayaraq adi şəraitdə bu elektronlar metalı tərk edə bilmirlər. Çünki metal daxilindən sərbəst elektronların çıxmasına mane olan müəyyən qüvvələr mövcuddur. Metaldakı elektronların yalnız kinetik enerjisi çox olanları həmin cazibəyə üstün gələrək metalı tərg edə bilər. Metallı tərg edən elektronlar metalın səthində induksiya edilmiş müsbət yüklər yaradır və nəticədə metal ilə elektron arasında cazibə qüvvəsi yaranır ki, bu da elektronun metaldan uzaqlaşmasına mane olur. Nəticədə metalın səthi yaxınlığında „*elektron buludu*” əmələ gəlir. *Elektron buludu* „metaldan çıxmağa çalışan elektronlara maneçilik göstərərək onları yenidən metalın səthinə qaytarmağa çalışır. Bunun nəticəsində metalın səthində bir növ elektrik kondensatoru yaranır. Deməli *elektroların metalı tərk etməsi üçün bu qüvvələrə qarşı müəyyən A işi görülməlidir. Bu görülmə işi, elektronun metaldan xaricə çıxış işi deyildir.*

Elektron yüklü zərrəcik olduğundan, çıxış işinin olması göstərir ki, metalın səth təbəqəsində *elektrik sahəsi* mövcuddur və bu səth təbəqəsindən elektron keçdikdə sahənin potensialı müəyyən ϕ kəmiyyəti qədər dəyişir. Bəzən bu kəmiyyətə çıxış potensialı da deyilir və çıxış işi ilə aşağıdakı münasibətlə bağlıdır:

$$A = e\phi$$

(1)

burada e - elektronun yüküdür.

Elektron nəzəriyyəsindən alınır ki, elektronun metal daxilindəki kinetik enerjisi potensial çəpərin dərinliyindən kiçik olarsa belə elektron metalı tərg edə bilmir. Elektronun kinetik enerjisi potensial çəpərin hündürlüyündən böyük olduqda isə elektron metaldan kənara çıxır. Elektronun metaldan kənara çıxması şərti

$$\frac{1}{2}mv^2 \geq e\phi \quad (2)$$

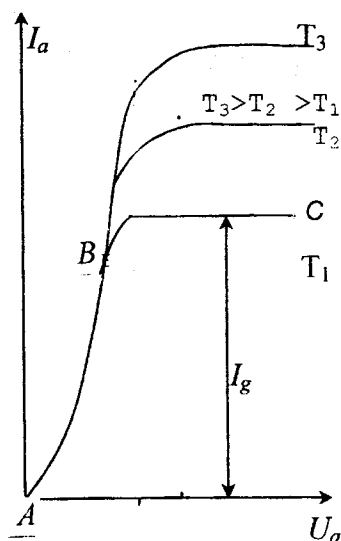
olar, burada m elektronun kütləsi, v onun sürətidir. Çıxış işi adətən eV (elektron Voltla) ölçülür. Metallar üçün çıxış işi bir neçə eV tərtibindədir.

Elektronun metaldan çıxış işi metalın növündən, onun strukturundan və həmçinin metalın səthinə çəkilən örtükdən də asılıdır. Elektronun metaldan xaricə çıxması üçün ona əlavə enerji vermək lazımdır. Bu enerji elektrona müxtəlif yollarla: metalın səthinə işıqlandırmaqla, metalı qızdırmaqla və s. yollarla verilir. Mə'lumdur ki, elektronun kinetik enerjisi temperaturdan asılıdır. Metalın temperaturunu artırıqda sərbəst elektronların kinetik enerjiləri artır və bu enerji çıxış işindən böyük olduqda elektronlar metalın səthinə tərk edib, ondan uzaqlaşır.

Metali qızdırdıqda elektronların metalı tərk etməsi hadisəsi termoelektron emissiya hadisəsi adlanır.

Termoelektron emissiya hadisəsinin tətbiqinə aid ən əyani misal *iki elektrodlu elektron lampasıdır*. İki elektrodlu elektron lampası (*diod*) havası sorulmuş şüşə balondan və onun içərisində yerləşmiş iki elektrod-*anod* və *katoddan* ibarətdir. Diod bir tərəfli keçiriciliyə malik olduğu üçün ondan dəyişən cərəyanı düzləndirməkdə istifadə olunur. Belə iki elektrodlu lampa həmçinin *kenetron* da adlanır.

İki elektrodlu elektron lampasında anod cərəyanının anod gərginliyindən asılılığı lampanın Volt-Amper-xarakteristikası adlanır. Elektron lampasının Volt-Amper-xarakteristikası qeyri-xəttidir (şəkil 1).



Şəkil 1

Xarakteristikadakı qeyri-xəttilik anod və katod arasındakı fəzada yaranan fəza yükləri (həcmi) ilə bağlıdır. Xarakteristikanın BC hissəsinə uyğun gələn cərəyan doyma cərəyanı adlanır. Yəni katodu vahid zamanda tərk edən elektronların hamısı anod üzərinə düşərək cərəyan yaradır və doyma halı alınır. Doyma cərəyanının qiymətini artırmaq üçün közərmə telinin temperaturunu artırmaq yəni katoddan çıxan elektronların sayını artırmaq lazımdır.

Ədəbiyyatdan məlumdur ki, anod dövrəsindəki cərəyan şiddəti anod gərginliyinin $3/2$ dərəcəsi ilə mütənasibdir, yə'ni:

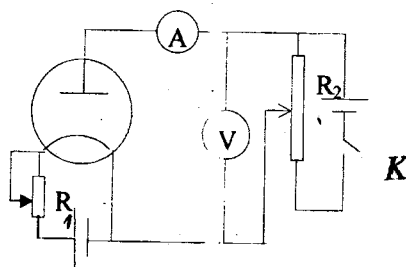
$$I = CU^{3/2} \quad (3)$$

burada C-mütənasiblik əmsalı olub, elektrodların ölçüsündən və formasından asılıdır. Yuxarıdakı (3) ifadəsi $3/2$ qanunu adlanır. Elektrodları koaksial silindr formalı olan iki elektrodlu elektron lampası üçün:

$$C = \frac{2\sqrt{2}}{9} \cdot \frac{l}{r\beta^2} \cdot \sqrt{\frac{e}{m}} \quad (4)$$

burada, $\frac{e}{m}$ -elektronun xüsusi yükü, r -anodun radiusu, l -katodun uzunluğu, β^2 -anodun radiusunun katodun uzunluğuna olan nisbətindən asılı kəmiyyətdir. Laboratoriya işində istifadə olunan 2LQ2C tipli lampa üçün $r = 0,95cm$, $\beta^2 = 0,98$, $l = 0,9cm$ götürməli.

2-ci şəkildə göstərilən ölçü sxemindən istifadə edərək elektronun xüsusi yükünü təyin etmək olar (şəkil 2).



Şəkil 2.

İŞİN GEDİŞİ

1. Sxemə uyğun olaraq elektrik dövrəsini yığıb, R_1 -reostatının köməyi ilə közərmə teli cərəyanının $I_k = 1,4A$ qiymətini qoyub, lampanın normal közərməsinə nail olmalı. Anod gərginliyini R_2 -reostatı ilə $U_a = 0 \div 300B$ intervalında dəyişməklə anod cərəyanını Amperlə, və ona uyğun anod gərginliyini Voltla ölçməli.

2. Alınan nəticələrə görə $I_a = f(U_a)$ asılılığını qurmalı. Bu asılılıq qeyri xətti olacaqdır.
3. Lampanın közərmə telində idarə olunan cərəyanın $I_k = 1,4 A$, $I_k = 1,5 A$, $I_k = 1,75 A$ qiymətlərində $I_a = f(U_a)$ asılılıqlarını qurub qrafikdən doyma cərəyanını təyin etməli.
4. Közərmə teli cərəyanının müxtəlif qiymətləri üçün $I_a = f\left(U_a^{\frac{3}{2}}\right)$ asılılığını qurub, qrafikdəki düz xəttin meyl bucağının tangensini təyin etməli. Bu bucağın tangensi həmçinin C -sabitinə bərabərdir ($C = \tan\varphi$). C -sabitini bilərək (4) ifadəsinə görə elektronun xüsusi yükünü ($\frac{e}{m}$ - nisbətini) hesablamalı.
5. Közərmə teli cərəyanının müxtəlif qiymətləri üçün alınan nəticələrə görə elektronun xüsusi yükü üçün orta qiymət təyin edib təcrübənin nisbi və mütləq xətlərini hesablamalı.
6. Alınan nəticələri nəzəri nəticələrlə müqayisə etməli.

DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Harmonik qanun ilə dəyişən elektrik hərəkət qüvvəsinin təsirilə yaranan cərəyan dəyişən cərəyan adlanır. Praktikada bir sıra hallarda daha mürəkkəb şəkilli rəqslərə də təsadüf olunur. Ancaq istənilən qeyri-sinusoidal rəqsi sinusoidal harmonik rəqslərin cəmi şəklində ifadə etmək olar. Məhz bu baxımdan harmonik rəqslərin öyrənilməsi daha məqsədəuyğundur. Bu məqsədlə mənbənin elektrik hərəkət qüvvəsi harmonik qanunla dəyişən elektrik dövrəsini nəzərdən keçirək. Belə dövrlərdə dəyişən cərəyan yaranır. Bu zaman dövrdə baş verən prosesləri öyrənmək məqsədilə aşağıdakı hallara baxaq.

1. Dəyişən cərəyan dövrəsində omik müqavimət. Tutaq ki, dəyişən cərəyan mənbəyi induktivliyi və tutumu nəzərə alınmayacaq dərəcədə çox kiçik olan r – müqavimətli işlədiciyə qoşulmuşdur. Bu halda dövrdə cərəyan şiddətinin dəyişmə qanunu

$$i = i_0 \sin \omega t \quad (1)$$

şəklində olsun. Burada i_0 – cərəyanın amplitud qiyməti, ω – onun dairəvi tezliyidir. Belə dövrdə cərəyan şiddəti və gərginlik arasında asılılığı müəyyən edək. Bu məqsədlə dövrəyə qoşulmuş r müqavimətinin uclarında gərginliyin hansı qanunla dəyişdiyini tapaq. Dövrənin bu hissəsinə Om qanununu tətbiq etsək onda:

$$U = i_0 r \sin \omega t = U_0 \sin \omega t \quad (2)$$

alırıq. Yəni dəyişən cərəyan dövrəsində müqavimət olan halda gərginlik rəqsləri də sinus qanunu ilə dəyişir. Başqa

sözle cərəyan və gərginliyin rəqsləri arasındakı faza fərqi sıfıra bərabər olur. Onların hər ikisi eyni vaxtda ən böyük və ən kiçik qiymətə malik olur. Bu halda gərginliyin maksimum qiyməti

$$U_0 = i_0 r \quad (3)$$

olar.

2.Dəyişən cərəyan dövrəsində tutum. Fərz edək ki, omik müqaviməti və induktivliyi nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olan dövrəyə tutumu C – olan kondensator daxil edilmişdir. Sadəlik üçün fərz edək ki, cərəyan şiddəti sinus qanunu ilə dəyişir. Bu halda kondensatorun lövhələri arasındakı gərginliyin hansı qanunla dəyişdiyinə baxaq.

Kondensator q yükü ilə yükləndikdə onun lövhələri arasında

$$U = \frac{q}{C}$$

potensiallar fərqi yaranır. Cərəyan şiddətinin tərifinə görə:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Buradan $dq = idt$ olduğunu nəzər alsaq, onda

$$q = \int_0^t idt = \int_0^t i_0 \sin \omega t dt = -\frac{i_0}{\omega} \cdot \cos \omega t .$$

Onda lövhələr arasındakı gərginlik üçün

$$U = -\frac{i_0}{\omega C} \cos \omega t = \frac{i_0}{\omega C} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (4)$$

alınar. (4) ifadəsindən görünür ki, dövrədə cərəyanın rəqsləri sinusoidal qanunla dəyişdikdə, bu halda kondensatorun lövhələri arasında potensiallar fərqi də sinus qanunu ilə dəyişir, ancaq bu halda cərəyan və gərginlik rəqsləri arasında fazalar fərqi yaranır. Kondensatorda gərginlik

rəqsləri cərəyanın rəqslərindən fazaca $\frac{\pi}{2}$ qədər geri qalır.

Alınan nəticə sadə fiziki mə'naya malikdir. Kondensatorda gərginliyin hər hansı andakı qiyməti onun mövcud yükü ilə təyin olunur. Bu yükü isə rəqsin əvvəlki mərhələsində dövrədən axan cərəyan əmələ gətirir. Ona görə də gərginliyin rəqsləri cərəyanın rəqslərinə nisbətən geri qalır. (4) ifadəsindən görünür ki, kondensatorda gərginliyin amplitudu aşağıdakına bərabərdir:

$$U_0 = i_0 \cdot \frac{1}{\omega C}$$

Bu ifadəni sabit cərəyan üçün Om qanununun ifadəsi ($U = iR$) ilə müqayisə etdikdə aydın olur ki, $\frac{1}{\omega C}$ müqavimət rolunu oynayır. Ona görə də:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (5)$$

ifadəsinə kondensatorun zahiri müqaviməti və ya tutum müqaviməti adı verilmişdir. Əgər C -ni Faradlarla, ω -nı san^{-1} -lə ifadə etsək onda X_C - Omlarla ifadə olunur.

3. Dəyişən Cərəyan dövrəsində induktivlik. Fərz edək ki, dəyişən cərəyan dövrəsinin baxılan hissəsində induktivliyi L olan sarğac vardır. Dövrədən dəyişən cərəyan keçdikdə sarğacda öz-özünə induksiya elektrik hərəkət qüvvəsi yaranır. Belə dövrəyə Om qanununu tətbiq etsək alarıq:

$$U = ir - \varepsilon,$$

burada r -dövrənin aktiv müqaviməti, ε -özünə induksiya e.h.q.-dir. Baxılan halda $r = 0$ və özünə induksiya e.h.q.-nin

$$\varepsilon = -L \frac{di}{dt}$$

olduğunu nəzərə alsaq, onda sarğacın uclarındakı potensiallar fərqi üçün $U = L \frac{di}{dt}$ ifadəsini alarıq. Dövrədəki

cərəyan şiddətinin $i = i_0 \sin \omega t$ qanunu ilə dəyişdiyini nəzərə alsaq, onda

$$U = i_0 \omega L \cos \omega t = i_0 \omega L \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (6)$$

olar. Yəni dəyişən cərəyan dövrəsində induktiv sargıac olan halda gərginlik rəqsləri cərəyan rəqslərini fazaca $\frac{\pi}{2}$ qədər qabaqlayır. Dövrədə cərəyan şiddəti sinusoidal qanunla artaraq sıfırdan keçdikdə, müqavimət və ya induktiv gərginlik maksimuma çatır və sonradan azalaraq cərəyan şiddəti maksimum olduqda isə gərginlik sıfıra bərabər olur. (6) ifadəsindən görünür ki, bu halda gərginliyin maksimumu qiyməti (amplitudu)

$$U_0 = i_0 \omega L \quad (7)$$

olar. Əgər (7) ifadəsini dövrə hissəsi üçün Om qanununun ifadəsi ilə müqayisə etdikdə görürük ki, ωL kəmiyyəti dövrə hissəsinin müqaviməti rolunu oynayır:

$$X_L = \omega L \quad (8)$$

Ona görə də X_L -ə *zahiri müqavimət* və ya *induktiv müqavimət* deyilir. İnduktiv müqavimət qurğularda drossel kimi istifadə olunur. Drossel dəyişən cərəyan dövrəsində işlədilən dəmir içlikli və ya içliksiz sargıdan (makaradan) ibarətdir. Bu cür müqavimətin üstünlüyü ondadır ki, belə müqavimətdə dəyişən cərəyan dövrəsində Coul - Lens istiliyi ayrılır və enerji məsrəfsiz istifadə olunmur. Drossel dəyişən cərəyan müqavimət göstərdiyi üçün o, həmçinin dəyişən və sabit cərəyanları bir-birindən ayırmaqda istifadə olunur.

Adətən harmonik dəyişən kəmiyyətləri vektor diaqramında ifadə edirlər. Dəyişən cərəyan rəqslərini vektor diaqramında ifadə etmək üçün cərəyan oxundan istifadə olunur. Bu halda cərəyan oxu OX-oxu istiqamətində yönəldilir. Yuxarıda alınmış nəticələri vektor diaqramı ilə ifadə etmək.

Aydındır ki, dövrədə Omik müqavimət olan halda gərginlik rəqslərini göstərən vektor cərəyan oxu boyunca yönələr və bu vektorun uzunluğu $U_0 = i_0 r$ olar. Dövrədə kondensator olan halda gərginlik rəqsləri cərəyan rəqslərindən fazaca $\frac{\pi}{2}$ qədər geri qalır. Bu halda gərginlik

rəqslərini xarakterizə edən vektorun uzunluğu $U_0 = \frac{i_0}{\omega C}$ olar. Dövrədə induktiv sargac olan halda isə gərginlik rəqslərini göstərən vektorun uzunluğu $U_0 = i_0 \omega L$ -ə bərabər olub cərəyan rəqslərini $\frac{\pi}{2}$ qədər qabaqlayır.

Alınan nəticələrdən istifadə edərək omik müqavimət, tutum və induktivlikdən ibarət olan dövrənin ümumi müqavimətini tapmaq olar. Tutaq ki, bu elementlər ardıcıl birləşdirilib. Bu halda vektorların toplanma qaydasından istifadə etsək yekun vektorun amplitudunu tapmaq olar.

$$U_0 = i_0 \sqrt{r_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \quad (7)$$

Bu ifadə dəyişən cərəyan üçün Om qanununun riyazi ifadəsidir.

Dövrədəki r_0 -omik müqaviməti aktiv müqavimət, tutum və induktiv müqavimətlər isə **reaktiv müqavimət** adlanır. Bu müqavimətlər dəyişən cərəyanın istilik təsirinə görə bir birindən fərqlənirlər. Reaktiv müqavimətdən dəyişən cərəyan keçdikdə həmin hissədə Coul-Lens istiliyi ayrılır, aktiv müqavimətdə isə ayrılır.

ÇALIŞMA 1

DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ İNDUKTİV MÜQAVİMƏTİN TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

dəyişən cərəyan mənbəyi, LATR, induktiv sarğac, ampermetr, voltmetr, çevirici açar, reostat, birləşdirici naqillər

İŞİN GEDİŞİ

Sarğac kardon və ya ağac karkas üzərinə sarınmış çoxlu sarğılardan ibarətdir. Sabit cərəyan dövrəsinə daxil edilmiş belə sarğacın müqaviməti onun formasından asılı olmayıb, yalnız hazırlandığı naqilin həndəsi ölçülərindən və onun xüsusi müqavimətindən asılıdır. Naqillərin belə müqaviməti **omik müqavimət** adlanır. Dövrəyə qoşulmuş sarğacdən dəyişən cərəyan keçdikdə onun ətrafında dəyişən maqnit sahəsi yaranır. Bu sahənin yaratdığı maqnit seli sarğacı kəsdiyindən sarğacda həm də dəyişən e.h.q. yaranır. Nəticədə sarğacın ümumi müqaviməti onun omik müqavimətindən kifayət qədər böyük olur.

Dəyişən cərəyan dövrəsinə omik müqaviməti r_0 və induktivliyi L olan sarğac daxil edilərsə belə dövrənin müqaviməti

$$Z = \sqrt{r_0^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{r_0^2 + X_L^2} \quad (1)$$

olar. Burada X_L – sarğacın induktiv müqaviməti olub, $X_L = \omega L$ -ə bərabərdir (harada ki, $\omega = 2\pi\nu$). Məişətdə istifadə olunan dəyişən cərəyan üçün $\nu = 50$ hs qəbul olunmuşdur. Bu halda dövrədəki cərəyan şiddətinin effektiv qiyməti Om qanununa görə

$$I_{ef.} = \frac{U_{ef.}}{\sqrt{r_0^2 + X_L^2}} \quad (2)$$

ifadəsi ilə hesablanır.

Dövrədən sabit cərəyan axdıqda ($\omega = 0$ olduğu üçün) $X_L = 0$ olar və induktiv müqavimət müşahidə olunmaz. (1) ifadəsindən sarğacın induktivliyi üçün alırıq:

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - r_0^2}}{\omega}. \quad (3)$$

(3) ifadəsindən görünür ki, sarğacın induktivliyini tapmaq üçün sarğacın omik müqavimətini (r_0) və tam müqaviməti (Z) və dəyişən cərəyanın dairəvi tezliyini (ω) bilmək lazımdır. Sarğacın omik müqaviməti dövrədən sabit cərəyan axdıqda, cərəyan şiddətini (I_{sab}) və sarğacın uclarındakı potensiallar fərqi (U_{sab}) ölçməklə Om qanununa görə

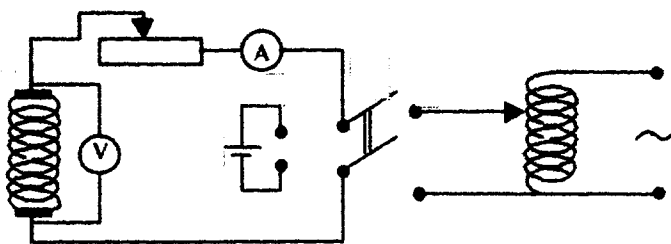
$$r_0 = \frac{U_{\text{cafi.}}}{I_{\text{cafi.}}}. \quad (4)$$

ifadəsi ilə təyin olunur. Dövrədən dəyişən cərəyan keçdikdə dövrənin tam müqavimətini dövrədəki cərəyan şiddətinin və gərginliyin effektiv qiymətini ölçüb aşağıdakı ifadə ilə hesablamaq lazımdır.

$$Z = \frac{U_{\text{ef.}}}{I_{\text{ef.}}}. \quad (5)$$

(4) və (5) ifadələrini (3)-də yerinə yazıb sarğacın induktivliyini hesablamaq olar. İnduktiv müqavimət və sarğacın induktivliyini təyin etmək üçün prinsipial sxemi 1-ci şəkildə verilmiş ölçü sxemindən istifadə olunur. Dövrədəki gərginlik laboratoriya avtotransformatoru ilə idarə olunur. İnduktiv sarğaca ardıcıl qoşulmuş reostat vasitəsilə sarğacdən axan cərəyan idarə olunur.

Şəkil 1.



İş aşağıdakı qaydada yerinə yetirilir

1. Şekildəki elektrik dövrəsini qurmalı.
2. K-çevirici açarı ilə dövrəni əvvəlcə sabit cərəyan mənbəyinə qoşub ampermetr və voltmetrin göstərişinə görə sargacın r_0 omik müqavimətini (4) ifadəsinə görə hesablamalı.
3. K-çevirici açarını ikinci vəziyyətə keçirib, dövrəni dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşub ampermetr və voltmetrin göstərişinə görə dövrənin tam müqavimətini (5) ifadəsinə görə hesablamalı.
4. Alınan nəticələri (3) ifadəsində yerinə yazıb sargacın induktivliyini hesablamalı.

ÇALIŞMA 2

DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ TUTUM MÜQAVİMƏTİNİN TƏYİNİ

İctifadə olunan ləvazimat:

dəyişən cərəyan mənbəyi, LATR, ampermetr, voltmetr, kondensator, reostat, birləşdirici naqillər

İŞİN GEDİŞİ

Dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil edilmiş C tutumlu kondensatorun tutum müqaviməti

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (1)$$

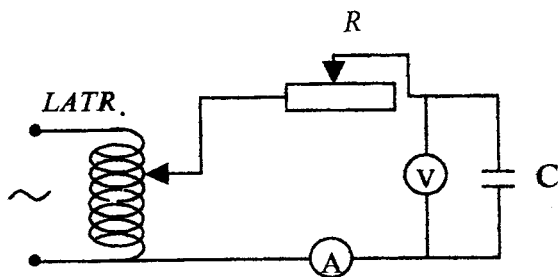
yə bərabərdir. Digər tərəfdən Om qanununa görə kondensatordan dəyişən cərəyan keçdikdə onun tutum müqaviməti

$$X_C = \frac{U_{ef.}}{I_{ef.}} \quad (2)$$

ifadəsi ilə təyin olunur. Bu ifadələrdən kondensatorun tutumu üçün

$$C = \frac{I_{ef.}}{\omega U_{ef.}} \quad (3)$$

ifadəsi alınar. Deməli dəyişən cərəyan dövrəsindəki tutum müqavimətini bilərək dövrəyə qoşulmuş kondensatorun tutumunu da təyin etmək olar. Dəyişən cərəyan dövrəsinə daxil edilmiş kondensatorun tutumunu təyin etmək üçün sxemi 1-ci şəkildə göstərilən elektrik dövrəsindən istifadə etmək olar. Bu halda dövrədəki gərginlik **LATR** – vasitəsilə idarə olunur. Gərginliyi ölçmək üçün istifadə olunan voltmetrin daxili müqaviməti kifayət qədər çox olmalıdır. Ək halda təcrübi xəta böyüyər.



Şəkil 1

Laboratoriya işin aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir.

1. Şəkildəki sxem üzrə dövrə yığmalı.
2. *L.A.T.R.* vasitəsilə gərginliyi artırıb ampermetrin (I_{ef}) və voltmetrin (U_{ef}) göstərişlərini qeyd etməli.
3. Alınan nəticələr əsasında tutum müqavimətini və kondensatorun tutumunu hesablamaq.

ÇALIŞMA 3

DƏYİŞƏN CƏRƏYAN ÜÇÜN OM QANUNUNUN YOXLANILMASI

İstifadə olunan ləvazimat:

Dəyişən cərəyan mənbəyi, LATR, kondensator, induktiv sarğac, reostat, ampermetr, voltmetr birləşdirici naqillər.

İŞİN GEDİŞİ

Laboratoriya işində məqsəd dəyişən cərəyan dövrəsinə ardıcıl qoşulmuş aktiv müqavimət, induktiv sarğac və kondensatordan ibarət dövrə üçün Om qanununu yoxlamaqdır. İşdə

$$Z = \frac{U_{ef}}{I_{ef}} = \sqrt{r_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (1)$$

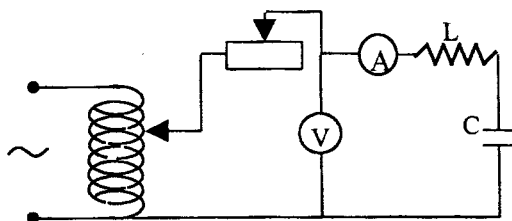
düsturunun doğruluğu yoxlanılır. Bu məqsədlə sxemi 1-ci şəkildə göstərilmiş dövrədən istifadə etmək lazımdır. Dövrə Omik müqaviməti r_0 olan L induktivlikli sarğacdən, C tutumlu kondensatordan, ampermetr, voltmetr, reostat və açardan təşkil olunmuşdur. Voltmetr, kondensator və sarğacın ardıcıl birləşdirilmiş dövrə hissəsinə qoşulmuşdur. Dövrədən dəyişən cərəyan keçərkən ampermetr cərəyan şiddətinin effektiv qiymətini, voltmetr isə hər üç müqavimətdə düşən gərginliyin effektiv qiymətini ölçür. Reostat vasitəsilə müxtəlif müqavimətlər daxil edərək cərəyan şiddəti və gərginliyin müxtəlif qiymətləri üçün ölçmələr aparmaq olar. Bu qiymətləri

$$Z = \frac{U_{ef}}{I_{ef}} \quad (2)$$

ifadəsində yazıb dövrənin tam müqavimətini tapmalı. Həmçinin r_0 , L , C və ω -nın məlum qiymətlərinə görə tam müqaviməti

$$Z = \sqrt{r_0^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (3)$$

ifadəsi ilə hesablamaq olar. Hər iki halda tapılan tam müqavimətlərin bir-birinə yaxın olması dəyişən cərəyan üçün (1) düsturu ilə ifadə olunan Om qanununun doğru olduğunu göstərir.



Şəkil 1

1. Şəkildəki sxemə yığıb elektrik dövrəsini yığıb dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşmalı.
2. LATR vasitəsilə gərginliyi tədricən artırıb cərəyan şiddəti və gərginliyin qiymətlərini qeyd etməli.
3. Ölçmədən alınan nəticələri və r_0 , C , L və ω -nın məlum qiymətlərini uyğun ifadələrdə yazıb bərabərliyi yoxlamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 14

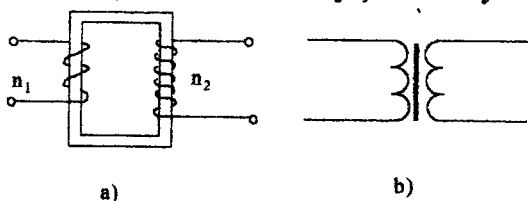
TRANSFORMATORUN İŞ PRİNSİPİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

İstifadə olunan ləvazimat:

tədqiq olunan transformator, reostat, dəyişən cərəyan üçün ampermetr və voltmetr, LATR, açar, birləşdirici naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏLUMAT

Dəyişən cərəyanı artırıb azaltmaq üçün transformatoradlanan qurğudan istifadə olunur. Transformator gücü sabit saxlamaqla gərginliyi və cərəyan şiddətini dəyişmək üçün işlədilən cihazdır. Onun yumşaq dəmirdən (ferromaqnitdən) hazırlanmış qapalı içliyi var. İçliyin üzərinə sarğılarının sayı müxtəlif olan iki dolaq geydirilir. Dolaqlardan biri dəyişən cərəyan mənbəyinə



Şəkil 1.

(buna qidalandırıcı deyilir), digəri isə elektrik işlədicilərinə qoşulur (şəkil 1).

Transformatorun iş prinsipi elektromaqnit induksiya hadisəsinə əsaslanır. Dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulan birinci dolaqdan cərəyan keçdikdə dəyişən maqnit seli yaranır. Birinci dolaqda yaranan maqnit seli dəmir içlik vasitəsilə ikinci dolağa ötürülür. Dəmir içlik maqnit selini maqnit nüfuzluğu μ dəfə gücləndirir. Ona görə də hər iki dolağın hər bir sarğısında

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

induksiya e.h.q. yaranır. Burada $\Phi = \Phi_0 \cos \omega t$ dəyişən maqnit selidir. Dolaqlarda yaranan tam induksiya e.h.q. onlardakı sarğıların sayı ilə mütənəsibdir:

$$\varepsilon_1 = -n_1 \frac{d\Phi}{dt} = n_1 \varepsilon_0 \sin \omega t$$

$$\varepsilon_2 = -n_2 \frac{d\Phi}{dt} = n_2 \varepsilon_0 \sin \omega t$$

Sadələşmə aparsaq onda rlarıq:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2)$$

Transformatorun dolaqlarına tam dövrə üçün Om qanununa tətbiq edək.

$$U_1 + \varepsilon_1 = I_1 R_1; \quad U_2 + \varepsilon_2 = I_2 R_2$$

$$U_1 = I_1 R_1 - \varepsilon_1 = I_1 R_1 + n_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

$$U_2 = I_2 R_2 - \varepsilon_2 = I_2 R_2 + n_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Burada U_1, U_2 və R_1, R_2 uyğun olaraq birinci və ikinci dolaqlardakı gərginlik və dolaqların müqavimətləridir. Transformatorun ikinci dolağı açıq olduqda cərəyan keçmir və $I_2 = 0$ -dır. Birinci dolaqdakı $I_1 R_1$ gərginlik düşküüsü isə bir qayda olaraq ε_1 -dən kiçik olur: $I_1 R_1 \ll \varepsilon_1$. Bunları nəzərə aldıqda (4) ifadələri

$$U_1 = n_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad U_2 = n_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (4)$$

şəklini alır. Bunları tərəf-tərəfə bölsək, onda alırıq:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (5)$$

Burada $k = \frac{n_1}{n_2}$ nisbəti transformatorun transformasiya

əmsalı adlanır. Əgər $n_1 < n_2$ və $k < 1$ olarsa transformator *yüksəldici*, $n_1 > n_2$ və $k > 1$ olduqda isə transformator *alçaldıcı* olur.

Praktikada çox vaxt transformatorun birinci dolağının bir hissəsi ikinci dolaq kimi və ya əksinə, ikinci dolağın bir hissəsi birinci dolaq kimi istifadə olunur. Belə transformatora *avtotransformator* və ya *LATR* deyilir. Onun bir kontaktı mütəhərrik götürülür. Kontaktı sürüşdürməklə çıxış gərginliyini arasıkəsilmədən dəyişmək və gərginliyi idarə etmək olur.

Transformatorada adətən hərəkət edən heç bir hissə, detal olmadığı üçün enerji itkiləri azdır. Başlıca enerji itkisi dolaqlardan cərəyan keçərkən Coul-Lens istiliyinin ayrılmasıdır. Transformatorun qızmasının qarşısını almaq üçün neft mənşəli müxtəlif yağlardan (transformator yağlarından) istifadə olunur. Fərz edək ki, transformatorun birinci və ikinci dolaqlarındakı gərginliklər və cərəyan şiddətləri U_1, U_2 və I_1, I_2 -dir. Onda birinci dolağa verilən güc $P_1 = I_1 U_1$, ikinci dolağın çıxışındakı güc isə $P_2 = I_2 U_2$ olacaq. Transformatorada müəyyən enerji itkisi baş verdiyi üçün həmişə $P_2 < P_1$ -dir.

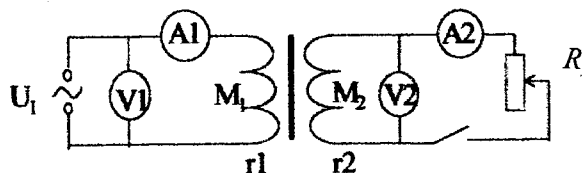
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1} \quad (6)$$

nisbəti transformatorun f.i.ə. adlanır.

Adətən itki az olduğu üçün transformatorların faydalı iş əmsalı vahidə yaxın olur.

İŞİN GEDİŞİ

1. Şekildəki sxemi yığmalı və $R_{y\ddot{u}k}$ müqavimətini



maksimuma qoymaq.

2. Birinci dolağı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşaraq ampermetrin və voltmetrin göstərişlərini (I_1, U_1) və həmçinin ikinci dolaq üçün I_2 və U_2 -ni qeyd etməli.
3. U_1 və U_2 -nin təcrübədən alınan qiymətlərini (6)-da yazaraq transformasiya əmsallarını hesablamaq.
4. I_1, I_2, U_1, U_2 -nin qiymətlərini (6) ifadəsində yazıb f.i.ə.-ni hesablamaq.

LABORATORİYA İŞİ № 15

MİKROSKOP VASİTƏSİ İLƏ ŞÜŞƏ LÖVHƏNİN SINDIRMA ƏMSALININ TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

mikroskop, mikrometr, üzərində cizgi xətti olan və olmayan şəffaf şüşə lövhələr.

QISA NƏZƏRİ MƏ'LUMAT

Təcrübə göstərir ki, işıq şüası optik sındırma əmsalları fərqli olan iki mühiti ayıran sərhəddən keçərkən (məsələn havadan şüşəyə keçdikdə) düşmə istiqamətinin dəyişməsi hadisəsi müşahidə olunur. Bu hadisə optikada işığın sınması hadisəsi adlanır.

Sınma qanunları aşağıdakı kimi ifadə olunur:

1. Düşən şüa, sınan şüa və düşmə nöqtəsində iki mühiti ayıran sərhəddən qaldırılmış perpendikulyar bir müstəvi üzərində yerləşir.

2. Düşmə bucağının sinusunun sınma bucağının sinusuna olan nisbəti verilmiş iki mühit üçün sabit kəmiyyət olub, ikinci mühitin birinci mühitə nisbətən sındırma əmsalına bərabərdir.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21} \quad (1)$$

burada, n_2 -ikinci mühitin, n_1 -birinci mühitin çındırma əmsalı, n_{21} – isə uyğun olaraq ikinci mühitin birinci mühitə nəzərən nisbi sındırma əmsalı adlanır. Mühitin vakuumu nəzərən sındırma əmsalı isə *mütləq sındırma əmsalı* adlanır.

Nyutonun korpuskulyar nəzəriyyəsi işığın qayıtma qanunlarını izah etsə də sınma qanunlarını izah edə bil-

mir. Hüygensin dalğa nəzəriyyəsi isə bu hadisəni daha dəqiq izah edir. Bu nəzəriyyəyə görə mühitin mütləq sındırma əmsalı işığın yayıldığı mühitlərdəki sür'ətlərinin nisbəti ilə təyin olunur. Mühitin mütləq sındırma əmsalı işıq şüasının yayılma sürətinin hər hansı mühitdə vakuumdakına nisbətən nə qədər azaldığını xarakterizə edir:

$$n = \frac{c}{v} \quad (2)$$

burada c - işığın vakuumda, v - isə mühitdə yayılma sür'ətləridir.

Bir mühitin mütləq sındırma əmsalının digər mühitin mütləq sındırma əmsalına olan nisbəti isə nisbi sındırma əmsalı adlanır:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (3)$$

Onda işığın sınma qanunundan alarıq ki,

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} \quad (4)$$

(4) ifadəsindən görünür ki, işıq şüasının bir mühitdən digərinə keçdikdə sınmasına səbəb müxtəlif mühitlərdə işıq şüasının müxtəlif sür'ətlərlə yayılmasıdır.

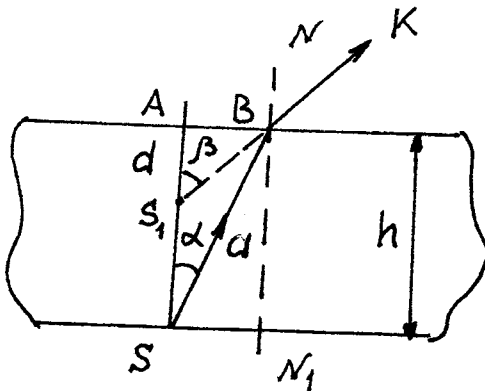
İşıq şüasının kiçik sür'ətlə yayıldığı mühit optik sıxlığı böyük olan mühit, böyük sür'ətlə yayıldığı mühit isə optik sıxlığı kiçik olan mühit adlanır.

Sındırma əmsalı mühitlərin təbiətindən və işığın dalğa uzunluğundan asılıdır. Şəffaf mühit üçün sındırma əmsalının düşən işığın dalğa uzunluğundan asılılığı aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} \quad (5)$$

burada A , B , C verilən maddə üçün xarakterik sabitlərdir. (5) ifadəsindən görünür ki, dalğa uzunluğu artdıqca mühitin sındırma əmsalı azalır. Məsələn, qırmızı işıq dalğa uzunluğu bənövşəyi işığın dalğa uzunluğundan böyük olduğu üçün qırmızı işıq üçün işığın sındırma əmsalının qiyməti bənövşəyi işıq üçün olan qiymətdən kiçikdir.

Maddənin sındırma əmsalını təyin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Onlardan ən çox tətbiq olunanı mikroskop vasitəsilə şüşənin sındırma əmsalının təyini üsuludur. Bu üsulun əsasını şəffaf lövhəyə perpendikulyar istiqamətdə mikroskopla baxdıqda səthə düşən işıq şüasının sınması nəticəsində onun qalınlığının mövhumu dəyişməsi təşkil edir (şəkil 1).



Şəkil 1.

Mikroskopla şəffaf şüşənin sındırma əmsalını

tə'yin etmək üçün cizgilənmiş şüşə mikroskopun lövhəsi üzərinə qoyulur və mikroskop fokusa gətirilərək cizginin aydın xəyalı alınır. Sonra sındırma əmsalı tə'yin olunacaq müstəvi şəffaf şüşə lövhə cizgilənmiş lövhənin üzərinə qoyulur və cizginin aydın xəyalını almaq üçün mikroskopun tubusu yuxarı qaldırılır. Bu zaman xəttin aydın xəyalı əvəzinə onun əvvəlki yerindən bir qədər yuxarıda mövhumı xəyalı alınır. Xəyalın əvvəlki yeri ilə sonrakı yeri arasında a məsafəsi qədər yerdəyişmə alınır. Bu yerdəyişmənin qiyməti maddənin qalınlığından və onun sındırma əmsalından asılıdır. M -nöqtəsindən baxan müşahidəçiyə görə S nöqtəsinin xəyalı S_1 nöqtəsində görünür və S nöqtəsi yerini $S_1, S=a$ qədər yerini dəyişər. Onda sınma qanununa görə yazı bilərik:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}$$

Buradan

$$n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \quad (6)$$

$$\Delta BS_1A \text{ -dan} \quad \sin \beta = \frac{AB}{BS_1}, \Delta BSA \text{ -dan} \quad \text{isə}$$

$\sin \alpha = \frac{AB}{BS}$ alınır. $\sin \alpha$ və $\sin \beta$ -nin qiymətlərini (6) ifadəsində yerinə yazsaq, onda alırıq ki,

$$n = \frac{BS}{BS_1} \quad (7)$$

A və B nöqtələri arasındakı məsafənin kifayət qədər kiçik olduğunu nəzərə alsaq, onda

$$BS = AS = d \text{ və } BS_1 = AS_1 = d - a \quad (8)$$

əvəzləməsindən sonra (7) və (8) ifadələrinin müqayisəsindən alırıq ki,

$$n = \frac{d}{d - a} \quad (9)$$

Yə'ni d -ni və a -nı bilməklə müstəvi şəffaf lövhənin sındırma əmsalını təyin etmək olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Üzərinə cizgi çəkilmiş şəffaf şüşə lövhə mikroskopun cisim masası üzərinə qoyularaq aşağıdan işıqlandırılmalı.
2. Mikroskopun tubusunu hərəkət etdirərək cizginin aydın xəyalını almalı və tubusun vəziyyətini qeyd etməli.
3. Sındırma əmsalı təyin olunacaq şüşə lövhənin qalınlığı mikrometrlə təyin olunduqdan sonra üzərində cizgisi olan şüşə lövhə üzərinə qoyulmalı.
4. Addımı 0,001 mm olan mikrometrik vinti fırladaraq cizginin aydın xəyalını almalı və tubusun bu vəziyyətini qeyd etməli.
5. Tubusun yerdəyişməsini $a = N \cdot 0,001 \cdot 50 = 0,05 N$ (nm) ifadəsi ilə hesablamalı. Burada N - mikrometrik vintin dövrləri sayıdır.
6. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edib, (9) ifadəsinə görə şüşənin sındırma əmsalının qiymətini, sonra isə alınan nəticələrə görə orta qiymətini təyin edib, təcrübənin nisbi və mütləq xətələrini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ 16

DİFRAKSİYA QƏFƏSİ VASİTƏSİLƏ İŞIĞIN DALĞA UZUNLUĞUNUN TƏ'YİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

*difraksiya qəfəsi, optik stol, ortasında kiçik yarığı
olan
millimetr bölgülü xətkəş, işıq mənbəyi, ölçü xətkəsi.*

QISA NƏZƏRİ MƏ'LUMAT

İşıq şüalarının dalğa təbiətli olması hadisəsini təsdiq edən hadisələrdən biri də işığın difraksiyasıdır. *İşıq şüalarının, qeyri-şəffaf maneəyə rast gəldikdə öz düzxətli yayılma istiqamətindən meyl etməsi hadisəsi işığın difraksiyası adlanır.* Huygens işıq dalğalarının difraksiyasını izah etmək üçün bir prinsip irəli sürmüşdür. Bu prinsipə görə dalğanın yayıldığı mühitdə dalğa cəbhəsinin çatdığı hər bir nöqtə elementar yarımsferik dalğaların mənbəyi olur. Hər bir anda bu sferik səthlərə toxunan səth dalğa cəbhəsinin həmin andakı vəziyyəti olacaqdır. Lakin sırf həndəsi xarakter daşıyan bu prinsip vasitəsilə rəqsin müəyyən müşahidə nöqtəsində rəqsin amplitudunu tapmaq mümkün deyil. Frenel Huygens prinsipini «ikinci dalğaların interferensiyası» anlayışı ilə tamamlayaraq həm ikinci dalğaları bürüyən səthin dalğa cəbhəsinin fiziki mənasını aydınlaşdırmağa, həm də difraksiya hadisəsini izah etməklə işığın düzxətli yayılmasının dalğa prosesinin xüsusi halı olduğunu izah etmişdir.

Paralel şüaların qarşısına olduqca sıx paralel yarıqları olan, qeyri - şəffaf cisim qoyduqda difraksiya mənzərəsi daha aydın müşahidə olunur. Bu məqsədlə difraksiya qəfəsindən istifadə olunur. Difraksiya qəfəsi bir-birindən eyni uzaqlıqda və eyni müstəvidə yerləşmiş çoxlu

sayda parallel yarıqlar sistemidir. Difraksiya qəfəsini şüşədən də düzəltmək olar. Bu məqsədlə şəffaf şüşə lövhə üzərinə bir-birindən çox yaxın, eyni məsafədə yerləşmiş parallel cizgilər çəkmək lazımdır. Bu cizgilər olan yerlər qeyri-şəffaf, cizgilərarası yerlər isə şəffaf olur. Işıq şüaları cizgilər arasından keçir, cizgilərdən isə keçmir.

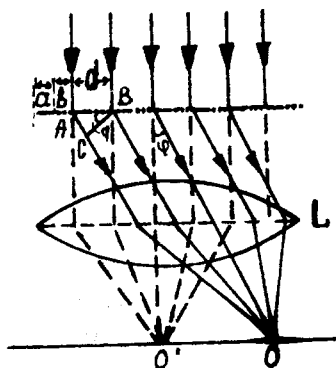
Difraksiya qəfəsində belə yarıqların miqdarı hər millimetrdə 50-2000-ə qədər olur. Adətən laboratoriyada istifadə olunan difraksiya qəfəsinin hər millimetrində 50 və ya 100 yarıq vardır.

Cizgilərin enini a ilə, iki qonşu cizgi arasındakı məsafəni b ilə işarə etsək, onda

$$d = a + b \quad (1)$$

olar. Burada d -verilmiş qəfəs üçün sabitdir. Buna qəfəs sabiti, yaxud qəfəs periodu deyilir.

Fərz edək ki, qəfəs üzərinə monoxromatik parallel işıq şüaları düşür (şəkil 1).



Şəkil 1.

Parallel şüalar cizgilərdə φ bucağı qədər meyl edərək ek-

ran üzərində mərkəzdə - O nöqtəsində toplanırlar. Bu zaman meyl etmiş şüalar arasında yollar fərqi yaranacaqdır. Yollar fərqi təyin etmək üçün B nöqtəsindən φ bucağı qədər meyl etmiş şüa istiqamətinə perpendikulyar çəkək. Şüalar arasındakı yollar fərqi $\Delta=CA$ olar.

ΔABC -

dən

$$\Delta=CA=AB \cdot \sin \varphi$$

və

$$AB=d=a+b$$

olduğundan

$$\Delta=d \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

olar. Deməli, yollar fərqi difraksiya bucağının sinusunu ilə düz mütənəsidir. Əgər $\Delta=\pm \kappa \lambda$ olarsa, onda ekranda maksimum işıqlanma alınır. Burada κ - maksimumların tərtibi (sayı) olub, natural qiymətlər alır: $\kappa = 1; 2; 3; \dots$

Maksimumluq şərti üçün alırıq:

$$\pm \kappa \lambda = d \sin \varphi$$

$$\sin \varphi = \pm \frac{\kappa}{d} \lambda \quad (3)$$

Verilmiş qəfəs üçün $\frac{\kappa}{d} = \text{const}$ olduğundan, dalğa uzunluğu artdıqca difraksiya bucağı da böyüyəcəkdir.

Deməli, spektrin tərtibini, qəfəs sabitini və difraksiya bucağını bilərək dalğa uzunluğunu təyin etmək olar.

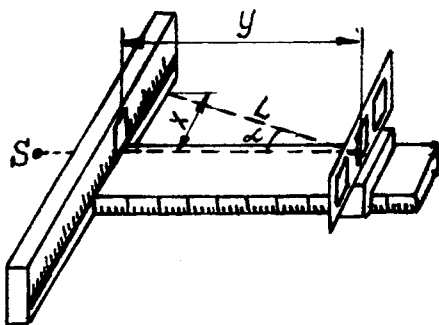
Difraksiya qəfəsi üzərinə ağ işıq düşdükdə o, öz tərkib hissələrinə - rənglərə ayrılır. Bu mənzərə difraksiya spektrləri adlanır. Ekran üzərində sıfır maksimumunun hər iki tərəfində təkrar olunan əlvan spektrlər müşahidə

olunur. Difraksiya qəfəsi vasitəsilə işıq öz tərkib hissələrinə ayırmaq və işıq şüalarının dalğa uzunluğunu təyin etmək olar. (3) düsturundan dalğa uzunluğu üçün alırıq ki,

$$\lambda = \pm \frac{d}{\kappa} \sin \varphi \quad (4)$$

Bu ifadədən görünür ki, işığın dalğa uzunluğunu hesablamaq üçün difraksiya bucağını təyin etmək lazımdır. Bu məqsədlə laboratoriya işində optik kürsüdən istifadə olunur.

Təcrübə qurğusu optik kürsüdən, difraksiya qəfəsindən və ortasında kiçik yarığı olan millimetr bölgülü xətkəşdən ibarətdir (şəkil 2).



Şəkil 2.

Optik kürsünün üzərinə xətkəş birləşdirilmişdir. Kürsünün o biri ucunda D difraksiya qəfəsi, B xətkəşindəki yarığın arxasında isə S işıq mənbəyi yerləşdirilir. Təcrübə zamanı yarıqdan gələn işıq dəstəsi xətkəşin yarığından keçərək, difraksiya qəfəsi üzərinə düşür. Qəfəsdən xətkəşə baxan şəxs, xətkəşin yarığının hər iki tərəfin-

də təkrar olunan difraksiya maksimumlarını müşahidə edəcəkdir. Yarığın O mərkəzi ilə tədqiq olunan maksimumların hər hansı biri arasındakı məsafəni X ilə, yarıqdan difraksiya qəfəsinə qədər olan məsafəni Y ilə işarə etsək, o zaman difraksiya bucağının sinusunu təyin etmək olar:

$$\sin \varphi = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (5)$$

(5)-in qiymətini (4) ifadəsində yerinə yazdıqdan sonra

$$\lambda = \frac{d}{\kappa} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (6)$$

alınır.

İŞİN GEDİŞİ

1. Şkalanın yarığı qarşısında qoyulmuş difraksiya qəfəsini işıq mənbəyi vasitəsilə işıqlandırmaqlı.
2. Difraksiya qəfəsindən, qəfəslə işıq mənbəyi arasında qoyulmuş şkalaya baxaraq $\kappa = 1, 2, 3, 4$ -cü sırada karandaşla bir neçə işıqlı zolaq qeyd etməli.
3. Qəfəslə ekran arasındakı y məsafəsini, yarıqdan karandaşla nişanlanmış nöqtələrə qədər olan $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ məsafələrini ölçməli.
4. Qəfəsi ekrandan müxtəlif məsafələrdə yerləşdir-məklə təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməli.
5. Alınan nəticələri (6) ifadəsində yazaraq dalğa uzunluğunu təyin edib, tapılmış qiymətlər əsasında dalğa uzunluğunu hesablayıb, təcrübənin mütləq və nisbi xətasını təyin etməli.

LABORATORİYA İŞİ 17

MƏHLULLARIN KONSENTRASIYASININ SAXAROMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

İstifadə olunan təvazimat:

*SU-3 tipli saxarometr, işıq mənbəyi, müxtəlif
konsentrasiyalı (yoxlanılan və mə'lum konsentrasiy-
alı) qənd məhlulları.*

QISA NƏZƏRİ MƏ'LUMAT

İşıq haqqındakı Maksvellin işığın elektromaqnit nəzəriyyəsindən mə'lumdur ki, ayrı-ayrı atomlar tərəfindən buraxılan işıq şüaları elektromaqnit təbiətli olub, elektrik (E) və maqnit (H) vektorlarının qarşılıqlı perpendikulyar istiqamətdə rəqsindən ibarətdir. Başqa sözlə, E və H vektorlarının rəqsləri qarşılıqlı perpendikulyar müstəvilərdə baş verir. İşıq elektromaqnit təbiətliliyi isə onun eninə dalğa olduğunu göstərir. İşıq eninə dalğa olduğunu əyani surətdə sübut edən hadisə işığın polyarlaşması hadisəsidir. İşıq rəqslərinin tezliyi çox böyük olduğundan gözümüz rəqslərin «yanıb, sönməsi»ni ayırd edə bilmir. Atomların şüalanmasının belə kəsilməz olaraq dəyişməsi, şüalanmanın E vektorunun da rəqs müstəvisinin bütün mümkün olan istiqamətlərdə baş verməsinə səbəb olur. Ona görə bizə elə gəlir ki, fəzanın bütün istiqamətlərində işığın intensivliyi eynidir və zaman keçdikcə dəyişmir. E elektrik vektorunun mümkün olan bütün istiqamətlərdəki rəqsi *təbii* işıq adlanır. Lakin elə etmək olar ki, E vektorunun rəqs müstəvisi bütün istiqamətlərdə deyil, yalnız bir istiqamətdə baş versin.

Rəqsləri yalnız bir müstəvi üzərində baş verən işıq xətti polyarlaşmış işıq adlanır. Təbii işığı polyarlaşdırmaq

üçün onu elektrik rəqslərinə nəzərən anizotrop olan mühitdən keçirmək lazımdır. Belə cisimlərə misal olaraq turmalin, islandiya şpatı, kvarsı misal göstərmək olar.

Təbii şüaları polyarlaşdırmaq üçün, kristal (məsələn, turmalin) optik oxuna parallel istiqamətdə kəsilərək onun qarşısına qoyulur. Bu halda kristalın optik oxuna perpendikulyar olan şüalar udulacaq, yalnız onun optik oxu istiqamətində olan şüalar keçəcəkdir. Başqa sözlə desək, təbii işıq şüası yalnız bir istiqamətdə yayılacaq, yə'ni polyarlaşacaqdır. Təbii şüaları polyarlaşdıran kristala polyarizator deyilir. Verilmiş şüadan, E vektoruna perpendikulyar olmaq şərti ilə keçən müstəviyə polyarlaşma müstəvisi deyilir. Əgər polyarlaşmış şüanın qarşısına ikinci, həmin qaydada hazırlanmış bir turmalin kristalı qoysaq, onda bu kristalın vəziyyətindən asılı olaraq baxış borusunda qaranlıq və ya işıqlanma alınar. Beləliklə, qoyulmuş ikinci kristal lövhə polyarlaşmış şüanın vəziyyətini xarakterizə edir. Bu ikinci kristal lövhəyə *analizator* deyilir. Analizatorun keçən polyarlaşmış şüanın ekran üzərindəki intensivliyinin dəyişməsi Malyus qanunu ilə təyin olunur.

$$I = I_0 \cos^2 \alpha \quad (1)$$

Burada α - polyarizator ilə analizatorun optik oxları arasında qalan bucaq, I - analizatorun keçən şüanın, I_0 isə analizator üzərinə düşən polyarlaşmış şüanın intensivlikləridir. Polyarizator ilə analizatorun oxları arasındakı bucaq $\alpha = \frac{\pi}{2}$ olarsa, onda (1)-dən göründüyü ki-

mi, $I=0$ olar, yə'ni polyarlaşmış şüa analizatorun keçmir və baxış borusunda tam qaranlıq alınır.

Əgər $\alpha = 0$ olarsa, $I = I_0$ olar, yəni ekranda maksimum intensivlik alınar. Təbiətdə elə maddələr vardır ki, bunlardan polyarlaşmış işıq şüası keçdikdə, şüanın po-

lyarlaşma müstəvisi bir qədər dönür. Belə maddələrə optik fəal maddələr deyilir. Bu cür maddələrə misal olaraq kvarsı, qənd kristalını və qənd məhlulunu, skipidarı, sirkə turşusunu və bir sıra üzvi birləşmələri göstərmək olar. Polyarlaşma müstəvisini saat əqrəbi istiqamətində (ışığın yayılma istiqamətində baxdıqda) fırlada bilən maddələrə sağa fırladan, əks istiqamətdə fırladanlara isə sola fırladan maddələr deyilir. Sağa və sola fırlatma qabiliyyəti optik fəal maddələrin quruluşundan asılıdır. Məhlullarda polyarlaşma müstəvisinin dönmə dərəcəsi isə əsasən şüanın keçdiyi mühitin qalınlığından və məhlulun konsentrasiyasından asılıdır, yə'ni

$$\theta = \alpha c \lambda, \text{ yaxud } \alpha = \frac{\theta}{c \cdot \lambda} = \frac{\theta V}{\rho \cdot \lambda} \quad (2)$$

burada θ - polyarizasiya müstəvisinin dönmə bucağı, l - maddə içərisində işığın keçdiyi yolun uzunluğu, c - məhlulun konsentrasiyası, V - maddənin (məhlulun) həcmi, ρ - məhlul daxilində olan şəkərin qramlarla miqdarı, α - isə xüsusi fırlatma bucağı olub, həmin məhlulun fırlatma qabiliyyətini xarakterizə edir.

Əgər $c=1$ və $\lambda=1$ olarsa, $\alpha=\theta$ olar. Başqa sözlə desək, məhlullar üçün xüsusi fırlatma bucağı olan α ədədi qiymətcə polyarlaşma müstəvisinin dönmə bucağına bərabərdir.

Xüsusi fırlatma bucağı həmçinin optik fəal maddənin növündən, temperaturundan və dalğa uzunluğundan asılıdır. α -nın λ -dan asılılığını Bolsman aşağıdakı şəkildə vermişdir:

$$\alpha = \frac{a}{\lambda^2} + \frac{b}{\lambda^4} \quad (3)$$

Burada a və θ sabit kəmiyyətlərdir.

Əgər 100 qram şəkər məhlulunda ρ qram şəkər həll olmuşsa, onda həmin məhlulun həcmi $V = \frac{100}{d}$ olar.

Burada d - məhlulun sıxlığıdır. V -nin bu qiymətini (2)-də nəzərə alsaq,

$$\alpha = \frac{\theta \cdot 100}{\rho d \lambda} \quad (4)$$

olar. Vahid həcmli məhluldakı şəkərin miqdarı

$$\alpha = \frac{\rho}{V} = \frac{\rho d}{100} \text{ olduğunu nəzərə alsaq,}$$

$$\alpha = \frac{\theta V}{\rho \lambda} = \frac{\theta}{c \lambda} \quad (5)$$

alırıq. Əgər 1-in ölçüsünü desimetrlərlə, c -nin ölçüsünü isə qr/100 sm³ götürmüş olsaq, (5) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\alpha = \frac{\theta \cdot 100}{\lambda \cdot c} \quad (6)$$

Təcrübələr göstərmişdir ki, 20°S temperaturda və natrium alovunun sarı dalğa ($\lambda = 5894 \text{ \AA}$) uzunluğu üçün qənd məhlulunun xüsusi fırlatma bucağı $\alpha = 66,5 \text{ sm}^3/\text{dm} \cdot \text{q}$ -dır.

Beləliklə, təcrübədən λ -in, θ -nin qiymətlərini ölçərək və α -nın göstərilən qiymətini nəzərə alaraq, qənd məhlulunun konsentrasiyasının qiymətini (6) ifadəsindən hesablamaq olar.

Əgər verilmiş optik fəal məhlul üçün α -nın qiyməti məlum deyilsə, onda onun konsentrasiyası aşağıdakı yolla tapılır. Bu məqsədlə konsentrasiyası mə'lum olan (c_1)

və konsentrasiyası mə'lum olmayan (c_2) iki məhlul hazırlanır. Bu məhlulların hər biri üçün (6) ifadəsini yazıb, onları tərəf-tərəf bölsək,

$$\frac{\theta_1 c_2}{\theta_2 c_1} = 1 \quad \text{və yaxud} \quad c_2 = c_1 \frac{\theta_2}{\theta_1} \quad (7)$$

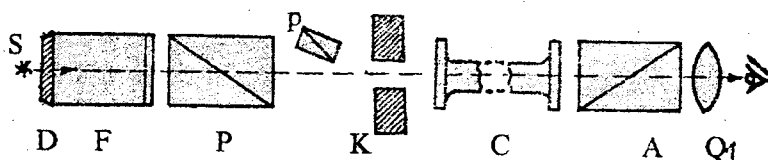
alarıq. Tədqiq olunan məhlulun konsentrasiyasını (7) ifadəsindən təyin edərək, onun xüsusi fırlatma bucağını

$$\alpha = \frac{\theta_1 \cdot 100}{c_2 \cdot \lambda} \quad (sm^3/dm \cdot q) \quad (8)$$

ifadəsindən tapmaq olar.

Qurğunun təsviri

Optik fəal məhlulların konsentrasiyasını təyin etmək üçün istifadə edilən cihazlara *polyariometrlər* deyilir. Bu polyariometrik cihazların bir növü də saxarometrdir. Saxarometr vasitəsilə qənd məhlullarının konsentrasiyasını təyin etmək olar. Saxarometrin prinsipial sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1

S mənbəyindən düşən işıq şüası D diafraqmasından və F işıq süzgəcindən keçərək toplayıcı linza vasitəsilə parallel istiqamətdə P polarizatorunun üzərinə yönəldilir. Işıq şüası polarizatordan keçərək polyarlaşır. Polyarlaşmış işıq şüası λ uzunluqlu və içərisi məhlulla dolu olan C şüşə borusundan və A analizatorundan keçərək baxış borusunun O , okulyarına düşür. Əgər polarizatorla analizatorun optik oxları biri-birinə perpendikulyar vəziyyətdə yerləşmişsə (bunlar arasında məhlul olmadığı halda), yə'ni $\alpha = 90^\circ$ isə, onda Malyus qanununa əsasən borunun görüş sahəsi qaranlıq olacaqdır. Polarizatorla analizator arasına içərisində qənd məhlulu olan λ uzunluqlu şüşə qab daxil edildikdə isə görüş sahəsi qismən də olsa işıqlanmış olacaqdır. Bu onu göstərir ki, qənd məhlulu polyarlaşmış şüanın rəqs müstəvisini müəyyən qədər fırlatmışdır. Bu fırlatma bucağını tapmaq üçün analizatorla əlaqədar olan paz şəkilli iki K lövhəsindən istifadə olunur. Pazların fırlanmasını nonius və şkala vasitəsilə təyin etmək mümkündür. Əgər baxış borusunda qaranlıq hala uyğun (məhlul olmayan hal) şkalanın göstərişi θ_1 , məhlul daxil olan halda isə θ_2 olmuşsa, onda polarizasiya müstəvisinin dönmə bucağı $\theta = \theta_2 - \theta_1$ olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Saxarometri mənbəyə qoşaraq onun görüş sahəsini işıqlandırmaq üçün lazım olan düyməni açıq vəziyyətdə qoymalı.
2. Qənd məhlulu töküləcək şüşə borunu saxarometrin novundan çıxararaq onun okulyarını elə düzəltməli ki, görüş sahəsini iki hissəyə ayıran xətt aydın seçilə bilsin.
3. Analizatoru sıfır vəziyyətinə gətirməli. Bu məqsədlə analizatoru elə fırlatmalı ki, görüş sahəsinin hər iki

hissəsini eyni dərəcədə qaranlıqlaşması əldə edilmiş olsun. Analizatorun bu vəziyyətində şkalanın sıfır bölgüsü noniusun sıfır bölgüsü üzərinə düşməlidir ki, bu da onun sıfır vəziyyətinə uyğun gələn dönmə bucağının qiymətini (θ_0) cədvəldə qeyd etməli.

4. İçərisi mə'lum konsentrasiyalı (c_1) məhlulla dolu olan şüşə borunu saxarometrin novuna qoymalı. Bu halda polyarlaşma müstəvisi döndüyündən görüş sahəsinin hər iki hissəsinin eyni qaralması pozulacaqdır (nisbətən işıqlanacaqdır). Yenidən analizatoru elə fırlatmalı ki, görüş sahəsinin hər iki hissəsi eyni dərəcədə qaranlıqlaşmış olsun. Analizatorun bu vəziyyətinə uyğun gələn dönmə bucağının (θ_1) qiymətini şkaladan, dəqiq qiymətini isə nonius üzərindən götürməli.
5. Alınmış θ_0 və θ_1 -in qiymətinə əsasən mə'lum konsentrasiyalı məhlulun fırlatma bucağını θ_1 -i tə'yin etməli.
6. Təcrübəni eyni qayda ilə namə'lum konsentrasiyalı (c_2) qənd məhlulu üçün də təkrar edərək onun fırlatma bucağını ($\theta_2' - \theta_0 = \theta_2$) hesablamalı.
7. Mə'lum θ_1 , θ_2 və c_1 -in qiymətlərinə əsasən (7) ifadəsindən yoxlanılan məhlulun konsentrasiyasını (c_2) tə'yin etməli.
8. Tapılmış c_2 -nin mə'lum qiymətinə əsasən, yoxlanılan məhlulun xüsusi fırlatma bucağını (α_2) (8) ifadəsindən hesablamalı.

Qeyd: Əgər yoxlanılan məhlul üçün xüsusi fırlatma bucağı verilmişsə, onda yalnız $\theta = \theta_2 - \theta_0$ fırlatma bucağını ölçməklə (6) düsturundan həmin məhlulun konsentrasiyasını tapmaq olar.

LABORATORİYA İŞİ № 18

MƏNBƏYİN İŞIQ ŞİDDƏTİNİN FOTOMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

fotometr, optik kürsü, işıq şiddəti mə'lum olan və yoxlanılan işıq mənbələri, ölçü xətkəsi.

QISA NƏZƏRİ MƏ'LUMAT

Fotometr səthin işıqlanmasına əsasən işləyən fotoelement əsaslı cihazdır. Səthin işıqlanması vahid səthə düşən işıq selinin miqdarı ilə düz mütənasibdir. Mənbədən çıxan işıq selinin yayılma istiqamətinə perpendikulyar qoyulmuş nümunə səthinin işıqlanması mənbədən olan məsafənin kvadratı ilə tərs mütənasib olaraq dəyişir. Nöqtəvi mənbədən çıxan işıq selinin dalğa cəbhəsi mərkəzi mənbədə olan konsentrik sferik səthlər əmələ gətirdiyindən və sferik səthin radiusunun kvadratı ilə tərs mütənasib olduğundan, Lampert qanununa əsasən səthin işıqlığı üçün yaza bilərək:

$$E = \frac{I}{r^2}$$

Burada E - səthin işıqlığı,

I - mənbəyin işıq şiddəti,

r - mənbə ilə səth arasındakı məsafədir.

Təcrübədə fotometr səthinin müxtəlif hissələri iki müxtəlif işıq mənbəyi vasitəsilə işıqlandırılır. Baxış borusu və ya göz vasitəsilə səthin hər iki mənbə tərəfindən bərabər işıqlanması müşahidə edildikdə, birinci hissəni işıq-

landıran mənbəyin işıq şiddəti I_1 , səthdən olan məsafəsi r_1 , işıqlığı E_1 , ikincinin uyğun göstəriciləri isə I_2 , r_2 və E_2 ilə işarə edilərsə, onda yazı bilərik:

$$E_1 = \frac{I}{r_1^2}; \quad E_2 = \text{—}$$

olacaqdır. Baxılan halda

$$E_1 = E_2$$

olduğundan

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \text{ və ya } \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \quad (2)$$

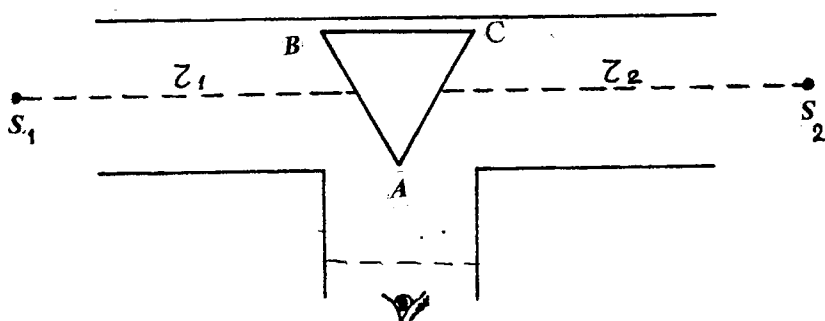
olar. (2) düsturuna daxil olan işıq şiddətinin biri mə'lum olarsa, uyğun məsafələri ölçməklə o biri mənbəyin də işıq şiddətini hesablaya bilərik. Fərz edək ki, birinci mənbəyin işıq şiddəti mə'lumdur. Onda (2) düsturuna əsasən ikinci mənbəyin işıq şiddəti üçün yazı bilərik:

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{r_2^2}{r_1^2} \quad (3)$$

Bu ifadə fotometrik düstur adlanır.

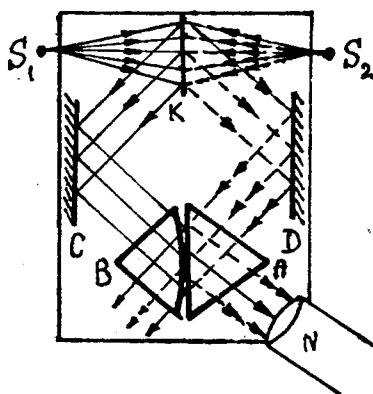
CİHAZIN TƏSVİRİ

Praktikada xarici görünüşü və optik sxeminə görə bir-birindən fərqlənən çoxlu sayda fotometrler istifadə olunur. Məsələn, Jamen, Jolli-Bünzen və Lümmer-Brodxaan fotometrləri daha geniş yayılmışdır. Bunlardan ən sadəsi Jamen fotometridir. Bu fotometr iki tərəfdən pəncərəsi və bir tərəfdən baxış qapısı olan dəmir qutu içərisində yerləşdirilmiş üçbucaqlı prizmadan ibarətdir. Prizma qutu içərisində şəkil 1-də göstərildiyi kimi yerləşdirilir. Səthin parlaqlığı gözü qamaşdırmasın deyə baxış qapısının qarşısına tutqun şüşə qoyulur. Şəkilə şüşə qırıq xətlərlə göstərilmişdir.



Şəkil 1.

Təcrübəni aparmaq üçün mənbələr qarşı-qarşıya qoyulur. Aralarına isə fotometr ilə yerləşdirilir ki, prizmanın bir üzü birinci, o biri üzü isə ikinci mənbə ilə işıqlansın. Səthdən qayıdan şüalar bir-birinə paralel şəkildə gözə düşür. Səthdən qayıdan şüaların yolu 2-ci şəkildəki kimi olur.



Şəkil 2.

Nisbətən dəqiq sayılan Lümmer-Brodman fotometrində isə səthin kənarları bir, ortası başqa mənbə ilə işıqlandırılır. Səthin bərabər işıqlanması xüsusi baxış borusu vasitəsilə müşahidə edilir.

İŞİN GEDİŞİ

1. Xüsusi istiqamətləndirici qutu içərisinə yerləşdirilmiş mənbələri stol üzərində qarşı-qarşıya qoymalı. Fotometri bu mənbələrin arasında bir düz xətt boyunca elə yerləşdirməli ki, hər iki mənbədən çıxan işıq seli prizmanın uyğun üzlərinə bərabər bucaq altında düşsün və qayıtdıqda bir-birinə paralel yayılsın.
2. Mənbələri və ya fotometri nəzərdə tutulan xəyali düz xətt boyunca hərəkət etdirməklə prizmanın səthlərinin bərabər işıqlanmasına nail olmalı.
3. Uyğun məsafələri ölçüb, mə'lum mənbəyin işıq şiddətinə görə alınan nəticəni (3) düsturunda yerinə yazıb məchul mənbəyin işıq şiddətini hesablamalı.
4. Məsafələri dəyişdirməklə təcrübəni üç dəfə təkrar etməli. Alınan nəticələr əsasında məchul mənbəyin işıq şiddətinin orta qiymətini, mütləq və nisbi xətanı hesablamalı.

FOTOELEMENTİN HƏSSASLIĞININ TƏ'YİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

optik stol, fotoelement, həssas qalvanometr və ya həssas

mikroampermetr, işıq mənbəyi, ölçü xətkəsi, birləşdirici naqillər.

QISA NƏZƏRİ MƏ'LUMAT

İşığın maddə ilə qarşılıqlı tə'siri nəticəsində baş verən hadisələrdən biri də fotoelektrik effekti və ya fotoeffekt hadisəsidir. Fotoeffekt hadisəsini daha ətraflı öyrənən Stoletov apardığı təcrübələrdən aşağıdakı nəticələrə gəlmişdir.

1. Müsbət yüklə yüklənmiş metal cisimlər, işığın tə'siri ilə öz mənfi yüklərini itirmirlər. Yalnız mənfi yüklə yüklənmiş cisimlər işığın tə'siri ilə öz elektronlarını itirirlər.
2. Fotoeffekt hadisəsi ultrabənövşəyi şualarda daha çox effektiv olur.
3. İşığın tə'siri nəticəsində əmələ gələn fotocərəyanın qiyməti düşən işıq seli ilə düz mütənəsbibdir.

Bu effekt işıq enerjisinin elektronun mexaniki enerjisinə çevrilməsi nəticəsində baş verir. Maddə üzərinə düşən işıq şüası müəyyən enerjiyə malik olduğundan, bu enerjinin bir hissəsi cismi təşkil edən atomlar tərəfindən udulur. Udulan enerjinin miqdarından asılı olaraq elektron atom sahəsini, eləcə də maddəni tərk edə bilər. Eynşteyn 1905-ci ildə Planckın işığın kvant nəzəriyyəsindən istifadə edərək fotoeffekt hadisəsini izah etmişdir. O, göstərmişdir ki, $\varepsilon = h\nu$ enerjisinə malik olan foton maddə tərəfindən udulur və öz enerjisini metalda olan sərbəst elektrona verir. Mə'lumdur ki, elektronun metalı tərk etməsi üçün onu metalda saxlayan qüvvələrə qarşı iş görməlidir. Fotonun udulması nəticəsində onun enerjisi bütünlükdə elektrona verilir. Bu enerjinin bir hissəsi

elektronun metaldan qopması üçün lazım olan çıxış işinə (A) sərf olunur, qalan hissəsi isə metalı tərk edən elektrona kinetik enerji şəklində verilir. Bir elektronun çıxması zamanı udulan işıq kvantının (fotonun) enerjisi $\varepsilon = h\nu$ olarsa, enerjinin saxlanma qanununa əsasən yazmaq olar ki,

$$h\nu = A + \frac{m\vartheta^2}{2}$$

Bu ifadə fotoeffekt üçün Eynşteyn düsturu adlanır. Burada A - elektronun metaldan çıxış işi, $E_k = \frac{m\vartheta^2}{2}$ - elektronun kinetik enerjisidir.

Buradan görünür ki, katod üzərinə düşən işıq kvantının enerjisi, elektronun çıxış işinə və onun kinetik enerjisinin yaranmasına sərf olunur. Əgər $\frac{m\vartheta^2}{2} = 0$ olarsa, onda $h\nu = A$ olar. Bu isə fotoeffektin yaranma sərhədidir. Bu sərhədə fotoeffektin qırmızı sərhədi deyilir. Onda fotoeffekt yarada bilən işığın tezliyi

$$\nu_q = \frac{A}{h}$$

olduğuna görə uyğun olaraq,

$$\lambda_q = \frac{hc}{A}$$

olar. Tezliyi fotoeffektin qırmızı sərhədindən kiçik olan şüalar fotoeffekt hadisəsi yarada bilmir.

Təcrübələr zamanı iki cür fotoeffekt müşahidə olunur: xarici fotoeffekt və daxili fotoeffekt. Işığın təsiri ilə elek-

tronlar maddədən kənara çıxarsa, buna xarici fotoeffekt, maddə daxilində - atomlararası fəzada qalarsa, buna daxili fotoeffekt deyilir. Yarımqeçiricilərlə metalların və ya müxtəlif yarımqeçiricilərin toxunma sərhədində işığın tə'sirilə qapayıcı təbəqənin yaranması isə ventil fotoeffekti adlanır.

Daxili fotoeffekt əsasında hazırlanmış fotoelementlər ventil fotoelementləri adlanır. Ventil fotoelementlərə misal olaraq selen fotoelementini göstərmək olar. Selen fotoelementi üzəri nazik selen təbəqəsi ilə qapanmış dəmir lövhədən ibarətdir. Selen təbəqəsinin üzəri isə yarı şəffaf qızıl təbəqəsi ilə örtülür. Düşən işıq kvantları selen ilə dəmirin sərhədindəki bağlayıcı təbəqədə udu-lur və nəticədə seləndən ayrılmış elektronlar dəmirə keçərək cərəyan yaradır. Bu cərəyan fotocərəyan adlanır. Yaranan fotocərəyanın şiddəti (i) fotoelementin həssas səthinin sahəsi (S) və bu səthin işıqlanması (E) ilə düz mütənasibdir, yəni

$$i = kSE \quad (1)$$

burada k - mütənasiblik əmsalı olub, fotoelementin həssaslığı adlanır.

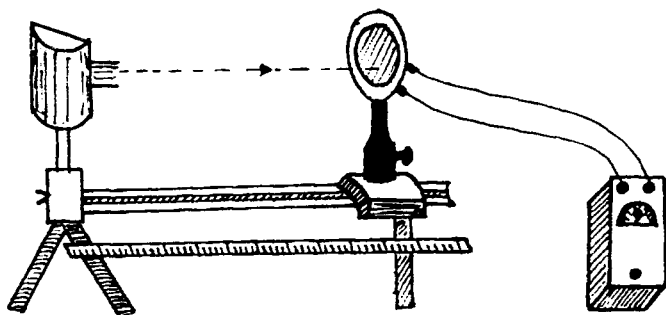
İşıq şiddəti i olan nöqtəvi mənbədən R məsafəsində olan və düşən şüalara perpendikulyar qoyulmuş səthin işıqlanması $E = \frac{I}{R^2}$ olduğundan (1) düsturunu

$$i = k \cdot \frac{IS}{R^2} \quad (2)$$

kim yazmaq olar. Burada I - işıq şiddəti olub, kandella ölçülür. Onda fotoelementin həssaslığı üçün alırıq:

$$k = \frac{iR^2}{IS} \quad (3)$$

olar. Fotoelementin həssaslığını təyin etmək üçün istifadə olunan ölçü qurğusu 1-ci şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 1.

Texnikada fotoeffekt hadisəsinə əsaslanaraq işləyən cihazlar özünə məxsus yer tutur. Bunlardan ən çox və geniş istifadə olunanları fotoelementlərdir. Xarici fotoeffekt əsasında işləyən fotoelementlərə vakuum fotoelementləri, fotogücləndiriciləri misal göstərmək olar. Daxili fotoeffekt hadisəsi isə əsasən yarımkeçiricilərdə və dielektriklərdə baş verir. Daxili fotoeffektə əsaslanaraq düzəldilən cihazlara misal olaraq: fotomüqavimətləri, fotodiodları və ventillərin fotoelementlərini göstərmək olar.

İŞİN GEDİŞİ

1. Ventil fotoelementini işıq mənbəyindən müəyyən məsafədə yerləşdirib onu işıq şiddəti məlum olan

mənbə tərəfindən işıqlandırılmalı.

2. Lüksmetrlə işıqlanmanı, mikroampermetrlə fotocərəyanı ölçüb, $i = f(E)$ asılılığını və lüks-ampere xarakteristikasını qurmalı.
3. Fotoelementlə mənbə arasındakı məsafəni dəyişməklə fotocərəyanın məsafədən asılılıq qrafikini qurmalı.
4. Fotoelementin işığa həssas hissəsinin S sahəsini, mənbədən fotoelementə qədər olan R məsafəsini ölçüb, işıq mənbəyinin məlum I işıq şiddətinə və fotocərəyanın qiymətinə görə (3) ifadəsindən istifadə edib fotoelementin həssaslığını təyin etməli.
5. Fotoelementlə işıq mənbəyi arasındakı məsafəni bir neçə dəfə dəyişib, təcrübəni təkrar etməli.
6. Alınmış nəticələrə görə fotoelementin həssaslığının orta qiymətini təyin edib, təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

**SPEKTROMETR VASİTƏSİ İLƏ İŞİĞİN
DİSPERSİYASININ ÖYRƏNİLMƏSİ**

İstifadə olunan ləvazimat:

spektrometr, işıq mənbəyi, üç üzlü şüşə prizma.

QISA NƏZƏRİ MƏ'LUMAT

İşığın mühütlə qarşılıqlı təsiri ilə izah olunan hadisələr içərisində işığın dispersiyası xüsusi yer tutur. Təcrübədən mə'lumdur ki, ağ işıq şüası prizmadan keçərkən öz tərkib hissələrinə - yeddi rəngə ayrılır. Bu hadisə işığın dispersiyası adlanır.

Mühitin sındırma əmsalının düşən işığın dalğa uzunluğundan və ya tezliyindən olan asılılığına dispersiya deyilir.

$$n=f(\lambda) \quad \text{və ya} \quad n=f(\nu)$$

Şüşə prizmaya ağ işıq şüaları düşdükdə, dalğa uzunluğu kiçik olan bənövşəyi şüalar çox, dalğa uzunluğu böyük olan qırmızı şüalar ən az sınırlanır. Bənövşəyi ilə qırmızı şüalar arasında digər dalğa uzunluqlu şüalar yerləşir. Udma oblastından uzaqda dalğa uzunluğu artdıqca sındırma əmsalı azalır. Sınan şüalar ekranda dalğa uzunluğunun artmasına görə aşağıdakı ardıcılıqla yerləşir:

1. bənövşəyi,
2. göy,
3. mavi,
4. yaşıl,
5. sarı,
6. narıncı,
7. qırmızı.

Mühitin sındırma əmsalının dalğa uzunluğundan asılılığının riyazi ifadəsini verən Koşi olmuşdur:

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4} + \dots$$

Burada a, b – verilmiş maddələr üçün sabitlərdir. Buradan görünür ki, sındırma əmsalı dalğa uzunluğundan asılı olaraq azalır.

Ümumiyyətlə, dispersiyanı xarakterizə etmək üçün orta dispersiya və nisbi dispersiya anlayışları ilə istifadə olunur. Orta dispersiya

$$n_F - n_C, \quad (1)$$

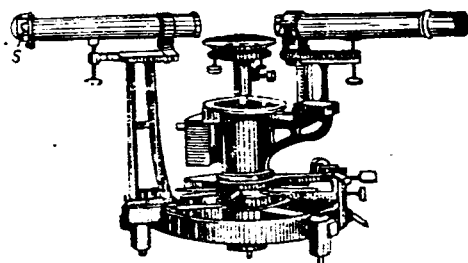
nisbi dispersiya isə

$$\frac{n_F - n_C}{n_D - 1} \quad (2)$$

ifadələri ilə təyin olunurlar. Bu ifadələrə daxil olan n_C , n_F , n_D - şüşənin C, F, D - Fraunhofer xətlərinə uyğun sındırma əmsallarıdır. Günəş spektrində C-xətti dalğa uzunluğu $\lambda_C = 6563\text{\AA}$ olan narıncı, D-xətti dalğa uzunluğu $\lambda_D = 5893\text{\AA}$ olan yaşıl, F-xətti isə dalğa uzunluğu $\lambda_F = 4865\text{\AA}$ olan göy rənglərə uyğun gəlir. Bir sıra hallarda dispersiyanı xarakterizə etmək üçün dispersiyanın tərs qiyməti götürülür ki, buda dispersiya əmsalı adlanır.

$$N = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (3)$$

Praktikada işığın dispersiyası zamanı alınan rənglərə görə prizmanın sındırma əmsalını tapıb (1), (2), (3) ifadələrində yerinə yazmaqla dispersiyanı xarakterizə edən kəmiyyətləri hesablamaq olar. Dispersiyanı təyin etmək üçün 1-ci şəkildəki qurğudan (spektrometrdən) istifadə olunur.



Şəkil 1.

İŞİN GEDİŞİ

1. Spektrometr vasitəsilə prizmanın A sındırma bucağını və spektrlərin ayrı-ayrı xətləri üçün meyl bucağının ($\delta_{\min}$) qiymətini tapmalı.
2. Prizmanın sındırma bucağına və hər bir spektr xəttinə görə tapılan meyl bucağına görə uyğun sındırma əmsallarını hesablamalı.
3. Spektr xətlərinə görə uyğun rənglərin sındırma əmsalları ilə həmin rənglərin dalğa uzunluqları arasında qrafik asılılıq qurmalı.
4. Spektr xətlərinə görə uyğun sındırma əmsalları üçün uyğun kəmiyyətləri hesablamalı.

**İŞIĞIN DALĞA UZUNLUĞU VƏ LİNZANIN
ƏYRİLİK RADIUSUNUN NYUTON
HALQALARI VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ**

İstifadə olunan ləvazimat:

*Nyuton halqasını verən qurğu, millimetrlik kağız,
stolüstü lampə və lupa.*

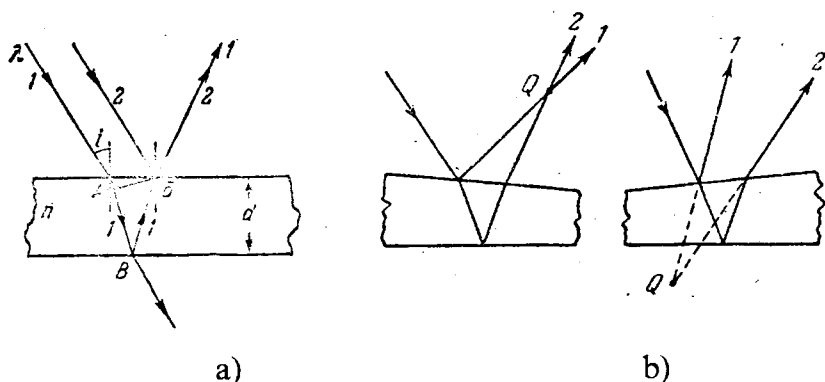
QISA NƏZƏRİ MƏ'LUMAT

, Ümumiyyətlə nazik təbəqələrin qalınlığının təyinin-
də interferensiya hadisəsindən istifadə olunur.

*Eyni dalğa uzunluqlu iki işıq şüasının görüşməsi nə-
ticəsində bir-birinin intensivliyini gücləndirməsi və ya zəif-
lətməsi hadisəsinə işığın interferensiyası deyilir. İnterfe-
rensiya hadisəsinin yaranması üçün əsas şərtlərdən biri,
görüşən işıq dalğalarının koherent olmasıdır.*

*Eyni tezlikli, sabit fazalar fərqi ilə rəqs edən mənbələr
koherent mənbələr adlanır.*

Təbiətdə interferensiya hadisəsinin ən çox yayılmış
və təbii şəraitdə müşahidə olunan halı, onun nazik təbə-
qələrdən baş verdiyi mənzərəsidir. Belə interferensiya
hadisələrinə misal olaraq sabun köpüyündən, su üzərində
üzən nazik yağ və neft təbəqələrindən baş verən interfe-
rensiyanı misal göstərmək olar. Bu zaman interferensiya
hadisəsi təbəqənin ön və arxa hissəsindən əks olunan ko-
herent işıq şüalarının bir-biri ilə görüşməsi nəticəsində
baş verir. Əgər təbəqənin qalınlığı hər yerdə eynidirsə, bu
hala uyğun gələn interferensiya eyni meylin interfe-
rensiyası, əgər təbəqənin qalınlığı hər yerdə eyni olmayıb
nöqtədən-nöqtəyə dəyişirsə, belə hala uyğun interfe-
rensiya eyni qalınlıqların (bərabər qalınlıqların) interfe-
rensiyası adlanır. Aşağıdakı şəkildə eyni meylin (şəkil 1a) və
eyni qalınlığın (şəkil 1b) interferensiyasının müşahidə
üslu göstərilib.



Şəkil 1

Bərabər qalınlıqların interferensiyasının xarakterik nümunəsi Nyuton halqalarıdır.

Nyuton halqalarını müşahidə etmək üçün bir üzü müstəvi, əyrilik radiusu R olan qabarıq linza müstəvi güzgü üzərinə qoyulur və onun üzəri monoxromatik işıq şüası ilə işıqlandırılır (şəkil 2). Qabarıq linza ilə müstəvi lövhə arasında müxtəlif qalınlıqlı hava qatları əmələ gəlir. Perpendikulyar düşən şüa B nöqtəsinə çatdıqda oradan qismən qayıdır ($1'$), qismən isə hava qatından keçərək A_1 nöqtəsinə düşür və oradan yenidən qismən qayıdaraq $2'$ şüası istiqamətində yayılır. $1'$ və $2'$ şüaları koherent olduqlarından onlar görüşdükdə interferensiya yaradırlar. Bərabər qalınlıqların bu həndəsi yeri mərkəzi O nöqtəsində olmaqla müxtəlif radiuslu və bir-birini əvəz edən işıqlı və qaranlıq konsentrik halqalar şəklində interferensiya zolaqlarını yaradacaqdır. Bu konsentrik halqalar optikada Nyuton halqaları adlanır.

Əgər monoxromatik işıq seli ağ işıqla əvəz olunarsa, bu halda qaranlıq və işıqlı zolaqlar əvəzinə əlvan rəngli konsentrik zolaqlar (çevrələr) yaranacaqdır.

nəzərə alsaq, yaza bilərik

$$\Delta = 2h_n + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

və ya

$$h_n = n\frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

olar. h_n -in bu qiymətini (1) ifadəsində nəzərə alsaq,

$$r_n = \sqrt{n\lambda R} \quad (3)$$

olar. Yuxarıdakı düsturu m -ci konsentrik zolaq üçün də yazsaq:

$$r_m = \sqrt{m\lambda R} \quad (4)$$

alarıq. Əgər $m > n$ şərtini qəbul edib, (4) və (3) ifadələrini kvadrata yüksəldib tərəf-tərəfə çıxsaq:

$$r_m^2 - r_n^2 = R(m-n) \lambda$$

$$\lambda = \frac{r_m^2 - r_n^2}{R(m-n)} \quad \text{və ya} \quad R = \frac{R_m^2 - r_n^2}{\lambda(m-n)}$$

Sıfırıncı tərtib zolaq üçün (haradakı $k=0$, $r_n=0$)

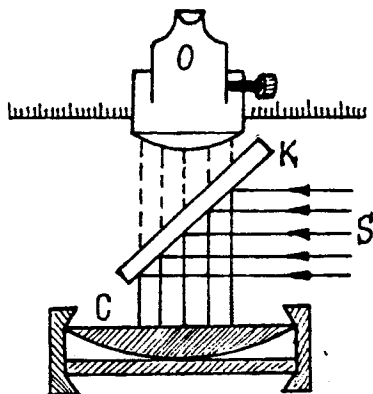
$$R = \frac{r_m^2}{m\lambda} \quad (5)$$

alınar.

Axırıncı ifadədən istifadə edərək işığın dalğa uzun-

luğunu və ya mə'lum dalğa uzunluğuna görə linzanın ayrilik radiusunu tapmaq olar.

Bu məqsədlə təcrübədə istifadə olunan cihazın prinsipial sxemi şəkil 3-də verilmişdir. Cihaz əsasən S-sferometrindən, O-okulyarından, G-yarımşəffaf güzgüləndən, S-ışığı mənbəyindən ibarətdir.



Şəkil 3.

İşıq mənbəyindən gələn şüalar güzgülü üzərinə düşərək qayıdır və müstəvi-qabarıq linza üzərinə düşür. Nəticədə konsentrik interferensiya zolaqları (halqaları) alınır. O okulyarından baxan müşahidəçi həmin zolaqları aydın görür. Sferometr vasitəsilə istər qaranlıq (minimum) və istərsədə işıqlı (maksimum) halqaların hər birinin radiusunu ölçmək mümkündür.

İŞİN GEDİŞİ

1. İşıq mənbəyi vasitəsilə güzgülü işıqlandırılmalı.
2. Güzgülünün mailliyini dəyişməklə Nyuton halqalarının okulyardan aydın görünməsinə nail olmalı.

3. Sferometrin mikrometrik vintinin ucuna birləşdirilmiş göstəricini hərəkət etdirməklə bir neçə ardıcıl halqanın radiusunu ölçməli və qeyd etməli.
4. Əgər sferometr yoxdursa, onda millimetrik kağızı halqa üzərinə elə qoyun ki, onun kənarı görünən zolaqların diametri üzərinə düşsün.
5. Lupadan istifadə edərək uyğun zolaqlardan birini seçib ona uyğun gələn radiusunun qiymətini mm-lə qeyd etməli.
6. Düşən şüanın dalğa uzunluğu λ -nın qiymətinə görə (5) ifadəsindən linzanın əyrilik radiusunu təyin etməli. Əgər linzanın əyrilik radiusu mə'lumdursa, onda (5) ifadəsinə görə düşən işıqın dalğa uzunluğunu tapmalı.
7. Təcrübəni 3-5 dəfə təkrar edib, uyğun şüalar və linzanın əyrilik radiusu üçün orta qiymət tapmalı.

LABORATORİYA İŞİ № 22

LİNZANIN FOKUS MƏSAFƏSİNİN TƏ'YİNİ

İstifadə olunan ləvazimat:

optik masa, toplayıcı və səpici linzalar, işıq mənbəyi, ekran, millimetr bölgülü xətkəş.

QISA NƏZƏRİ MƏ'LUMAT

Optik cihazların əsasını müxtəlif tipli linzalar təşkil edir. *İki tərəfi sferik və ya bir tərəfi müstəvi səthlə hədudlanmış şəffaf cisim linza adlanır.* Linzalar işığa həssas şəffaf cisimlərdən: şüşədən, kvarsdan, plastmasdan, daş duzdan hazırlanır. Sferik səthlərin qarşılıqlı vəziyyətindən asılı olaraq linzalar qabarıq və çökük olur. Ortası kənarlarından qalın olan linzalar *qabarıq*, əksinə ortası kənarlarından nazik olan linzalar *çökük* linzalar adlanır.

Linzanı əmələ gətirən sferik səthlərin mərkəzlərindən və optik mərkəzdən keçən xəttə linzanın *baş optik oxu* deyilir. Optik mərkəzdən keçən digər oxlar isə köməkçi oxlar adlanır.

Qabarıq linzanın baş optik oxuna paralel olan şüalar linzadan keçdikdən sonra baş optik ox üzərində bir nöqtədə toplanır, bu nöqtəyə linzanın *baş fokusu* deyilir və F ilə işarə olunur. Belə linza toplayıcı linza adlanır. Çökük linzada baş optik oxa paralel düşən şüalar linzada sındıqdan sonra şüaların özləri yox, onların uzantıları bir nöqtədə kəşir. Bu nöqtə çökük linzanın baş fokusu adlanır. Bu *mövhum*i fokusdur. Çökük linza səpici linza adlanır.

Linzanın baş fokusundan keçən və baş optik oxa perpendikulyar olan müstəviyə *fokal müstəvi* deyilir. Hər bir linzanın iki fokal müstəvisi vardır.

Linzanın fokus nöqtəsindən linzanın optik mərkəzinə qədər olan məsafə linzanın fokus məsafəsi adlanır və F ilə

işarə olunur.

Yuxarıda deyilənlərdən istifadə edib, şəkil 1-ə görə linza düsturunu çıxaraq.

AOB və A_1OB_1 üçbucaqlarının oxşarlığından alarıq ki,

$$\frac{BO}{OB_1} = \frac{AB}{A_1B_1}$$

Digər tərəfdən COF və FA_1B_1 üçbucaqlarının oxşarlığından alarıq ki, $\frac{CO}{A_1B_1} = \frac{OF}{FB_1}$. $AB=CO$ olduğundan istifa-

də edib, şəkil 1-ə görə linza düsturunu çıxaraq.

$$\frac{BO}{OB_1} = \frac{AB}{A_1B_1} \qquad \frac{AB}{A_1B_1} = \frac{OF}{FB_1}.$$

Buradan

$$\frac{BO}{OB_1} = \frac{OF}{FB_1}$$

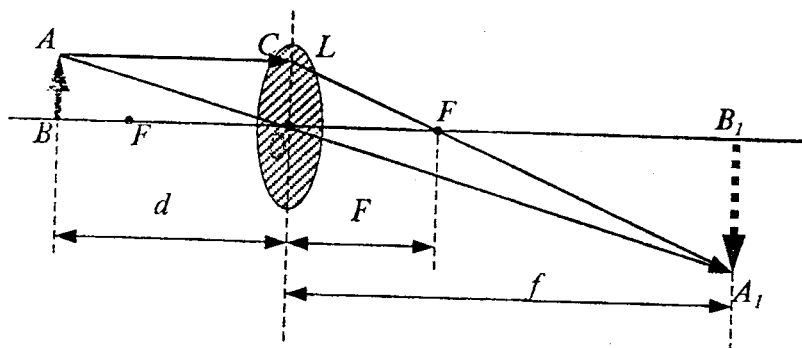
alınar. Burada $BO=d$ cisim məsafəsi, $OF=F$ fokus məsafəsi, $OB_1=f$ xəyal məsafəsi olduğunu nəzərə alsaq, onda alarıq ki,

$$\frac{d}{f} = \frac{F}{f-F}$$

Sadə çevirmədən sonra $fF+Fd=fd$ olar. Sonuncu ifadənin bütün hədlərini fFd hasilinə bölsək, onda

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad (1)$$

olar. Bu ifadə nazik linzanın düsturu adlanır.



Şəkil 1

Fokus məsafəsinin tərs qiyməti linzanın optik qüvvəsi adlanır.

$$D = \frac{1}{F}$$

Optik qüvvənin vahidi 1 dioptriya. 1 dioptriya - fokus məsafəsi 1 m olan linzanın optik qüvvəsidir.

$$1 \text{ dptr} = 1 \text{ m}^{-1}$$

Linzanın fokus məsafəsini tapmaq üçün d və f -in qiymətlərini bilmək lazımdır. Təcrübədə onları bilavasitə dəqiq ölçmək çətindir. Bu məqsədlə linzanın fokus məsafəsini təyin etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Bu üsullardan ən çox yayılmışı Bessel üsuludur. Onun mahiyyəti aşağıdakı kimidir.

Cisimlə ekran arasındakı məsafə linzanın fokus məsafəsindən dörd dəfə böyük olduqda linzanı ekranla cisim ara-

sında hərəkət etdirməklə ekran üzərində cismin iki eyni xəyalını almaq olar. Bu xəyallardan biri böyüdülmüş, digəri isə kiçildilmiş olacaqdır. Tutaq ki, cisimlə ekran arasındakı məsafə L -dir. Linzanın 1-ci və 2-ci vəziyyətləri arasındakı məsafə isə b -dir. Linza 1-ci vəziyyətdə olduqda, xəyalla linza arasındakı məsafə f , cisimlə linza arasındakı məsafə d , bu məsafələr 2-ci vəziyyətdə olduqda isə uyğun olaraq f_1 və d_1 olarsa, bu zaman

$$L = d + f = d_1 + f_1 \quad \text{və} \quad f = b + f_1$$

$$d = f_1 \quad \text{və} \quad f = d_1 \quad \text{olduğundan} \quad f = b + d$$

və ya

$$d = \frac{L-b}{2}; \quad f = \frac{L+b}{2} \quad (2)$$

olar. Sonuncu ifadəni linza düsturunda nəzərə alsaq, onda linzanın fokus məsafəsi üçün yaza bilərik ki,

$$F = \frac{(L+b)(L-b)}{4L} \quad (3)$$

Deməli, linzanın fokus məsafəsini təyin etmək üçün linzanın uyğun iki vəziyyəti arasındakı məsafəni bilmək lazımdır. Bu qayda ilə toplayıcı linzanın fokus məsafəsi təyin edilir.

Səpici linza həqiqi xəyal vermədiyindən onun fokus məsafəsini təyin etmək üçün əlavə olaraq bir toplayıcı linzadan da istifadə etmək lazımdır. Tutaq ki, S nöqtəsindən çıxan şüalar toplayıcı linzada sınaq, hər hansı S_1 nöqtəsində toplanmışdır (şəkil 2). Yuxarıda deyilənlərdən istifadə edib, şəkil 1 görə səpici linza düsturunu çıxara bilərik.

AOB və A_1OB_1 üçbucaqlarının oxşarlığından alırıq ki,

$$\frac{BO}{OB_1} = \frac{AB}{A_1B_1}$$

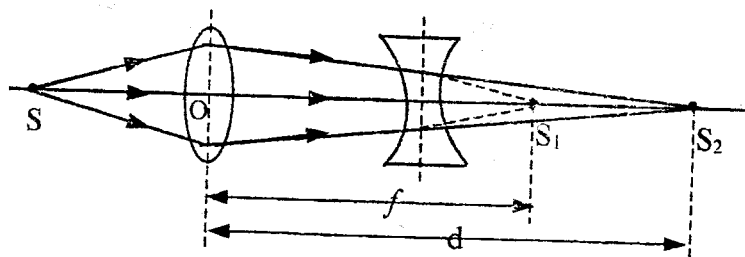
Əgər səpici linza toplayıcı linza ilə S_1 nöqtəsi arasında yerləşdirilsə, S_1 nöqtəsindən gələn şüalar daha uzaqda olan S_2 nöqtəsində toplanar. Bu halda səpici linza üçün S_1 nöqtəsi S_2 nöqtəsinin mövhumı xəyalı olar. Əgər OS_2 məsafəsi - d , OS_1 məsafəsi - f ilə işarə olunarsa, onda

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

olar. Buradan

$$F = \frac{df}{d - f} \quad (4)$$

alınar.

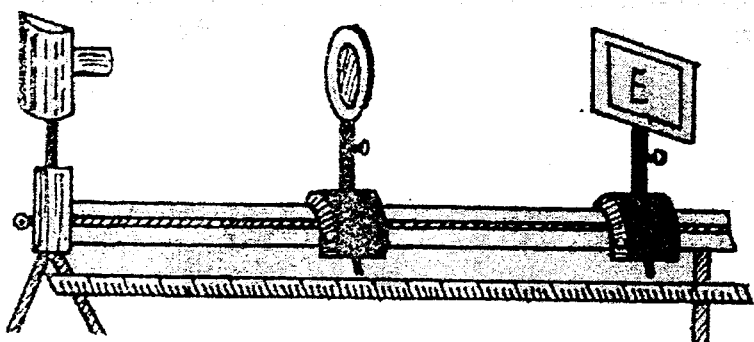


Şəkil 2

Səpici linzanın fokus məsafəsini (4) düsturu ilə təyin etmək olar.

Fokus məsafəsini təyin etmək üçün istifadə olunan qurğu şəkil 3-də verilmiş optik stoldan və stol üzərində sürüşdürülə bilən ekran, linza və qutuda yerləşdirilmiş işıq

mənbəyindən ibarətdir. Qutunun linzaya tərəf olan üzündə isə xəyal alınacaq cisim yerləşdirilmişdir.



Şəkil 3

İŞİN GEDİŞİ

1. Ekranı, optik stol üzərində relsə bərkidib, toplayıcı linzanı rels üzərindəki K lövhəsinin tutacağına taxmalı.
2. K lövhəsi bərkidilmiş sürgünü rels üzərində hərəkət etdirməklə işıq mənbəyi qarşısına qoyulmuş torun bir dəfə böyüdülmüş, bir dəfə isə kiçildilmiş xəyalını ekran üzərində almalı.
3. Torla ekran arasındakı məsafəni (L) və linzanın hər iki vəziyyətləri arasındakı b -məsafəsini təyin etməli.
4. Alınan nəticələri (3) ifadəsində yerinə yazıb, toplayıcı linzanın fokus məsafəsini tapmalı.
5. Optik stol üzərində ekranın yerini bir qədər dəyişdirərək təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməli. Linzanın fokus məsafəsinin orta qiymətini tapıb, təcrübənin nisbi və mütləq xəstələrini hesablamalı.

6. K lövhəsinin digər tərəfindəki tutacağa səpici linzanı bərkitməli və ekran üzərində cismin aydın xəyalını alma-
lı. Cisim məsafəsini və xəyal məsafəsini ölçərək (4) ifadə-
sinə görə səpici linzanın fokus məsafəsini hesablama-
lı. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edərək səpici linzanın fo-
kus məsafənin orta qiymətini, mütləq və nisbi xətaları
hesablama-
lı.

ƏLAVƏLƏR

Maddələrin otaq temperaturunda sıxlığı ($\times 10^3 \text{ kq/m}^3$)

Bərk cisimlər

1	Alüminium	2,7	24	Ebonit	1,2
2	Mis	8,9	25	Platin	21,5
3	Nixrom	8,2-8,5	26	Pleksiqlas	1,2
4	Qalay	7,31	27	Penoplast	0,02-0,10
5	Bürünc	8,5	28	Noxud	1,3
6	Qurğuşun	11,3	29	Kartof	1,1
7	Gümüş	10,5	30	Qarğıdalı	1,3
8	Qızıl	19,3	31	Yarma	1,3
9	Polad	7,7-7,9	32	Xörək duzu	2,2
10	Buz	0,9	33	İnək yağı	0,9
11	Pəncərə şüşəsi	2,4-2,6	34	Alminium	0,96
12	Çini	2,3	35	Yazı kağızı	0,7-1,1
13	Almaz	3,51	36	Asfalt	1,1-2,8
14	Beton	1,8-2,4	37	Volfram	1,93
15	Qranit	2,5-2,8	38	Qrafit	2,10-2,52
16	Quru ağac bambuk ağcaqayın palıd şam	0,4 0,6-0,8 0,7-1,0 0,4-0,7	39	Kauçuk Texniki Təmiz	0,911 0,906
17	Kərpic	1,4-1,6	40	Konstanta n	8,90
18	Latun	8,5-8,7	41	Manqan	1,738
19	Natrium	0,971	42	Nikelin	8,5-8,8
20	Parafin	0,90	43	Mantar	0,22-0,26
21	Piy	0,93	44	Uran	19,00
22	Farfor	2,2-2,5	45	Çuqun ağ boz	7,2-7,7 6,6-7,4
23	Kəhraba	1,1			

Qazlar (kq/m³)

1	Azot	1,25	6	Oksigen	1,43
2	Ammonyak	0,77	7	Metan	0,71
3	Hidrogen	0,9	8	Karbon qazı	1,98
4	Hava	1,29	9	Xlor	0,00321
5	Helium	0,18	10	Azon	0,00214

Mayelər

1	Benzin	0,70	14	Süd (orta yağlı)	1,03
2	Su (40S-də)	1,00	15	Neft	0,73-0,94
3	Dəniz suyu	1,01-1,05	16	Civə (00S-də)	13,546
4	Qliserin	1,26	17	Skipidar	0,87
5	Kerosin	0,80	18	Spirt	0,80
6	Sürtkü yağı	0,90	19	Efir	0,71
7	Günəbaxanın yağı	0,93	20	Zeytun yağı	0,96
8	Sirkə turşusu	1,02	21	Azot turşusu	1,50
9	Ağır su	1,105	22	Dizel yanacağı	0,86
10	Bitki yağı	0,91-0,97	23	Gənəgərçək yağı	0,96
11	Transformator yağı	0,84-0,89	24	Mis kuporosu (20%-li)	1,23
12	Qaynar süd	1,028	25	Xlorid turşusu	1,10
13	Sulfat	1,83	26	Reaktiv	

	turşusu			təyyarə üçün yanacaq T-1 T-2	0,80-0,82 0,775
--	---------	--	--	---------------------------------------	--------------------

**Müxtəlif coğrafi en dairələri üçün sərbəstdüşmə təcili
(sm/s²)**

Coğrafi en dairəsi	Sərbəstdüşmə təcili	Coğrafi en dairəsi	Sərbəstdüş mə təcili
0°	978,049	55,45°(Moskva)	981,523
10°	978,204	60°	981,924
20°	978,652	70°	982,614
30°	979,338	80°	983,065
40°	980,180	90°	983,235
50°	981,066		

Müxtəlif planetlərin səthində ağırlıq qüvvəsi təcili, m/s²

1	Ay	1,62	6	Saturn	9,74
2	Merkuri	3,71	7	Yer	9,81
3	Mars	3,86	8	Neptun	11,0
4	Uran	7,51	9	Yupiter	23,95
5	Venera	8,88	10	Günəş	273,8

Bəzi səthlər üçün sürüşmə sürtünmə əmsalları

1	Ağac ağac (palıd) üzərində	0,4-0,6
2	Ağac quru torpaq üzərində	0,71
3	Polad polad üzərində	0,13
4	Polad buz üzərində	0,02
5	Kömür mis üzərində	0,25
6	Polad dəmir üzərində	0,19
7	Dəmir quru ağac üzərində	0,50-0,60
8	Polad feredo üzərində	0,25-0,45

9	Metal ağac üzərində	0,5-0,6
10	Dəri taxta üzərində	0,4-0,6
11	Polad bürünc üzərində	0,10-0,15
12	Çuqun çuqun üzərində	0,16

Bəzi metalların mexaniki xassələri

	Material	Elasiklik modulu (MPa)	Elastiklik həddi (MPa)	Möhkəmlik həddi (MPa)
1	Alüminium	70000	54	90
2	Bürünc	11500	-	400
3	Mis	100000	25	200
4	Qurğuşun	17000	25	18
5	Polad	210000	700	300
6	Mərmər	56000	-	-
7	Şüşə	50,000-80,000	18000-30000	-

Bəzi maddələrin xətti genişlənmə əmsalları ($\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)

1	Alüminium	24,5	13	Ağac (palıd)	4,0
2	Mis	17,4	14	Şüşə	9,5
3	Platin	31,6	15	Ebonit	10
4	Gümüş	19,8	16	Farfor	3,0
5	Vismut	13,4	17	Volfram	4,5
6	Dəmir	12,2	18	Qızıl	14,5
7	Nikel	14,0	19	Titan	8,5
8	Qranit	7,0	20	Kərpic	6,0
9	Mərmər	10,0	21	Şam ağacı	5,4
10	Sement	13,0	22	Arı mum	230,0
11	Buz	51,0	23	Kauçuk	77,0
12	Polietilen	220,0			

Bəzi maddələrin həcmi genişlənmə əmsalları (K^{-1})

1	Su	0,00015	5	Yağ	0,00072
2	Benzin	0,00100	6	Neft	0,00100
3	Qliserin	0,00050	7	Spirt	0,00110
4	Kerosin	0,00100	8	Civə	0,00018

**Bəzi maddələrin otaq temperaturunda
səthi gərilmə əmsalı ($\times 10^{-3} \text{N/m}$)**

1	Su	73	9	Sirkə turşusu	28
2	Qliserin	63	10	Etil spirti	21
3	Kerosin	24	11	Efir	17
4	Günəbaxan yağı	37	12	Aseton	24
5	Benzin	22	13	Qan	60
6	Süd	45	14	Neft	26
7	Sabun məhlulu	40	15	Civə	480
8	Skipidar	29			

Otaq temperaturunda mayelərin özlülüyü, $\text{mkPa} \cdot \text{s}$

1	Su	1	5	Kerosin	1,8
2	Aseton	0,33	6	Qan	4,5
3	Benzin	0,53	7	Gənəgərçək yağı	970
4	Civə	1,6	8	Qliserin	1500

Bəzi materialların bərklik əmsalı

1	Alüminium	20-35	8	Qalay	5
2	Quru ağac	4,1	9	Gümüş	25
3	Volfram	340	10	Titan	140
4	Quru palıd	6,2	11	Xrom	90
5	Dəmir	50	12	Sink	35
6	Qızıl	18	13	Platin	25

7	Mis	35	14	Qurğuşun	5
---	-----	----	----	----------	---

Xüsusi yanma istiliyi (MC/kq)

1	Şerti yanacaq	29,3	11	Dizel	42,7
2	Antratsit	33	12	Kerosin	44-46
3	Boz kömür	9,3	13	Mazut	40
4	Ağac kömürü	31	14	Neft	44-46
5	Quru odun	9	15	Təbii qaz	34-36
6	Daş kömür	25,5	16	Metan	35,8
7	Raket yanacağı	4,2-10,5	17	Hidrogen	11
8	Torf	10,5-14,7	18	Barıt (ov üçün)	2,8
9	Nüvə yanacağı	7,4-10 ⁷	19	Barıt (hərb üçün)	5
10	Benzin	44-47	20	Trotil	4,2

Bəzi ərzaq məhsulları üçün xüsusi yanma istiliyi (MC/kq)

1	Mal əti	7,52	8	Kefir	2,70
2	Toyuq əti	5,38	9	Kərə yağı	33
3	Donuz əti	3,53	10	Süd	2,80
4	Balıq	3,50	11	Xama	14,5
5	Yumurta	6,9	12	Qənd	17,15
6	Yarma	2,20	13	Kartof	3,78
7	Alma	2,00			

Müqavimətin temperatur əmsalı (K⁻¹)

1	Volfram	0,0050	5	Nixrom	0,0002
2	Konstantan	0,000005	6	Reotan	0,0004
3	Manqanın	0,000008	7	Fexral	0,0002
4	Nikelin	0,0001	8	Mis	0,0042

Maddələrin elektrokimyəvi ekvivalenti (kq/Kl)

1	Alüminium	$9,32 \cdot 10^{-8}$	9	Natrium	$2,383 \cdot 10^{-7}$
2	Hidrogen	$1,044 \cdot 10^{-8}$	10	Nikel (1-valentli)	$2,03 \cdot 10^{-7}$
3	Qızıl	$6,81 \cdot 10^{-7}$	11	Nikel (2-valentli)	$3,04 \cdot 10^{-7}$
4	Kalium	$4,052 \cdot 10^{-7}$	12	Civə	$2,072 \cdot 10^{-6}$
5	Kalsium	$2,077 \cdot 10^{-7}$	13	Qurğuşun	$1,074 \cdot 10^{-6}$
6	Oksigen	$8,29 \cdot 10^{-8}$	14	Gümüş	$1,118 \cdot 10^{-6}$
7	Maqnezium	$1,26 \cdot 10^{-7}$	15	Xlor	$3,67 \cdot 10^{-7}$
8	Mis	$3,294 \cdot 10^{-7}$	16	Sink	$3,388 \cdot 10^{-7}$

Bəzi maddələrin dielektrik nüfuzluğu

1	Benzin	1,9-2,0	20	Ağac	2,2-3,7
2	Vazelin	2,2	21	Kanifol	3,0-3,5
3	Su	81	22	Kapron	3,6-5,0
4	Qliserin	39	23	Mərmər	8,0-10,0
5	Kerosin	2,1	24	Parafin	1,9-2,2
6	Zeytun yağı	4,5-4,8	25	Pleksiqlas	3,0-3,6
7	Transformator yağı	2,1-2,2	26	Polixlorvinil	3,0-5,0
8	Skipidar	2,2	27	Polietilen	2,2-2,4
9	Etil spiriti	25	28	Rezin	2,6-3,0
10	Efir	4,4	29	Slüda	4,0-8,0
11	Quru kağız	2,0-2,5	30	Şüşə	5-10

12	Arı mumu	2,8-2,9	31	Tekstolit	7
13	Ebonit	4,0-4,5	32	Farfor	4,4-6,8
14	Anilin	84	33	Benzin	2,3
15	Vakuum	1	34	Su (0°S-də)	88
16	Hidrogen	1,0003	35	Hava (1 atm.-də)	1,006
17	Buz (-18°S-də)	3,2	36	Hava (10 atm.-də)	1,055
18	Rutil	130	37	Kükürd	3,6-4,3
19	Kəhraba	2,8			

**Yerin maqnit sahəsinin üfqı toplananı
(SQSM vahidləri ilə)**

Şimal en dairəsi (dərəcə ilə)

50	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550
2	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18	0,176	0,17

Bəzi izolyatorların xüsusi müqaviməti (Om·m)

1	Arı mumu	10 ¹¹ -10 ¹²	22	Rezin	~10 ¹³
2	Qetinaks	10 ⁸ -10 ⁹	23	Slüda	10 ¹³ - 10 ¹⁴
3	Quru ağac	10 ⁶ -10 ⁷	24	Şüşə	10 ⁶ -10 ¹⁵
4	Kanifol	10 ¹² -10 ¹³	25	Tekstolit	10 ⁸ -10 ⁹
5	Kapron	10 ¹⁰ -10 ¹¹	26	Fivra	10 ¹¹
6	Lavsan	10 ¹⁴ -10 ¹⁶	27	Ftoroplast	10 ¹⁶ - 10 ¹⁷
7	Parafin	10 ¹⁴ -10 ¹⁶	28	Çerazin	10 ¹³
8	Mərmər	10 ⁵ -10 ⁹	29	Şifer	10 ¹³
9	Polistirol	10 ¹³ -10 ¹⁵	30	Eskapon	10 ¹³ - 10 ¹⁵

10	Polietilen	$10^{13}-10^{15}$	31	Epoksid	$10^{11}-10^{13}$
11	Alüminium	$2,7 \cdot 10^{-8}$	32	Volfram	$5,3 \cdot 10^{-8}$
12	Dəmir	$9,9 \cdot 10^{-8}$	33	Qızıl	$2,2 \cdot 10^{-8}$
13	Konstantan	$4,7 \cdot 10^{-7}$	34	Bürünc	$6,3 \cdot 10^{-8}$
14	Manqanın	$3,9 \cdot 10^{-7}$	35	Mis	$1,68 \cdot 10^{-8}$
15	Nikelin	$4,2 \cdot 10^{-7}$	36	Nikel	$7,3 \cdot 10^{-8}$
16	Nixrom	$1,05 \cdot 10^{-6}$	37	Qalay	$1,13 \cdot 10^{-7}$
17	Osmium	$9,5 \cdot 10^{-8}$	38	Platin	$1,03 \cdot 10^{-7}$
18	Reotan	$4,5 \cdot 10^{-7}$	39	Civə	$9,54 \cdot 10^{-7}$
19	Qurğuşun	$2,07 \cdot 10^{-7}$	40	Gümüş	$1,58 \cdot 10^{-8}$
20	Kömür	$(4,0-5,0) \cdot 10^{-5}$	41	Fexral	$1,1 \cdot 10^{-6}$
21	Sink	$5,95 \cdot 10^{-8}$			

Bəzi maddələrin sındırma əmsalları

Qazlar

1	Azot	1,000297	6	Oksigen	1,000272
2	Hidrogen	1,000138	7	Ksenon	1,000702
3	Su buxarı	1,000252	8	Neon	1,000067
4	Hava	1,000292	9	Karbon qazı	1,000334
5	Helium	1,000035	10	Dəm qazı	1,000450

Mayələr

1	Benzin	1,38-1,41	7	Zeytun yağı	1,48
2	Su	1,333	8	Günəbaxan yağı	1,47
3	Qliserin	1,47	9	Ərimiş naftalin	1,58
4	Maye azot	1,197	10	Ərimiş parafin	1,48
5	Sulfat turşusu	1,43	11	Skipidar	1,47
6	Etil spirti	1,362	12	Efir spirti	1,354

Bərk cisimlər

1	Almaz	2,417	6	Buz	1,31
2	Jelatin	1,525	7	Qənd	1,56
3	Daş duz	1,544	8	Kəhraba	1,546
4	Kamfora	1,546	9	Slüda	1,60
5	Kvars	1,54	10	Optik şüşə Yüngül kron Flint	1,51 1,77

Tam daxili qayıtmanın limit bucağı

1	Almaz	24°	4	Etil spirti	47°
2	Su	49°	5	Müxtəlif şüşə	30-42°
3	Qliserin	43°	6	Etil efiri	47°

Müxtəlif mühitlərdə işığın yayılma sürəti (km/s)

1	Vakuum	299793	8	Qliserin	203000
2	Azot	299700	9	Almaz	123600
3	Hidrogen	299750	10	Kvars	194000
4	Hava	299705	11	Buz	229000
5	Oksigen	299710	12	Optik şüşə Ağır flint S-18 Yüngül kron S-24	169000 190000
6	Benzin	214000	13	Kəhraba	194000
7	Su	224840			

Görünən işığın dalğa uzunluğu

Rəng	λ		Rəng	λ	
	10^{-7}m	nm		10^{-7}m	nm
1 Qırmızı	7,6- 6,2	760- 620	5 Mavi	5,0- 4,8	500- 480
2 Narıncı	6,2- 5,9	620- 590	6 Göy	4,8- 4,5	480- 450
3 Sarı	5,9- 5,6	590- 560	7 Bənövşəyi	4,5- 3,8	450- 380
4 Yaşıl	5,6- 5,0	560- 500			

FRAUNHOFER XƏTTLƏRİ

Xəttin işarəsi	λ , nm	Günəş spektrində intervalı	Xəttin işarəsi	λ , nm	Günəş spektrində intervalı
<i>A</i>	75 9,4	tünd qırmızı	<i>F</i>	486,1	mavi
<i>B</i>	68 7,0	tünd qırmızı	<i>G</i> [^]	434,0	bənövşəyi
<i>C</i>	65 6,3	qırmızı	<i>G</i>	430,8	bənövşəyi
<i>D</i> ₁	58 9,6	narıncı	<i>H</i>	396,8	tünd bənövşəyi
<i>D</i> ₂	58 9,0	narıncı	<i>K</i>	393,4	tünd bənövşəyi
<i>E</i>	52 7,0	Yaşıl			

Bəzi maddələr üçün fotoeffektin qırmızı sərhədi (nm)

<i>1</i>	Barium	484	<i>7</i>	Platin	190
<i>2</i>	Volfram	272	<i>8</i>	Rubidium	573
<i>3</i>	Germanium	272	<i>9</i>	Gümüş	261
<i>4</i>	Mis oksid	239	<i>10</i>	Sezium	662
<i>5</i>	Nikel	249	<i>11</i>	Volfram üzərində sezium	909
<i>6</i>	Barium oksid	1235			

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT

1. V.İ.Tahirov Ümumi fizika kursu (elektrik və maqnetizm). Bakı, 2002.
2. S.Q.Kalaşnikov Elektrik bəhsi. Bakı, 1967.
3. N.M.Qocayev Optika. Bakı, 1977.
4. N.F.Qəhrəmanov, Y.Q.Nurullayev, Y.Y.Hüseynov Fizika praktikumu (elektromaqnetizm), Sumqayıt, 2002.
5. Y.Q.Nurullayev, E.S.Qarayev. V.M.Kərimov Təbiət fakültəsi tələbələri üçün fizika praktikumu, Bakı, 2003.

MÜNDƏRİCAT

Laboratoriya işləri

Elektrik bölməsi

	səh.
1. Ampermetrin dərəcələnməsi	3
2. Voltmetrin dərəcələnməsi	6
3. Sabit cərəyan körpüsü vasitəsi ilə müqavimətin təyini	10
4. Müqavimətin ampermetr və voltmetr vasitəsi ilə təyini	15
5. Metalların müqavimətinin temperatur əmsalının təyini	17
6. Yarımqeçiricilərin elektrik keçiriciliyinin öyrənilməsi	22
7. Elektroliz qanunlarının öyrənilməsi və misin elektrokimyəvi ekvivalentinin təyini	28
8. Termocütün dərəcələnməsi və termoelektrik hərəkət qüvvəsinin təyini	34
9. Elementin daxili müqavimətinin təyini	41
10. Yer in maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqi toplanaının təyini	44
11. Kalorimetr vasitəsi ilə elektrik enerjisinin istilik ekvivalentinin təyini	49
12. Elektronun xüsusi yükünün təyini	52
13. Dəyişən cərəyan dövrəsinin öyrənilməsi	57
<i>Çalışma 1.</i> Dəyişən cərəyan dövrəsində induktiv müqavimətin təyini	62
<i>Çalışma 2.</i> Dəyişən cərəyan dövrəsində tutum müqavimətinin təyini	65
<i>Çalışma 3.</i> Dəyişən cərəyan üçün Om qanununun yoxlanılması	67
14. Transformatorun iş prinsipinin öyrənilməsi	69

Optika

15. Mikroskop vasitəsi ilə şüşə lövhənin sındırma əsalının təyini	73
16. Difraksiya qəfəsi vasitəsi ilə işığın dalğa uzunluğunun təyini	78
17. Məhlulların konsentrasiyasının saxarometr vsitəsi ilə təyini	83
18. Mənbəyin işıq şiddətinin fotometr vsitəsi ilə təyini	90
19. Fotoelementin həssaslığının təyini	95
20. Spektrometr vasitəsi ilə işığın dispersiyasının öyrənilməsi	100
21. İşığın dalğa uzunluğu və linzanın ayrılık radiusunun Nyuton halqaları vasitəsi ilə təyini	103
22. Linzanın fokus məsafəsinin təyini	109
Əlavələr	116
İstifadə olunan ədəbiyyat	128

BAYRAMOV YAQUB CƏLİL oğlu

FİZİKA PRAKTİKUMU

(ELEKTROMAQNÉTİZM VƏ OPTİKA)

Ali məktəb tələbələri üçün dərs vəsaiti

II hissə

Naşir: *Rafiq BABAYEV*

Dizayn: *İradə ƏHMƏDOVA*

Yığılmağa verilmişdir: 18.05.2003

Çapa imzalanmışdır: 22.10.2003

Format 60x84 1/16. Şərti çap vərəqi 11,25; tiraj 500

Qiyməti müqavilə ilə

«El-ALLiance» şirkətinin mətbəəsində

çap olunmuşdur