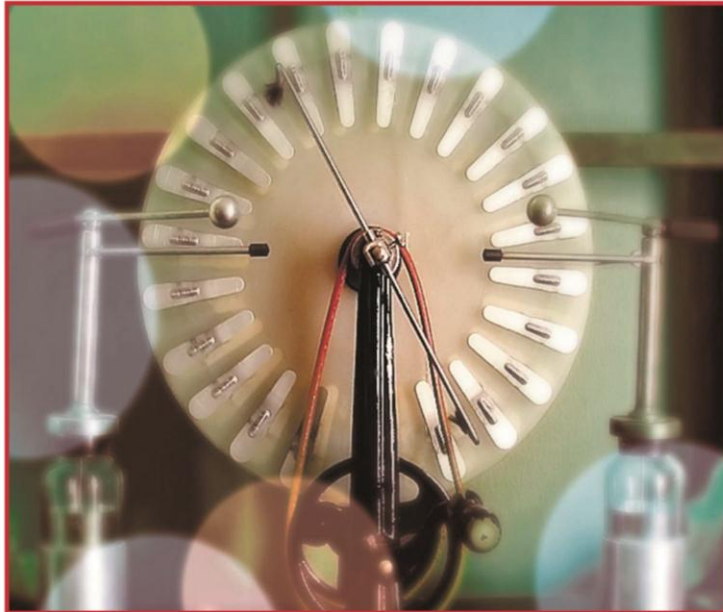


M.M.Tağıyev, A.M.Əhmədova

FİZİKA PRAKTİKUMU



“İQTİSAD UNİVERSİTETİ” NƏŞRİYYATI

M.M.Tağıyev, A.M.Əhmədova

FİZİKA PRAKTİKUMU

(Mexanika, molekulyar, elektrik, optika
və atom fizikası üzrə laboratoriya işləri)

Dərs vəsaiti

Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin Tədris-
Metodiki Şurasının 06 iyul 2018-ci il tarixli 05 sayılı
protokoluna əsasən çapa tövsiyə edilib

B A K I - 2 0 1 9

Elmi redaktor: akademik, f.r.e.d., prof. **Abdinov C.Ş.**

Rəyçi: AMEA-nın Fizika İnstitutunun böyük elmi işçisi, f-r., e.d., prof. **Barxalov B.Ş.**

Tağıyev M.M., Əhmədova A.M. Fizika praktikumu (Mexanika, molekulyar, elektrik, optika və atom fizikası üzrə laboratoriya işləri).

Ali məktəblərin qeyri-fizika ixtisasları üçün dərs vəsaiti. Bakı: “İqtisad Universiteti” Nəşriyyatı, 2019. - 238 səh.

Dərs vəsaiti ali məktəblərin qeyri-fizika ixtisaslarında təhsil alan tələbələr üçün fizika fənninin proqramına uyğun hazırlanmışdır.

Ümumi fizika kursunu əhatə edən 58 laboratoriya işindən ibarət olan vəsaitdə tələbələrin laboratoriya dərslərinə hazırlıq qaydaları və işin yerinə yetirilməsinə dair tələblər, həmçinin təcrübi xətlər və onların təyini üsulları haqqında məlumat verilmişdir. Hər bir laboratoriya işinin yığcam nəzəriyyəsi verilmiş, istifadə olunan cihazların iş prinsipi göstərilmiş, təcrübənin aparılma qaydaları şərh olunmuşdur.

© Tağıyev M.M., Əhmədova A.M. - 2019

© “İqtisad Universiteti” Nəşriyyatı - 2019

ÖN SÖZ

Fizikanın həm orta məktəbdə, həm də ali məktəbdə tədrisində laboratoriya işlərinin rolu əvəzsizdir.

Laboratoriya işləri fiziki hadisənin müşahidə edilməsinə, alınan nəticələrin müqayisəli təhlilinə şərait yaradır. Təbiətşünaslığın əsas elmlərindən olan fizika ali məktəblərin riyaziyyat, kimya, biologiya, texniki-texnoloji və s. ixtisaslarında tədris olunur. Bu fakültələrdə tədris olunan materialın həcmi və istiqaməti müxtəlif olur.

Tərtib edilmiş bu dərs vəsaitinə ümumi fizika kursunun «Mexanika», «Molekulyar fizika və termodinamika», «Elektrik və maqnetizm», «Optika», «Atom və nüvə fizikası» bölmələrini əhatə edən 58 laboratoriya işi daxil edilmişdir. Ənənəvi laboratoriya praktikumlarında olduğu kimi, bu vəsaitdə də əvvəlcə işin gedişində istifadə olunacaq cihaz və avadanlığın siyahısı, qısa nəzəri məlumat və işin gedişi şərh olunmuşdur. Tədris materialının daha yaxşı mənimsənilməsi üçün laboratoriya işlərinin axırında düşündürücü suallar verilmişdir.

Digər dərs vəsaitlərindən fərqli olaraq bu kitabda ali məktəblərin qeyri-fizika ixtisaslarında tədris olunan ümumi fizika kursunun bütün bölmələrini əhatə edən, tədris proqramına uyğun laboratoriya işləri daxil edilmişdir.

Laboratoriya işlərinin yazılmasında sxematik təsvirlərdən, düsturlardan, qrafiklərdən istifadə edilmiş, tövsiyə edilmiş ədəbiyyat siyahısına son dövrlərdə çap olunmuş ədəbiyyatlar daxil edilmişdir.

Müəlliflər

I. Fizika laboratoriyasında təhlükəsizlik texnikası (TT) üzrə ümumi tələblər

1. Fizika laboratoriyasında tələbələr işləməyə təhlükəsizlik texnikası ilə tanış olduqdan sonra başlaya bilərlər.

Qurğularda işlər ancaq müəllimin icazəsindən sonra, tələbənin və laborantın nəzarəti altında yerinə yetirilir.

2. Texniki təhlükəsizlik üzrə təlimat semestrdə bir dəfə- dərslər başlamazdan əvvəl laboratoriya məşğələlərini aparan müəllim tərəfindən keçirilir.

Laboratoriyada işləyərkən tələbələr daxili nizam-intizam, TT qaydalarına riayət etmələrinə və işlətdikləri cihazların sazlığına görə məsuliyyət daşıyırlar.

3. Elektrik qurğuların əksəriyyəti 220V gərginlikli dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşulur. Ona görə də bu qurğuların qoşulması yalnız laborant və ya müəllimin baxışından sonra icra edilir.

1. İş başlamazdan öncə təhlükəsizlik tədbirləri

1. Avadanlığın və cihazların gövdələrinin yerlə birləşmələrini yoxlamalı;
2. Cihazlarda olan şəbəkə gərginliyi çevricilərinin vəziyyətini yoxlamalı;
3. Qidalama mənbələrinin gərginlik tənzimləyiciləri sol kənar vəziyyətdə (sıfır gərginlik) olmalıdır;
4. Ölçü cihazlarının aralıq tənzimləyiciləri sağ kənar vəziyyətdə olmalıdır.
5. Bütün ölçü cihazlarının qidalandırma kabellərini qoşmalı;
6. Cihazların qoşulma sxemini yığmalı və yoxlamaq üçün müəllimə və ya laboranta göstərməli;
7. Tələbə təcrübəyə yalnız müəllimin və ya laborantın icazəsindən sonra başlamalıdır.

2. İş vaxtı təhlükəsizlik tədbirləri

Tələbələrə qadağandır:

1. Gərginlik altında olan sxemlərdə qoşulmalar aparmaq;
2. Gərginlik altında olan sxemləri müşahidəsiz buraxmaq;

3. Qurğunun işləyən vəziyyətində naqillərin açıq yerlərinə və birləşmələrə əl ilə toxunmaq;
4. Cihazlarda olan şəbəkə gərginliyi çevricilərinin vəziyyətini dəyişmək;
Qurğuda nasazlıq aşkar olunduqda dərhal xidməti personala və ya müəllimə müraciət etmək lazımdır.

3. İşin sonunda təhlükəsizlik tədbirləri

1. İş bitirmək üçün müəllimdən icazə alınmalı, işləyən qurğu laboranta təhvil verilməlidir;
2. Ölçü cihazlarının çevriciləri sol kənar vəziyyətə gətirilməlidir;
3. Qida mənbələrinin gərginlik çevriciləri sol kənar vəziyyətə gətirilməlidir;
4. Bütün ölçü cihazlarının və qida mənbələrinin «Şəbəkə» çevriciləri söndürülməlidir;
5. Bütün ölçü cihazlarının qidalandırma naqilləri şəbəkədən ayrılmalıdır.

TT tələbləri və normalarının kobud pozuntusu hallarında və təlimatın tələbləri yerinə yetirilmədikdə, tələbə işdən kənarlaşdırılır, növbəti işə buraxılması üçün attestasiyadan keçirilir.

II. Fizika kursundan laboratoriya işlərinin yerinə yetirilmə qaydaları

Müstəqil respublikamızda təhsildə aparılan məqsədyönlü islahatlar hərtərəfli bilik və bacarığa malik mütəxəssislərin hazırlanmasında fizika qanunauyğunluqlarının daha dərinlən öyrənilməsini vacib bir məsələ kimi qarşıya qoyur. Bu səbəbdən istər akademiya və universitetlərdə, istərsə də texniki ali məktəblərdə fizika kursunun tədrisində laboratoriya dərslərinin düzgün təşkili və onların yerinə yetirilməsi xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Tələbələr laboratoriya dərslərində fizika qanunlarını təcrübi yoxlayır, qanunauyğunluqlar arasında əlaqəni başa düşür, fiziki sabitləri yadda saxlamaq vərdişi qazanırlar. tələbələr müasir ölçü cihazları ilə tanış edən və bu cihazlarla işləmə vərdişlərini aşılaman laboratoriya işləri onların gələcək peşə fəaliyyətinə hazırlığı üçün zəmin yaradır.

Fizika kursundan laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsi üçün tələbə tərəfindən laboratoriya işinin icmal-təlimatı tərtib olunmalıdır. Fizika dərində laboratoriya işinə buraxılmazdan əvvəl tələbə, bir qayda olaraq, müəllimin işə aid suallarına cavab verməli, işin məqsədini aydın təsəvvür etməli və işin yerinə yetirilmə qaydalarını bilməlidir. Tələbə laboratoriya işini yerinə yetirdikdən sonra təcrübədən alınan nəticələri müəllimə izah etməli, təcrübənin mütləq və nisbi xəstələrini hesablamalıdır. Alınan nəticələr düzgün olduqda, laboratoriya işinin nəticələri müəllim tərəfindən qəbul olunur. Yerinə yetirilmiş laboratoriya işini təhvil verərkən tələbə təcrübədə alınan nəticələri izah etməli, işin nəzəri hissəsinə cavab verməli və uyğun düsturların çıxarışını bilməlidir. İşin nəzəri hissəsinə cavab vermək üçün tələbə mühazirə mətnlərindən və uyğun ədəbiyyatdan istifadə etməlidir. Laboratoriya işi yerinə yetirildikdən və təhvil verildikdən sonra tələbəyə müəllim tərəfindən növbəti laboratoriya işi verilir.

Ümumi fizika kursundan laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsi üçün tələbənin yazılı təlimatının olması vacibdir. Təlimat ayrıca laboratoriya dəftərində aşağıdakı qaydada tərtib olunmalıdır:

1. Laboratoriya işinin adı.
2. İşdə istifadə olunan ləvazimat və cihazlar.
3. İş haqqında qısa nəzəri məlumat.
4. İşə aid sxem və şəkillər.
5. Laboratoriya işinin yerinə yetirilmə ardıcılığı.

Qeyd:

1. *Tələbə laboratoriya işini yerinə yetirərkən cihaz və avadanlıqlarla ehtiyatlı davranmalı, təhlükəsizlik qaydalarına ciddi əməl etməlidir. Yığılmış elektrik dövrələri müəllim və ya laborant tərəfindən yoxlanıldıqdan sonra dövrəyə qoşulmalıdır.*
2. *Laboratoriya işinin yazılı təlimatı olmayan tələbə laboratoriya işinin yerinə yetirilməsinə buraxılmır.*
3. *Əgər tələbə yerinə yetirdiyi laboratoriya işinə üç dəfə cavab verə bilməsə, laboratoriya işi qəbul edilməmiş sayılır və tələbə həmin işi yenidən yerinə yetirməlidir.*

III. Laboratoriya təcrübələrində xətlərin hesablanması

Fiziki kəmiyyətlərin ölçülmə dəqiqliyi təcrübədə istifadə olunan üsuldən, cihazların həssaslığından, ölçmə aparən şəxsin bacarıq və qabiliyyətindən asılıdır. Ona görə də hər bir fiziki kəmiyyətin mümkün qədər dəqiq qiyməti ölçülərkən müəyyən dərəcədə təcrübi xətlərə yol verilir.

Laboratoriya işində fiziki kəmiyyətlər ya birbaşa ölçülür, ya da uyğun düsturlardan hesablanır. Alınan nəticələrin dəqiqliyi ayrı-ayrı kəmiyyətlərin ölçülməsində yol verilən təcrübi xətlərlə bağlıdır. Fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsində müşahidə olunan təcrübi xətlər iki qrupa ayrılır:

1. *Təsadüfi xətlər.*
2. *Sistematik xətlər.*

Təsadüfi xətlər ölçü cihazlarının qeyri-normal olmasından, ölçü üsulunda səhvə yol verilməsindən, müşahidəçinin müəyyən kənar amili nəzərə almamasından, müşahidəçinin təcrübəyə ciddi yanaşmaması kimi subyektiv faktorlardan asılıdır.

Sistematik xətlər isə ölçmə zamanı istifadə olunan ölçü qurğusu və cihazların dəqiqliyi ilə əlaqədardır.

Adətən ölçülən kəmiyyətlərin həqiqi ölçülərinə yaxın qiymət tapmaq üçün təcrübə bir neçə dəfə təkrar edilir və ölçülən kəmiyyətin orta qiyməti tapılır. Bu halda kəmiyyətin orta qiyməti onun həqiqi qiymətindən yol verilən təcrübi xətlənin qiyməti qədər fərqlənir.

Fərz edək ki, təcrübədə x kəmiyyəti n dəfə təkrar ölçülmüş və bu kəmiyyət üçün $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ qiymətləri alınmışdır. Ölçmələrdən kəmiyyətin həqiqi qiymətinə yaxın olan x_{or} - orta qiymət-kəmiyyətin ölçülən ayrı-ayrı qiymətləri cəminin ölçülərin sayına olan nisbətində bərabərdir. Yəni,

$$x_{or} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}.$$

Ölçülən kəmiyyətlərin orta qiymətini tapmaq üçün ölçmələr ən azı üç dəfə təkrarlanır. Ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətinin hesablanmış orta qiymətdən nə qədər fərqləndiyini müəyyən etmək üçün mütləq və nisbi xətlərdən istifadə olunur. Təcrübənin *mütləq* və *nisbi xətləri* aşağıdakı qaydada hesablanır:

1. Kəmiyyət üçün ayrı-ayrı ölçmələrin mütləq xətası,

2. Kəmiyyətin təyin olunmuş orta qiymətinin mütləq xətası,
3. Kəmiyyətin ayrı-ayrı ölçmələrinin nisbi xətası,
4. Kəmiyyətin müxtəlif ölçmələrin orta nisbi xətası.

Fərz edək ki, fiziki kəmiyyətin ölçülməsi üç dəfə təkrar edilib və ölçülən kəmiyyət üçün uyğun olaraq x_1, x_2, x_3 qiymətləri alınmışdır. Bu halda ölçülən kəmiyyətin orta qiyməti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$x_{or} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}.$$

1. Təcrübədə ölçülən kəmiyyətin orta qiyməti ilə ayrı-ayrı ölçmələrdən alınan qiymətlərin fərqi mütləq qiymətinə həmin ölçmənin *mütləq xətası* deyilir və aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\Delta x_1 = |x_{or} - x_1|$$

$$\Delta x_2 = |x_{or} - x_2|$$

$$\Delta x_3 = |x_{or} - x_3|$$

2. Kəmiyyətin ayrı-ayrı ölçmələrinin mütləq xətalarının orta qiymətinə ölçmənin *orta mütləq xətası* deyilir və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta x_{or} = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3|}{3}.$$

3. Kəmiyyətin ayrı-ayrı ölçmələrinin mütləq xətalarının kəmiyyətin ölçmədən alınan qiymətlərinə olan nisbətində ölçmələrin *nisbi xətası* deyilir və belə təyin olunur:

$$\Delta N_1 = \frac{|\Delta x_1|}{x_1}$$

$$\Delta N_2 = \frac{|\Delta x_2|}{x_2}$$

$$\Delta N_3 = \frac{|\Delta x_3|}{x_3}$$

4. Kəmiyyətin ölçmələrinin nisbi xətalarının orta qiymətinə təcrübənin *orta nisbi xətası* deyilir və aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\Delta N_{or} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3}{3}.$$

Beləliklə, axtarılan x fiziki kəmiyyətinin həqiqi qiyməti $x_{həq} = x_{or} \pm \Delta x$ şəklində olar. Yadda saxlamaq lazımdır ki, x kəmiyyəti hansı dəqiqliklə ölçülürsə, bu kəmiyyətin mütləq xətası Δx – in hesablanması zamanı

alınan nəticəni də həmin dəqiqliklə götürmək lazımdır. Onda deyə bilərik ki, fiziki kəmiyyətin həqiqi qiyməti $x_{or} - \Delta x$ ilə $x_{or} + \Delta x$ arasında olar.

Ölçmənin nisbi xətası ölçülən kəmiyyətin orta mütləq xətasının onun orta qiymətinə olan nisbəti ilə təyin olunur və E hərfi ilə işarə edilir. Adətən laboratoriya işində ölçülən kəmiyyətin nisbi xətasını faizlə ifadə edirlər. Bu halda ölçmənin nisbi xətasını aşağıdakı düsturla ifadə etmək olar:

$$E = \frac{\Delta x}{x_{or}} \cdot 100\%$$

Fiziki kəmiyyətin ölçülməsində xətalara təyin olunmasına misal olaraq, bərk cismin sıxlığının təyində buraxılan ölçmə xətalərini nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, təcrübədə bərk cismin sıxlığı piknometrlə 3 dəfə ölçülmüş və sıxlıq üçün uyğun olaraq ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 qiymətləri alınmışdır. Bu kəmiyyətlərin orta qiyməti

$$\rho_{op} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$$

düsturuna əsasən təyin edilir.

Ayrı-ayrı ölçmələrin mütləq xətaləri isə uyğun olaraq

$$\Delta\rho_1 = |\rho_{or} - \rho_1|, \quad \Delta\rho_2 = |\rho_{or} - \rho_2|, \quad \Delta\rho_3 = |\rho_{or} - \rho_3|$$

kimi hesablanır. Bu halda ölçmələrin mütləq xətalərinin orta qiyməti

$$\Delta\rho_{or} = \frac{\Delta\rho_1 + \Delta\rho_2 + \Delta\rho_3}{3}$$

olar. Onda bərk cismin sıxlığının həqiqi qiyməti:

$$\rho_{\text{həqiqi}} = \rho_{or} \pm \Delta\rho$$

düsturuna əsasən təyin edilir.

Bir sıra hallarda axtarılan kəmiyyətlər bilavasitə təcrübədə ölçülməyib, bir neçə kəmiyyətin ölçülməsindən alınan nəticələr üzərində aparılan hesablamalardan dolayı yolla tapılır. Belə hallarda təcrübədə ayrı-ayrı kəmiyyətlərin ölçülməsində buraxılan xətalara əsasən axtarılan kəmiyyətin orta xətasını hesablamaq lazımdır. Bu halda təyin olunan kəmiyyətin işçi düsturundan istifadə edib xəta düsturunu çıxarmaq lazımdır. Laboratoriya işində misin elektrokimyəvi ekvivalentini təyin etmək üçün tələbə tərəzidə elektrodun kütləsini çəkir, elektrolitdən axan cərəyan şiddətini ampermetrlə ölçür və cərəyanın axma müddətini saniyəölçənlə müəyyən edir və xəta düsturunu $m = kIt$ düsturundan çıxarır. Xəta düsturunu çıxarmaq üçün elektrokimyəvi ekvivalentin təyini üçün olan

$$k = \frac{m}{It}$$

ifadəsini əvvəlcə loqarifmləyib sonra diferensiallayaq:

$$\lg k = \lg m - \lg I - \lg t ,$$
$$\frac{dk}{k} = \frac{dm}{m} - \frac{dI}{I} - \frac{dt}{t}$$

Sonuncu ifadədə diferensialı artımla (Δ ilə) əvəz edib mənfi işarələri müsbətlə əvəz edək. Bu halda kəmiyyətin ölçülməsində buraxılan nisbi xətanın maksimum qiyməti üçün aşağıdakı ifadəni alırıq:

$$\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta t}{t} .$$

Burada, Δm -kütlənin ölçülməsində, ΔI – cərəyan şiddətinin ölçülməsində, Δt – zamanın ölçülməsində buraxılan xətalardır. Bu xətlər uyğun olaraq, tərəzinin, ampermetr və saniyə ölçünün ölçü xətalıdır. Əgər kütlənin təyinində istifadə olunan ən kiçik çəki daşı 10 mq-dırsa, onda kütlənin təyinində buraxılan xətanı 5 mq, cərəyan şiddətinin təyinində buraxılan xəta şkalının bir kiçik bölgüsü və ya onun yarısı götürülür. Məsələn, 100 bölgüsü olan 1A–lik cihazda cərəyan şiddətinin təyinində buraxılan xətanı 1 bölgünün qiyməti qədər götürmək olar. Zaman, adətən, saniyəölçənlə ölçüldüyündən, bu halda zamanın ölçülməsində buraxılan xətanı 3-5 saniyə götürmək olar.

I BÖLMƏ

MEXANİKA LABORATORİYA İŞİ № 1

PİKNOMETRLƏ BƏRK CİSİMLƏRİN VƏ MAYELƏRİN SIXLIĞININ TƏYİNİ

1. Bərk cisimlərin sıxlığının piknometrlə təyini

Ləvazimat: texniki tərəzi, çəki daşları, piknometr, tədqiq olunan bərk cisim hissəcikləri, distillə olunmuş su, termometr, suçəkən kağız.

Qısa nəzəri məlumat

Cismin vahid həcmindəki kütləsinə onun sıxlığı deyilir. Sıxlıq skalyar kəmiyyətdir.

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

burada m -cismin kütləsi, V -həcmi, ρ isə sıxlığıdır.

Cismin vahid həcmindəki çəkisinə onun xüsusi çəkisi deyilir. Xüsusi çəki vektorial kəmiyyətdir.

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

Burada P - cismin çəkisi, V - həcmi, d isə onun xüsusi çəkisidir. BS-də sıxlıq kg/m^3 , xüsusi çəki isə N/m^3 ilə ölçülür. Cismin sıxlığı ilə onun xüsusi çəkisi arasında aşağıdakı kimi əlaqə vardır.

$$d = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

$$d = \rho g$$

Deməli, cismin xüsusi çəkisi onun sıxlığı ilə sərbəstdüşmə təcilinin hasilinə bərabərdir. Cismin xüsusi çəkisi, eləcə də sıxlığı onun növündən və temperaturundan asılıdır.

Ümumiyyətlə, cisimlərin sıxlığını təyin etmək üçün onların kütləsini və həcmi bilmək lazımdır. Sıxlığın təyində ən əlverişli üsullardan biri piknometr üsuludur. Piknometr vasitəsilə bərk cisimlərin sıxlığının tapılmasında Arximed qanunundan istifadə olunur. Piknometr boğazında vizir xətti olan kiçik şüşə kolbadan ibarətdir (şəkl.1).

Təcrübə zamanı piknometr boğazındakı xəttə qədər təmiz distillə edilmiş su ilə doldurulur. Sıxlığı təyin ediləcək bərk cismi piknometrin içərisindəki mayeyə saldıqda o, öz həcminə bərabər mayeni piknometrdə vizir xəttindən yuxarı çıxaracaqdır. Bərk cismin çıxardığı mayenin kütləsini tapmaqla, onun məlum sıxlığına əsasən həcmi və bu həcmə bərabər olan tədqiq olunan bərk cismin həcmi təyin etmək olar.



Şəkil 1

Fərz edək ki, bərk cismin kütləsi m , təmiz piknometrin su ilə birlikdə kütləsi M , bərk cismi piknometrə saldıqda yerini tutduğu mayeni suçəkən kağızla götürdükdən sonra (piknometr, bərk cisim və azalmış su) kütləsi M_0 olsun. Onda bərk cismin həcminə bərabər mayenin (bərk cismi piknometrə doldurarkən çıxardığı suyun) kütləsi

$$\Delta m = (m + M) - M_0 \quad (5)$$

olar.

Piknometrdən çıxarılan suyun Δm kütləsini həmin temperaturda onun ρ_1 sıxlığına bölsək, onun həcmi taparıq. Bu həcm həmçinin tədqiq olunan bərk cismin həcminə bərabərdir. Deyilənlərə əsasən

$$\frac{\Delta m}{\rho_1} = V \quad \text{və ya}$$

$$V = \frac{m + M - M_0}{\rho_1}$$

olar. V -nin qiymətini (1)-də yerinə yazsaq, bərk cismin sıxlığı üçün

$$\rho = \frac{m}{m + M - M_0} \rho_1 \quad (7)$$

alırıq.

Bərk cismin sıxlığını daha dəqiq təyin etmək üçün onun havada itirdiyi çəkisini də nəzərə almaq lazımdır. Bu halda bərk cismin sıxlığı aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$\rho = \frac{m}{m + M - M_0} (\rho_1 - \lambda) + \lambda \quad (8)$$

burada λ - təcrübənin aparıldığı temperaturda havanın sıxlığıdır. (8) ifadəsi ilə ixtiyari bərk cismin sıxlığını daha dəqiq hesablamaq olar.

İşin gedişi

1. Bərk cismi piknometrin boğazından keçə biləcək xırda hissələrə bölməli.
2. Tərəzi vasitəsilə bərk cismin m kütləsini tapmalı.
3. Piknometri boğazındakı xəttə qədər təmiz su ilə doldurub, onun M kütləsini tapmalı.
4. Kütləsi m olan bərk cismi piknometrə salmalı və yerini tutduğu mayeni piknometrdən pipet və ya suçəkən kağız vasitəsilə kənar etməli.
5. Piknometrin (içərisindəki təmiz su və bərk cisim ilə birlikdə) M_0 kütləsini tapmalı.
6. Təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun təmiz suyun və havanın sıxlığını ρ_1 və λ cədvəldən tapmalı.
7. Əldə edilən qiymətləri (8) ifadəsində yerinə yazaraq, bərk cismin sıxlığını hesablamalı.
8. Həmin cisim üçün təcrübəni 3 dəfə təkrar edərək ölçülən kəmiyyətin orta qiymətini tapmalı.
9. Təcrübi qiymətlərə görə mütləq və nisbi xətalara hesablamalı.

2. Mayələrin sıxlığının piknometrlə təyini

Lavazimat: *tərəzi, çəki daşları, piknometr, distillə olunmuş su, tədqiq olunmuş maye və suçəkən kağız.*

Mayələrin sıxlığını təyin etmək üçün istifadə olunan ən geniş yayılan üsul *nisbi üsul*dur. Nisbi üsulla mayələrin sıxlığını təyin etmək üçün əvvəlcə piknometr etalon maye (təmiz su), sonra tədqiq olunan maye ilə doldurulub çəkilir və etalon mayenin sıxlığı müvafiq temperaturda cədvəldən götürülür.

Təcrübə zamanı boş piknometr qurudulub, onun tərəzidə m_0 kütləsi, sonra isə su ilə doldurulub M_0 kütləsi təyin olunur. Piknometrdəki su boşaldılıb qurudulur və sıxlığı təyin olunacaq maye ilə doldurularaq M kütləsi təyin olunur.

Onda $(M_0 - m_0)$ piknometrdəki suyun, $(M - m_0)$ isə piknometrdəki tədqiq olunan mayenin kütləsi olar. Suyun sıxlığını ρ_1 ilə işars etsək, hər iki mayenin həcmi eyni olduğu üçün aşağıdakıları yaza bilərik:

$$\rho_1 = \frac{M_0 - m_0}{V} \rho_1$$

$$\rho_x = \frac{M - m_0}{V} \rho_1$$

İfadələri tərəf-tərəfə bölsək alarıq ki,

$$\frac{\rho_x}{\rho_1} = \frac{M_0 - m_0}{M - m_0}$$

Bərabər həcmli müxtəlif mayelərin sıxlıqları nisbəti onların kütlələri nisbəti kimidir. Son ifadədən ρ_x -i tapa bilərik.

$$\rho_x = \frac{M_0 - m_0}{M - m_0} \rho_1 \quad (3)$$

burada ρ_x – tədqiq olunan mayenin sıxlığıdır.

Çəki işləri havada aparıldığı üçün daha dəqiq hesablamalarda Arximed qanununa görə, çəkilərə müəyyən düzəliş vermək lazımdır. Bu halda tədqiq olunan mayenin sıxlığı aşağıdakı ifadə ilə təyin oluna bilər.

$$\rho_x = \frac{M_0 - m_0}{M - m_0} (\rho_1 - \lambda) + \lambda \quad (4)$$

Burada λ - havanın təcrübə aparılan temperaturda sıxlığıdır.

İşin gedişi

1. Piknometri qurudub, onun m_0 kütləsini tapmalı.
2. Piknometri təmiz su (etalon maye) ilə doldurub onun M kütləsini tapmalı.
3. Piknometri qurulayıb, sıxlığı təyin olunacaq maye ilə doldurub onun M kütləsini tapmalı.
4. Təcrübənin aparıldığı temperaturda suyun (etalon mayenin) və havanın sıxlıqlarını cədvəldən götürməli.
5. Alınan qiymətlərə görə (3) ifadəsinə görə tədqiq olunan mayenin sıxlığını tapmalı.
6. Daha dəqiq hesablamalarda isə mayenin sıxlığını (4) ifadəsinə görə hesablamalı.
7. Təcrübəni eyni maye üçün 3 dəfə təkrar edərək ölçülən kəmiyyətin orta qiymətini tapmalı, nisbi və mütləq xətalari hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 2

HİDROSTATİK TƏRƏZİ VASİTƏSİLƏ BƏRK VƏ MAYE CİSİMLƏRİN SIXLIĞININ TƏYİNİ

Ləvazimat: analitik və ya texniki tərəzi, çəki daşları, ölçüləcək bərk cisimlər və mayelər, distillə edilmiş su.

Cismin vahid həcminə düşən kütləsinə onun sıxlığı deyilir.

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

ifadəsi ilə təyin edilir. Burada m -cismin kütləsi, V -həcmi, ρ –isə sıxlığıdır. Cismin vahid həcminə düşən çəkisinə onun xüsusi çəkisi deyilir. Xüsusi çəki

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

ifadəsi ilə təyin edilir. Burada P – cismin çəkisi, V -həcmi, d – isə xüsusi çəkisidir.

$P = mg$ olduğunu nəzərə aldıqda

$$d = \rho \cdot g \quad (3)$$

olur.

Burada g – sərbəst düşmə təcilidir.

Düzgün həndəsi formalı cismin kütləsini bilavasitə tərəzidə çəkmək yolu ilə, həcmi isə ölçülərinə görə hesablamaqla təyin etmək olur. Lakin düzgün həndəsi formaya malik olmayan cisimlərin həcmi adətən müqayisə üsulu ilə təyin edilir.

Məlumdur ki, maye (və ya qaza) batırılmış cisimə

$$F_A = \rho_{\text{maye}} \cdot Vg \quad (4)$$

qüvvəsi təsir edir. F_A – Arximed qüvvəsi təsir edir. ρ_{maye} - mayenin (və ya qazın) sıxlığı, V -cismin həcmidir. Cismin maye (və ya qaz) içərisindəki çəkisi isə

$$P' = Vg(\rho_c - \rho_m) \quad (5)$$

ifadəsi ilə müəyyən edilir. Burada ρ_c -maye (və ya qaza) batırılmış cismin sıxlığıdır.

Qurğunun təsviri və iş prinsipi

Qurğunun əsas hissəsi qollu tərəzidən ibarətdir (şəkil 1.).

İş zamanı tərəzi qoluna toxunmayan xüsusi oturacaqdan istifadə edilir. Əvvəlcə bərk cismin havada çəkisi $-P$, sonra onun tellə birlikdə çəkisi P_1 və distillə edilmiş su içərisindəki çəkisi P_2 müəyyən edilir.

Arximed qanununa görə bərk cismin su içərisində itirdiyi çəki

$P_1 - P_2$ olar. Suyun xüsusu çəkisi d_1 olarsa, bərk cismin həcmi belə tapıla bilər:

$$V = \frac{P_1 - P_2}{d_1} \quad (6)$$

Həcmi bu qiymətini bərk cismin xüsusi çəkisinin təyin olunduğu düsturda yerinə yazsaq alırıq:

$$d = \frac{\rho}{V} = \frac{Pd_1}{P_1 - P_2} \quad (7)$$

Əgər bərk cismin havada itirdiyi çəki də nəzərə alınarsa, onda bərk cismin boşluqda xüsusi çəkisi d_0 belə tapıla bilər:

$$d_0 = \frac{P}{P_1 - P_2} \cdot (d_1 - D) + D \quad (8)$$

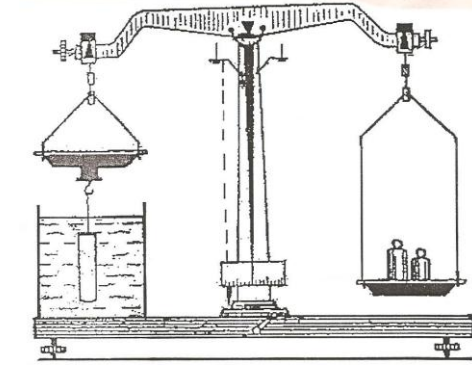
Burada D otaq temperaturunda havanın xüsusi çəkisidir.

Mayenin xüsusi çəkisini təyin etmək üçün eyni bərk cisim bir dəfə distillə edilmiş su içərisində, ikinci dəfə isə tədqiq edilən maye içərisində çəkilir.

Əgər bərk cismin tellə birlikdə çəkisi P_1 , su içərisində çəkisi P_2 , tədqiq maye içərisində çəkisi P_3 olarsa, onda həmin bərk cismin suda itirdiyi çəkisini $P_1 - P_2 = Vd_1$ və tədqiq edilən maye içərisində itirdiyi çəkisini isə $P_1 - P_3 = Vd_2$ kimi yazmaq olar. Burada V -bərk cismin həcmi, d_1 -suyun xüsusi çəkisi, d_2 tədqiq edilən mayenin xüsusi çəkisidir.

Bu ifadələri birgə həll edərək alırıq.

$$d_2 = \frac{P_1 - P_3}{P_1 - P_2} \cdot d_1 \quad (9)$$



Şəkil 1.

havada itirilən çəki nəzərə alınan zaman, tədqiq olunan mayenin xüsusi çəkisi belə tapılır.

$$d_2 = \frac{P_1 - P_3}{P_1 - P_2} (d_1 - D) + D \quad (10)$$

Bərk və maye cisimlərin sıxlığını təyin etmək üçün (7), (8), (9) və (10) düsurlarından alınan qiymətləri sərbəstdüşmə təcilinə (g) bölmək kifayətdir. Beləliklə, sıxlığı təyin etmək üçün hesablama düsturları uyğun olaraq aşağıdakı şəkə düşər:

Bərk cismin havada sıxlığı

$$\rho = \frac{P \cdot \rho_1}{P_1 - P_2} \quad (11)$$

Bərk cismin havasız fəzada sıxlığı

$$\rho_c = \frac{P}{P_1 - P_2} (\rho_1 - D) + D \quad (12)$$

Tədqiq olunan mayenin havada sıxlığı

$$\rho_2 = \frac{P_1 - P_3}{P_1 - P_2} \cdot \rho_1 \quad (13)$$

Mayenin havasız fəzada sıxlığı

$$\rho'_m = \frac{P_1 - P_3}{P_1 - P_2} (\rho_1 - D') + D' \quad (14)$$

Bu düsturda ρ_1 -suyun sıxlığı, D' -havanın sıxlığıdır.

İşin gedişi

1. Tədqiq olunan bərk cismin analitik tərəzidə **I mq** dəqiqliklə çəkisini təyin etməli.
2. Bərk çisimin tel ilə birlikdə **P₁** çəkisini təyin etməli.
3. Bərk çisimin su içərisindəki **P₂** çəkisini təyin etməli.
4. Bərk çisimin tədqiq olunan maye içərisindəki **P₃** çəkisini təyin etməli.
5. Təcrübənin nətiçələrini cədbəldə yazmalı.
6. Həm bərk cisim, həm də maye üçün ölçmələri 5 dəfə təkrar etməli.
- 7.(12)və(14)düsturları ilə təcrübəni hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 3

HALQA FORMALI BƏRK CİSMİN ƏTALƏT MOMENTİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: Ətalət momentini təyin etmək üçün qurğu, saniyəölçən, metallik disk, ştangerpərgar, müxtəlif yüklər və xətkəş.

İşin nəzəri hissəsi :

m - kütləli maddi nöqtənin, hər hansı rabitə vasitəsilə r –radiuslu çəvrə boyunca hərəkətinə baxaq.

Fərz edək ki, A nöqtəsinə qiymətə sabit F qüvvəsi təsir edir. Bu qüvvənin F_{τ} toplananının təsiri ilə A nöqtəsi ω_{τ} tangensial təcil alır. Nyutonun 2-ci qanuna görə yazmaq olar:

$$mW_{\tau} = F_{\tau} = F \cos \alpha \quad (1)$$

Burada α qüvvənin qolu ilə r radiusu arasındakı bucaqdır.

Tangensial təcil (w_{τ}) ilə bucaq təcili (β) arasında belə əlaqə vardır:

$$W_{\tau} = \beta \cdot r \quad (2)$$

w_{τ} -nin bu qiymətini (1) düsturunda yerinə yazsaq və bərabərliyin hər tərəfini r -ə vursaq

$$F \cdot r \cdot \cos \alpha = m\beta \cdot r^2 \quad (3)$$

alırıq.

$r \cos \alpha$ hasili O fırlanma mərkəzindən qüvvə istiqamətinə endirilən perpendikulyardır. Bu, qüvvənin qolu adlanır. $F \cdot r \cdot \cos \alpha$ hasili qüvvə momenti adlanır.

$$M = F \cdot r \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

Ədədi qiymətə fırlanan maddi nöqtənin m kütləsi ilə, onun fırlanma mərkəzində r məsafəsinin kvadratı hasilinə bərabər olan kəmiyyət ətalət momenti adlanır və belə ifadə olunur.

$$I = m \cdot r^2 \quad (5)$$

(4) və (5) düsturlarını (3)-də nəzərə alsaq belə ifadə alınır:

$$M = I \cdot \beta \quad (6)$$

Bu tənlik fırlanma hərəkəti dinamikasının əsas tənliyi adlanır.

Əgər bütöv bir cismin müəyyən bir fırlanma oxuna görə ətalət momentini tapmaq istəsək bu zaman həmin cismi kiçik kütlə elementlərinə ayırmaq lazımdır və hər bir kütlə elementini maddi nöqtə

kimi qəbul edərək (5) düsturunu tətbiq etmək, sonra isə bu kütlə elementləri üçün hesablanmış ətalət momentlərini cəmləmək lazımdır.

Əgər cismin ayrı-ayrı hissələrinin kütlələri $m_1, m_2, m_3, \dots, m_i$, onların uyğun olaraq fırlanma oxundan olan məsafələri $r_1, r_2, r_3, \dots, r_i$ olarsa, bütövlükdə bu cismin ətalət momenti belə hesablanı bilər:

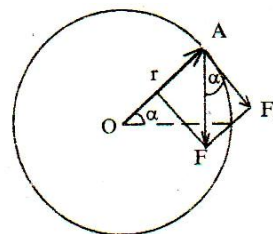
$$I = m_1 \cdot r_1^2 + m_2 \cdot r_2^2 + \dots + m_i \cdot r_i^2 = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 \quad (7)$$

Qurğunun təsviri və iş prinsipi

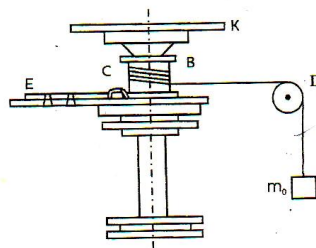
Ətalət momentini təyin etmək üçün istifadə olunan qurğu şəkil 2-də göstərilmişdir.

Burada K – disk B oxuna bərkidilmişdir. Diskin C barabanı ilə birlikdə fırlanması üçün ona nazik sap dolanıb D blokundan aşırılmış və ucuna M yükü bağlanmışdır. E – çəngəli barabanı istənilən zaman tormozlayaraq saxlaya bilər.

M yükünün düşməzdən əvvəl malik olduğu potensial enerji, onun düşməsi zamanı malik olduğu kinetik enerjiyə E_{k_1} , sistemin fırlanma kinetik enerjisinə E_{k_2} və müqavimət qüvvəsinə üstün gəlmək üçün görülən A işinə sərf olunmalıdır.



Şəkil 1.



Şəkil 2.

$$m_0gh = E_{k_1} + E_{k_2} + A \quad (8)$$

Burada

$$E_{k_1} = \frac{m_0v^2}{2} \quad (9)$$

Qurğunun özünün ətalət momenti I_0 , disk üzərində qoyulmuş cismin ətalət momenti I olarsa ; sistemin fırlanma hərəkətinin kinetik enerjisi belə olar:

$$E_{k_2} = \frac{(I + I_0) \cdot \omega^2}{2} \quad (10)$$

(9) və (10) düsturlarını (8) –də nəzərə alsaq

$$m_0 \cdot g \cdot h = \frac{m_0 v^2}{2} + \frac{(I+I_0)\omega^2}{2} + A \quad (11)$$

olar. Burada h -yükün düşmə hündürlüyü, m_0 çəngəldən asılan yükün kütləsi, v düşmə hündürlüyünün sonunda yükün sürəti, ω -bucaq sürətidir. Əgər yükün düşməsini bərabər yeyinləşən hərəkət kimi götürsək, onda yazı bilərik ki,

$$v = a \cdot t_0 \quad h = \frac{at_0^2}{2} \quad (12)$$

Bu düsturlardan a –nı yox edib v –üçün alınan ifadəsində yerinə yazsaq alırıq:

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2h}{rt_0} \quad (13)$$

Burada r barabanın radiusu, t_0 – kütləsi m_0 olan yükün düşmə müddətidir.

v və ω -nin (12) və (13) ifadələrindən tapılan qiymətlərini nəzərə alsaq (11) düsturu belə şəkildə düşər:

$$m_0 gh = \frac{2m_0 h^2}{t_0^2} + \frac{2(I+I_0)h^2}{r^2 t_0^2} + A \quad (14)$$

Bu yükü, kütləsi m olan başqa yüklə əvəz etsək,

$$mgh = \frac{2mh^2}{t_0^2} + \frac{2(I+I_0)h^2}{r^2 t_0^2} + A \quad (15)$$

alırıq.

Bu iki tənlikdən istifadə edərək diskin üzərində yük olan halda və yüksüz halda ətalət momentinin qiymətləri üçün yazmaq olar:

$$I + I_0 = \frac{g(m_0 - m) - 2h \left(\frac{m_0}{t_0^2} - \frac{m}{t'^2} \right)}{2 \frac{h}{r^2} \left(\frac{1}{t_0^2} - \frac{1}{t'^2} \right)} \quad (16)$$

$$I_0 = \frac{g(m_0 - m) - 2h \left(\frac{m_0}{t_0^2} - \frac{m}{t^2} \right)}{2 \frac{h}{r^2} \left(\frac{1}{t_0^2} - \frac{1}{t^2} \right)} \quad (17)$$

Burada t'_0 və t' diskin üzərində ətalət momenti təyin olunacaq cismin olduğu halda uyğun olaraq m_0 və m kütləli yüklərin düşmə müddətidir. t_0 və t isə diskin üzərindən ətalət momenti təyin olunacaq cisimi götürdükdən sonra uyğun olaraq m_0 və m kütləli cisimlərin düşmə müddətidir.

(16) və (17) tənliklərindən istifadə edərək, cismin ətalət momenti üçün alırıq:

$$I = \frac{g(m_0 - m) - 2h \left(\frac{m_0}{t_0'^2} - \frac{m}{t'^2} \right)}{2 \frac{h}{r^2} \left(\frac{1}{t_0'^2} - \frac{1}{t'^2} \right)} - \frac{g(m_0 - m) - 2h \left(\frac{m_0}{t_0^2} - \frac{m}{t^2} \right)}{2 \frac{h}{r^2} \left(\frac{1}{t_0^2} - \frac{1}{t^2} \right)} \quad (18)$$

İşin gedişi

1. Ştangenpərgar vasitəsilə barabanın radiusunu – r təyin etməli.
2. Disk üzərində tədqiq olunan cisim olmayan halda blokdan müxtəlif m_0 və m yükləri asaraq, onların düşmə vaxtlarını (t_0 və $t - n_1$) və düşmə hündürlüyünü (h) təyin etməli.
3. Tədqiq olunan cismi disk üzərinə bərkidib m_0 və m yükləri ilə təcrübəni yenidən apararaq yüklərin düşmə vaxtlarını t'_0 və t' -ni təyin etməli.
4. Təcrübəni hər hal üçün **3** dəfə təkrar etməli.
5. **(18)** düsturu əsasında hesablamalar aparmalı.

LABORATORİYA İŞİ № 4
MAKSVEL RƏQQASI VASİTƏSİLƏ ƏTALƏT MOMENTİNİN
TƏYİNİ

Ləvazimat: Maksvel rəqqası, saniyəölçən, xətkəş.

İşin nəzəri hissəsi :

m- kütləli maddi nöqtənin, hər hansı rabitə vasitəsilə ,r –radiuslu çevrə boyunca hərəkətinə baxaq.

Fərz edək ki, A nöqtəsinə qiymətçə sabit F quvvəsi təsir edir. Bu quvvənin F_{τ} toplananının təsiri ilə A nöqtəsi W_{τ} tangensial təcil alar. Nyutonun 2-ci qanuna görə yazmaq olar:

$$mW_{\tau} = F_{\tau} = F \cos \alpha \quad (1)$$

Burada α quvvənin qolu ilə r radiusu arasındakı bucaqdır.

Tangensial təcil (W_{τ}) ilə bucaq təcili (β) arasında belə əlaqə vardır:

$$W_{\tau} = \beta \cdot r \quad (2)$$

W_{τ} -nin bu qiymətini (1) düsturunda yerinə yazsaq və bərabərliyin hər tərəfini r -ə vursaq

$$F \cdot r \cdot \cos \alpha = m\beta \cdot r^2 \quad (3)$$

alırıq. $r \cos \alpha$ hasili O fırlanma mərkəzindən quvvə istiqamətinə endirilən perpendikulyardır. Bu, quvvənin qolu adlanır. $F \cdot r \cdot \cos \alpha$ hasili quvvə momenti adlanır.

$$M = F \cdot r \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

Ədədi qiymətçə fırlanan maddi nöqtənin m kütləsi ilə, onun fırlanma mərkəzində r məsafəsinin kvadratı hasilinə bərabər olan kəmiyyət ətalət momenti adlanır və belə ifadə olunur.

$$I = m \cdot r^2 \quad (5)$$

(4) və (5) düsturlarını (3)-də nəzərə alsaq belə ifadə alınar:

$$M = I \cdot \beta \quad (6)$$

Bu tənlik fırlanma hərəkəti dinamikasının əsas tənliyi adlanır.

Əgər bütöv bir cismin müəyyən bir fırlanma oxuna görə ətalət momentini tapmaq istəsək bu zaman həmin cismi kiçik kütlə elementlərinə ayırmaq lazımdır və hər bir kütlə elementini maddi nöqtə

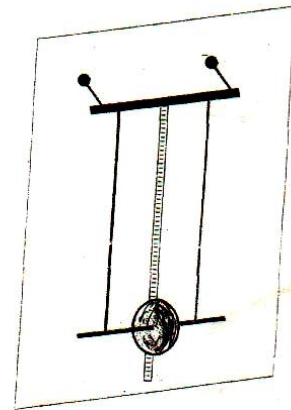
kimi qəbul edərək (5) düsturunu tətbiq etmək, sonra isə bu kütlə elementləri üçün hesablanmış ətalət momentlərini cəmləmək lazımdır.

Əgər cismin ayrı-ayrı hissələrinin kütlələri $m_1, m_2, m_3, \dots, m_i$, onların uyğun olaraq fırlanma oxundan olan məsafələri $r_1, r_2, r_3, \dots, r_i$ olarsa, bütövlükdə bu cismin ətalət momenti belə hesablanı bilər:

$$I = m_1 \cdot r_1^2 + m_2 \cdot r_2^2 + \dots + m_i \cdot r_i^2 = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 \quad (7)$$

Cihazın quruluşu

Cihazın əsas hissəsi birqollu laboratoriya tərəzisinə ibarətdir. O, döşəmədən 2m hündürlükdə yerləşdirilmişdir (şəkil 1). Tərəzinin uc hissəsindən rəqqas asılmışdır. Bu rəqqas bircins metallik diskdən (C) və mərkəzinə bərkidilmiş metal çubuqdan ibarətdir. Çubuğun larından kapron ip bağlamağa yer qoyulmuşdur .



Şəkil 1.

Diski fırlatmaq üçün ipi səliqə ilə çubuğa dolayıb disk buraxmaq lazımdır. Bu zaman disk öz oxu ətrafında fırlanmaqla həmçinin

yuxarıya və aşağıya doğru hərəkət edəcəkdir. İp tamamilə açıldıqda disk ən aşağı nöqtəyə enəcək, ip çubuğa doladıqda isə ən yuxarı nöqtəyə qalxacaqdır. Bundan sonra onun hərəkəti getdikcə zəifləyəcək və nəhayət dayanacaqdır. Rəqqasın getdiyi yolu şaquli qoyulmuş xətkəşlə (E) ölçmək olar.

Sürtünmə qüvvəsinin nəzərə alınmadıqda Nyutonun 2- ci qanuna görə rəqqasın hərəkət tənliyini

$$m a = mg - 2 T \quad (8)$$

şəklində yazmaq olar. Burada m - diskin kütləsi , a - diskin aldığı təcil , g - sərbəst düşmə təcili və T - ipin gərilmə qüvvəsidir.

Fırlanma hərəkəti dinamikasının əsas tənliyinə görə yazıla bilər ki,

$$I \beta = 2 T \cdot r \quad (9)$$

$$\text{və } a = \beta r$$

Burada $2Tr$ -qüvvə momenti , m -diskin kütləsi , I -diskin ətalət momenti , g -sərbəst düşmə təcili və T -ipin gərilmə qüvvəsi , a -diskin

kütlə mərkəzinin irəliləmə hərəkətinin təcili β -isə bucaq təcildir. Diskin S yolunu getməsi üçün sərf olunan t zamanını bilərək, a - təcilini hesablamaq olar :

$$a = \frac{2S}{t^2} \quad (10)$$

(8), (9) və (10) tənliklərindən aşağıdakı ifadə alınır:

$$2T = m(g - a), \quad \beta' = \frac{a}{r} \quad (11)$$

$$\text{v ə} \quad I = \frac{2T}{a} r^2 \quad (12)$$

T və a -nın qiymətlərini (12) ifadəsində yerinə yazsaq, ətalət momenti üçün belə ifadə alınır:

$$I = m \left(\frac{gt^2}{2S} - 1 \right) r^2 \quad (13)$$

İşin gedişi

1. Tərəzinin "0" vəziyyətini təyin etməli.
2. Rəqqasın sükynət vaxtı diskin kütləcini (m) təyin etməli.
(m - hazır şəkildə də verilə bilər). Bunun üçün də disk üç dəfədən az olmayaraq, çəkilir və kütlənin orta qiyməti tapılır.
3. Rəqqasın irəliləmə hərəkətinin təcilini təyin etməli. Bunun üçün rəqqasın aşağı düşmə müddətini və düşmə məsafəsini 5-6 dəfə ölçüb orta qiymət tapmaq lazımdır. (şəkil 1.).
Diskin yerdəyişməsinə sərf olunan vaxtı (t) saniyəölçən vasitəsilə təyin etməli.
4. Ölçmələrin nəticəsini cədvələ yazmalı.
5. Ətalət momentinin hesabını aparmaq üçün (13) düsturundan istifadə etməli.

LABORATORIYA İŞİ № 5

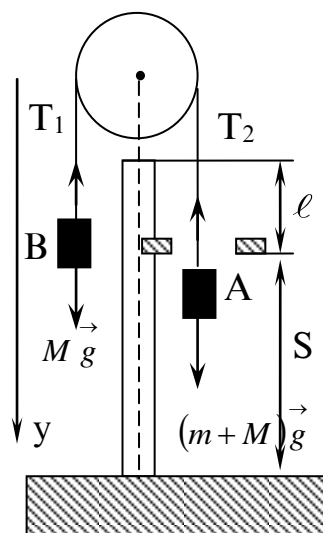
BƏRABƏRTƏCİLLİ HƏRƏKƏT QANUNLARININ YOXLANILMASI

Ləvazimat: Atvud maşını, kütlələri məlum olan əsas və əlavə yüklər, saniyəölçən.

Qısa nəzəri məlumat

Klassik mexanikanın əsasını Nyuton qanunları təşkil edir. Atvud maşınının köməyi ilə cismin bərabərtəcilli hərəkətini və Nyutonun ikinci qanununu yoxlamaq olar. Atvud maşını müvafiq platformalardan və tərpənməz blokdan ibarət sistemdir (şəkil 1.).

Əvvəlcə eyni M kütləli A və B yüklərini blokdan keçirilən çəkisiz sapdan asaq. Yüklərin kütlələri eyni olduğundan sistem tarazlıqda olacaq. Əgər A yükünün üzərinə m kütləli ikinci yükü qoysaq, tarazlıq pozulacaq və sistem $\vec{F} = m\vec{g}$ ağırlıq qüvvəsinin təsiri ilə ℓ qədər yerdəyişmə edəcək. Bu zaman A yükünə $(m+M)\vec{g}$ ağırlıq qüvvəsi və sapın \vec{T}_1 gərilmə qüvvələri təsir edəcək. Nyutonun ikinci qanunun bu hərəkətə tətbiq etsək,



Şəkil 1.

$$(m+M)g - T_1 = (m+M)a \quad (1)$$

Nyutonun ikinci qanununun B cismi üçün

$$Mg - T_2 = -Ma \quad (2)$$

şəklində yazmaq olar.

Blokun fırlanma hərəkətinin tezliyini isə

$$T_1 \cdot R - T_2 \cdot R - M_s = J\beta \quad (3)$$

kimi ifadə etmək olar. Burada R -blokun radiusu, C -fırlanma oxuna nəzərən blokun ətalət momenti, β -bucaq təcili, $\beta = \frac{a}{R}$, M_s -blokun sürtünmə qüvvəsinin momentidir.

(1)-(3) tənliklər sistemindən yüklərin hərəkət təcili üçün

$$a = \frac{mg - \frac{Ms}{R}}{2M + m + \frac{I}{R^2}} \quad (4)$$

düsturunu alarıq.

Burada $m \ll 2M + \frac{J}{R^2}$ olduğundan

$$a = \left(2M + \frac{J}{R^2} \right) = mg - \frac{M_s}{R} \quad (5)$$

bərabərliyini alarıq.

Blokdakı sürtünmə qüvvəsini və blokun kütləsini nəzərə alsaq, $T_1=T_2$ bərabərliyi ödənilir və hərəkət təcili üçün

$$a = \frac{m}{2M + m} \cdot g \quad (6)$$

ifadəsini almış oluruq.

(6) düsturundan görünür ki, yüklər sistemi bərabərtəcilli hərəkət edir. m -in kiçik qiymətlərində $a < g$ olur.

Atvud maşını vasitəsi ilə həm də g sərbəstdüşmə təcilini təyin etmək olur. $m \ll M$ olduqda S yerdəyişməsində sistemin hərəkətini bərabərsürətli hesab etmək olar. Onda hərəkət müddəti

$$t = \frac{S}{g}$$

olar. $g_0 = 0$ olduğunu nəzərə alsaq, ℓ yolunda son sürət $g = \sqrt{2a\ell}$ olar.

Onda sistemin hərəkət müddəti üçün $t = \frac{S}{\sqrt{2a\ell}}$ ifadəsini alarıq.

Buradan sistemin təcili üçün

$$a = \frac{S^2}{2\ell t^2} \quad (7)$$

düsturunu alarıq.

(7) düsturunu (6) ifadəsində nəzərə alsaq, sərbəstdüşmə təcili üçün

$$g = \frac{2M + m}{m} \cdot \frac{S^2}{2\ell t^2} \quad (8)$$

ifadəsini alarıq. Burada M -böyük yükün kütləsi, m -kiçik yükün kütləsi, t -yükün düşmə, S -yerdəyişmə müddətidir.

İşin gedişi

1. Atvud maşınının ayaqlarındakı vintlər vasitəsi ilə şaquli vəziyyətə gətirib A və B yüklərinin tarazlığını yoxlayıb A yükünü elektromaqnitlə saxlanılan platformanın üzərinə qoymalı.

2. A yükünün üzərinə müxtəlif kütləli yükləri qoymaqla sistemin tarazlığını pozmalı.

3. Atvud maşınında, xətkəş üzərində ℓ və S məsafələrini qeyd etməli.

4. Yüklər sistemi hərəkətə gəldikdən sonra saniyə ölçən vasitəsi ilə A yükünün S məsafəsini keçmə müddətini quyd etməli.

5. Platformalararası məsafəni dəyişməklə təcrübəni bir neçə dəfə müxtəlif kütləli yüklər sistemi üçün təkrar etməli.

6. Alınan nəticələri (7) düsturunda yerinə qoyub yüklər sisteminin təcilini hesablamalı.

7. Təcrübəni təkrar etməklə mütləq və nisbi xətanı hesablamalı.

8. Əsas və əlavə yüklərin kütlələrini bilməklə və a təcilinin qiymətini təyin etməklə (8) düsturu vasitəsi ilə sərbəstdüşmə təcilini hesablamalı.

9. Təcrübəni bir neçə dəfə aparmaqla sərbəstdüşmə təcili üçün mütləq və nisbi xətanı hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 6

ELASTİKİ YAYIN DEFORMASIYASI ZAMANI GÖRÜLƏN İŞİN HESABLANMASI

Ləvazimat: ştativə bərkidilmiş aşağı ucunda yük qoymaq üçün tərəzi gözü olan elastiki yay, yaya paralel olaraq ştativə bərkidilmiş millimetr bölgülü ölçü xətkəsi, çəki daşları.

Qısa nəzəri məlumat

Sabit \vec{F} qüvvəsinin təsiri altında cisim düz xətt boyunca \vec{S} -qədər yerini qədər yerini dəyişdikdə görülən mexaniki iş

$$A = (\vec{F}\vec{S}) \quad (1)$$

ifadəsi ilə təyin olunur.

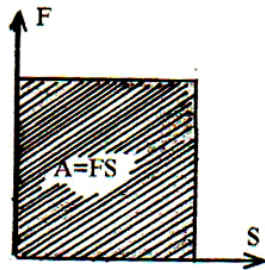
Mexaniki iş, qüvvə ilə yerdəyişmənin skalyar hasilinə bərabər olan fiziki kəmiyyətdir.

Cisimə təsir edən qüvvə yerdəyişmə ilə müəyyən α -bucağı əmələ gətirirsə bu halda görülən iş $A=FS \cdot \cos\alpha$ kimi təyin olunur.

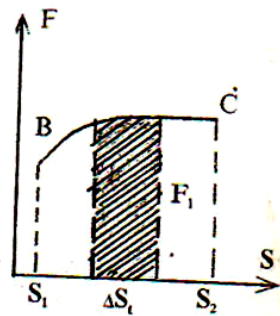
İş vahidi olaraq vahid qüvvənin qüvvə istiqamətində vahid məsafədə gördüyü iş qəbul edilir.

BS-də iş vahidi olaraq 1N qüvvənin düz xəttli hərəkətdə 1 m yolda gördüyü iş götürülür. Bu vahid Coul adlanır. $1 \text{ Coul} = 1 \text{ Nm}$.

Sabit qüvvənin təsiri altında S – yolunda görülən A – mexaniki işi qrafik olaraq 1-ci şəkildəki kimi ifadə olunur; yəni sabit qüvvənin gördüyü iş ədədi qiymətə şəkildə ştrixlənmiş düzbucaqlının sahəsinə bərabərdir.



Şəkil 1.



Şəkil 2.

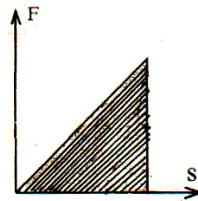
Cox hallarda cismi hərəkətə gətirən qüvvə zamandan aslı olaraq dəyişə bilər. Bu halda işi qrafik olaraq 2-ci şəkildəki kimi göstərmək olar. Belə hərəkətdə mexaniki işi qrafik olaraq hesablamaq üçün gedilən yolu elə kiçik ΔS elementlərinə ayırmaq lazımdır ki, həmin elementar yolda təsir edən qüvvəni təqribən sabit qəbul etmək mümkün olsun. Onda ΔS_1 yolunda görülən elementar iş $\Delta A_1 = F_1 \cdot \Delta S_1$ olar. Elementar ΔS_1 yolunda görülən işin ədədi qiyməti şəklində ştrixlənmiş sahə ilə ifadə edilir. Bu elementar işlərin cəmi isə BC əyrisi ilə absis oxu arasında qalan sahəyə bərabər olar.

Əgər cisimə təsir edən qüvvənin qiyməti sıfırdan başlayaraq hər hansı F qiymətinə qədər bərabər olaraq artarsa bu halda görülən iş qrafik olaraq 3- cü şəkildəki ştrixlənmiş üçbucagın sahəsinə bərabər olar. Bu sahə aşağıdakı kimi hesablanır :

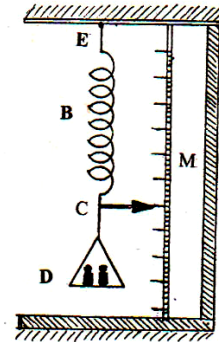
$$A = \frac{F \cdot l}{2} \quad (2)$$

Burada F - cisimə təsir edən qüvvənin son qiyməti, l - isə cisimin getdiyi yoldur. Bu qüvvəyə misal olaraq elastiki qüvvəni misal göstərmək olar. Elastik qüvvənin görülən işi hesablamaq üçün istifadə olunan qurğunun prinsipal sxemi 4-cü şəkildə göstərilmişdir. Cihaz E – ştativindən asılmış B – elastiki yayından və yayın aşağı ucuna bərkidilmiş D – tərəzi gözündən ibarətdir.

Yayın ucunda şkala boyunca sərbəst gəzə bilən göstərici ox vardır. Tərəzi gözünə P – yükü qoyulduqda yay x – qədər dartılır. Yayın uzadan yükün onun uzanmasına olan nisbətində yayın möhkəmlik və ya elastiklik əmsalı deyilir və k – hərfi ilə işarə olunur.



Şəkil 3.



Şəkil 4.

$$k = \frac{P}{x} \quad (3)$$

burada P - tərəzi gözünə qoyulan yükün çəkisi və $P=mg$ olduğunu nəzərə alsaq yuxarıdakı ifadəni

$$k = \frac{mg}{x} \quad (4)$$

şəklində yazıla bilər.

Deformasiya zamanı elastik qüvvənin mütləq qiyməti sıfırla kx arasında dəyişir. Ona görə də onun modulunun orta qiyməti

$$F = \frac{0 + kx}{2} = \frac{kx}{2}$$

olar. Bu halda yayın x – qədər uzanması zamanı görülən iş

$$A = \frac{Fx}{2} = \frac{kx^2}{2} \quad (5)$$

olar. Əgər k -nin (3) –dəki ifadəsini (5) – də nəzərə alsaq onda yayın defarmasiyası zamanı görülən iş üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$A = \frac{kx^2}{2} = \frac{mgx}{2} \quad (6)$$

İşin gedişi

1. Tərəzi gözünə yük qoymazdan əvvəl göstərici əqrəbin şkala üzərindəki göstərişni qeyd etməli.
2. Tərəzi gözünə 100 q yük qoyub, əqrəbin göstərişini qeyd etməli. Yükün çəkisini, uyğun uzanmaya bölüb, (4) ifadəsinə görə yayın elastiklik əmsalını $\frac{N}{m}$ -lə təyin etməli.
3. Yayın sərtlik əmsalını müxtəlif yüklər üçün tapıb, onun orta qiymətini hesablamalı.
4. Yaydan asılmış yükü 100 qramdan 1000 qrama qədər artıraraq ağırlıq qüvvəsi ilə yayın uzanmaları arasındakı qrafik asılılığı göstərməli.
5. Elastiki qüvvənin gördüyü işi (6) ifadəsinə görə hesablamalı.
6. Təcrübənin nisbi və mütləq xəталarını hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 7

ÖBERBEK RƏQQASI VASİTƏSİLƏ ƏTALƏT MOMENTİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: Oberbek rəqqası, eyni kütləli dörd yük, saniyəölçən, xətkəş, ştangenpərgar.

Qısa nəzəri məlumat

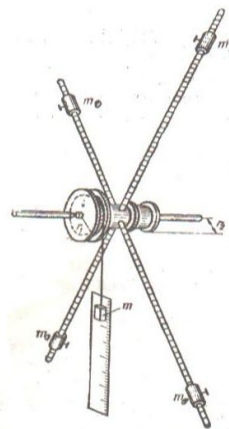
Tərpənməz oxa nəzərən cismin fırlanma hərəkəti dinamikasının əsas tənliyi aşağıdakı kimidir:

$$\frac{d}{dt} = (J\omega) = M \quad (1)$$

Burada, M - bütün qüvvə momentlərinin oxa olan proyeksiyalarının cəmidir. J - cismin ətalət momenti, ω - onun bucaq sürətidir.

Bərk cismin fırlanması zamanı ətalət momenti zamandan asılı olmur. Ona görə də fırlanma hərəkətinin əsas tənliyini aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M \quad (2)$$



Şəkil 1

Bu tənlik maddi nöqtənin hərəkəti üçün Nyuton tənliyinə oxşayır.

Qüvvəsi – qüvvə momenti, kütləsi - ətalət momenti və bucaq təcili $\frac{d\omega}{dt}$ olar.

(1) tənliyinin təcrübədə yoxlanılması mexanikanın əsas müddələrinin yoxlanılması deməkdir. Şəkildə Oberbek rəqqasının sxemi göstərilmişdir. Bu cihaz vasitəsi ilə fırlanma hərəkəti qanunlarını tədqiq etmək olar.

Rəqqas bir- birinə 90^0 - li bucaq altında bərkidilmiş 4 mildən ibarətdir. Hər bir milə mil boyunca yerini dəyişə bilən silindrik formalı yüklər (m_1) geydirilmişdir. Bütün bu sistem diyircəkli yastıq vasitəsilə üfüqi oxa bərkidildiyindən sərbəst fırlana bilər. m_1 yüklərinin mil boyunca yerini dəyişdirməklə cihazın ətalət momentini dəyişdirmək mümkündür. Rəqqasın qasnağına nazik sap sarınmış, sapın ucuna isə

kütləsi məlum olan yüngül platforma bağlanmışdır. Bu platforma əlavə yüklərin yerləşdirilməsi üçün meydan rolunu oynayır.

Fırlanma momenti sapın gərilmə qüvvəsi (T) hesabına yaranır.

$$M=r_1T \quad (3)$$

r_1 – qasnağın radiusudur. Gərilmə qüvvəsini, platforma ilə əlavə yüklərin birlikdə hərəkət tənliyindən tapmaq olar:

$$mg-T=ma \quad (4)$$

Burada m – platforma ilə yüklərin birgə kütləsidir. Əgər rəqqasın oxuna tətbiq olunmuş sürtünmə qüvvəsinin momenti (M_s), sapın gərilmə qüvvəsinin momentindən (M_g) kiçik olrsa, (1) tənliyinin yoxlanılması heç bir çətinlik törətmir

Döğrudanda, üzərində yük olan platformanın sükunət halından h məsafəsi qədər düşməsinə sərf olunan zamanı ölçsək, onun təcilini asanlıqla tapa bilərik:

$$a=\frac{2h}{t^2} \quad (5)$$

Bu təcillə bucaq təcili arasındakı əlaqəni yazaq.

$$a=r\frac{d\omega}{dt} \quad (6)$$

(2) – (5) tənliklər sisteminin köməyiylə (1) ifadəsini almaq olar.

Təcrübələrdə sürtünmə qüvvəsi momenti M_s kifayət qədər böyük olar ki, bu da öz növbəsində təcrübə nəticələrin təhrif olunmasına gətirib çıxarır. İlk baxışda elə təəssurat yaranır ki, sürtünmə momentinin qiymətini, platforma ilə əlavə yüklərin kütləsini artırmaqla azaltmaq olar. Bu əslində belə deyil, çünki

1. m kütləsinin artması rəqqasın oxa göstərdiyi təzyiç qüvvəsini artırır. Bu isə sürtünmə qüvvəsinin artmasına gətirib çıxarır.

2. m kütləsinin artması platformanın düşmə müddətini artırır. Bu isə vaxtın dəqiq ölçülməsinə imkan vermir. Bu qurğuda diyircəkli yastıqdan istifadə olynduğundan sürtünmə momentinin kiçikdir. Lakin hesablamalarda onu mütləq nəzərə almaq lazımdır. Ona görə də (2) tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq daha əlverişlidir:

$$M_g-M_s=J\frac{d\omega}{dt} \quad (7)$$

Sürtünmə momentini nəzərə almaqla yazılmış (7) tənliyini (2), (5) tənliklərinin köməyi ilə aşkar şəkildə yazmaq təcrübədən alınan ətalət momentinin:

$$J = \frac{\left[(m - m_0)g - 2h \left(\frac{m}{t^2} - \frac{m_0}{t_0^2} \right) \right] r_1^2 t^2}{2h} \quad (8)$$

Düsturu ilə hesablamaq olar. Burada m_0 platformanın kütləsi, m platforma ilə birlikdə əlavə yüklərin kütləsi, t_0 – platformanın h hündürlükdən düşmə müddəti, t isə platforma ilə əlavə yüklərin birlikdə h hündürlüyündən düşməsinə sərf olunan zaman, r_1 qasnağın radiusudur. (6) düsturunda platformanın kütləsi ilə seçilmişdir ki, onu rəqqasın fırlanmasının təmin edən minimum kütlə kimi qəbul etmək mümkün olsun.

Təcrübəyə başlamazdan əvvəl m_1 yüklərini rəqqasın oxundan R məsafədə elə yerləşdirmək lazımdır ki, rəqqas fərqsiz tarazlıqda olsun. Buna rəqqası bir neçə dəfə fırlatmaqla və onun dayanmağını izləməklə nail olmaq olar. Qasnağa sapı bir-birini örtməmək şərti ilə sarımaqla platforma ilə əlavə yüklərin düşmə hündürlüyünü müəyyən etmək lazımdır. Bu hündürlüyün 80-100 sm olması məsləhət görülür. Təcrübəni eyni hündürlük üçün müxtəlif yüklərlə 3-5 dəfə təkrar etmək lazımdır.

İşin gedişi

1. Fırlanma oxundan müəyyən R məsafədə m_1 yüklərini yerləşdirməklə rəqqası fərqsiz tarazlığa gətirməli.
2. Platformaya əlavə yüklərlə qoymaqla sapın gərilməsini artıraraq rəqqasın fırlanmasını təmin edən minimum m_0 kütləsini müəyyən etməli.
3. m_0 yükünün düşmə müddətini (t_0) düşmə hündürlüyünü (h) dəqiqliklə təyin etməli.
4. $m > m_0$ yükləri götürməklə təcrübədə yüklə birlikdə platformanın düşmə müddətini (t) təyin etməli.
5. (8) ifadəsi ilə ətalət momentini hesablamalı.
6. Bu təcrübəni m -in müxtəlif qiymətlərində 3-5 dəfə təkrar etməli..

LABORATORIYA İŞİ № 8

DARTILMA ÜSULU İLƏ YUNQ MODULUNUN TƏYİNİ

Ləvazimat: Lermantov cihazı, mikrometr, ştangenpərgar, uzunluğu 2-2,5 m olan xətkəş, müxtəlif yüklər.

İşin nəzəri hissəsi

Xarici qüvvənin təsiri ilə cisimin forma və ölçülərinin dəyişməsi deformasiya adlanır. Xarici qüvvənin təsiri kəsildikdən sonra cisim əvvəlki vəziyyətinə qayıdarsa belə deformasiya elastiki, qayıtmazsa belə deformasiya plastiki deformasiya adlanır.

Hər bir cisim üçün müəyyən elastiklik hədudu vardır ki, gərginliyin bu qiymətindən böyük qiymətlərdə elastiki deformasiya plastiki deformasiya-yaya keçir.

Gərginliyin elastiki deformasiya-sının sərhədinə uyğun gələn qiyməti elastiklik hədudu adlanır.

Deformasiyanın əyilmə, burulma, sürüşmə və dartılma kimi növləri vardır. Bütün bu deformasiya növlərindən ən sadələri əyilmə və dartılma deformasiyalarıdır.

Hüq qanununa görə elastiklik hədud daxilində nisbi deformasiya gərginliklə düz mütənasibdir.

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha \cdot \frac{F}{S} \quad (1)$$

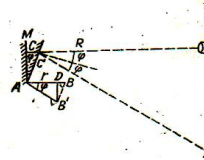
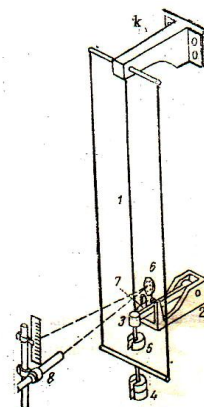
haradakı $\frac{\Delta L}{L}$ - nisbi deformasiya, $\frac{F}{S}$ - gərginlik; α - elastiklik əmsalı;

$\frac{1}{\alpha} = E$ - Yunq modulu adlanır.

Beləliklə, Yunq modulu

$$E = \frac{F \cdot l}{S \Delta l} \quad (2)$$

olur.



Şəkil 1.

Əgər $\Delta l = l$ olarsa $E = \frac{F}{S}$ olar.

Beləliklə, Yunq modulu ədədi qiymətə cismi özü boyda uzada bilən gərginliyə bərabərdir. Əgər, yükün təsiri ilə cisim uzanarsa, onun eninə ölçüsü azalar, başqa sözlə eninə sıxılma baş verir. Cismi d -diametrlilik silindrik məftil kimi götürsək, onda onun diametri Δd qədər dəyişən halda Hük qanuna görə yazmaq olar:

$$\Delta d = \beta \frac{F \cdot d}{S} \quad (3)$$

Burada, β - eninə sıxılma əmsalı adlanır.

Eninə sıxılma əmsalının uzununa dartılmada elastiklik əmsalına (α) olan nisbəti Puasson əmsalı adlanır.

$$\sigma = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta l}{l} \quad (4)$$

Əksər izotrop bərk cisimlər üçün σ təxminən 0,25-ə bərabər olur. Sürüşmə defarmasiyasında qüvvə cisimin səthinə toxunan, həmin cisimin digər üzünü bərkidilmiş olarsa, onda bu üzlərdən birinin digərinə nəzərən sürüşmə bucağı belə tapılır :

$$\omega = k \frac{F}{S} \quad (5)$$

k - sürüşmə əmsalı, $N = \frac{1}{k}$ -sürüşmə modulu adlanır.

Sürüşmə modulu ilə Puasson əmsalı və Yunq modulu arasında belə əlaqə vardır:

$$N = \frac{E}{2(1 + \sigma)} \quad (6)$$

Qurğunun təsviri və iş prinsipi

Lermntov cihazının sxematik quruluşu şəkil 1-də göstərilmişdir.

Cihaz divara bərkidilmiş kronşteyndən (**k**) ibarətdir. Bu kronşteyndən üç ədəd eyni uzunluqda (1-1,5 m) tel asılmışdır. Ortadakı tel tədqiq olunandır. Bu teldən **B** silindri, onun aşağı hissəsindən isə **D** çəngəli asılmışdır. **B** silindri həm də **CB** lingi ilə əlaqələndirilmişdir. Lingə fırlanma oxu olan **A** güzgüsü bərkidilmişdir. Lingin altında **Z** vinti vardır. Bu vint vasitəsi ilə yükün təsiri ilə güzgünün sərbəst fırlana bilməsi təmin edilir. Güzgüdən əks olunan şüa kronşteynə bərkidilmiş xüsusi xəttin üzərinə düşür. İki digər teldən **M** çəngəli asılmışdır. Bundan hələ işdə iştirak etməyən yüklər asılmışdır.

Təcrübə zamanı yük **M** çəngəli üzərindən götürülərək **D** çəngəlindən asılır. Beləliklə, kronşteynə düşən ağırlığı təcrübə zamanı eyni ilə saxlamaq olur. Əks halda **D** çəngəlindən asılan yüklər eyni zamanda kronşteyni də əyərdi və telin uzanmasının qiymətini dəqiq təyin etməyə mane olardı. Əgər əvvəlcə teldən yük asılmayan halda şüanın şkala üzərində başlanğıc vəziyyətini **H₁** qeyd olunmuşsa, yük asıldıqdan sonra onun vəziyyəti **H₂** qeyd olunduqda şüanın yerdəyişməsi **h = H₂ - H₁** olar.

Şəkildə görüldüyü kimi güzgünün **α** bucağı qədər dönməsi zamanı şüa **2α** bucağı qədər dönər. **LOL₁** və **KH₁H₂** üçbucaqlarını almaq olar.

$$\Delta l = a \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad \text{və} \quad h = R \operatorname{tg} 2\alpha \quad (7)$$

α - bucağı kiçik olan halda $\Delta l = a \cdot \alpha$; $h = R \cdot 2\alpha$ və ya $\Delta l = \frac{ah}{2R}$

yazmaq olar.

Bu qiymətləri (5) və (7) düsturlarında yerinə yazsaq Yunq modulu üçün

$$E = \frac{2FRL}{aSh} \quad (8)$$

alırıq.

Burada **a** lingin boyu, **h** şüanın yerdəyişməsidir.

$S = \frac{\pi D^2}{4}$ olduğundan,

$$E = \frac{8FRL}{\pi D^2 ah} \quad (9)$$

Burada **R** güzgüdən şkalaya qədər olan məsafə, **D**- tədqiq olunan telin diametridir.

İşin gedişi

1. Yükləri **M** çəngəlindən asıb, **Z** vinti vasitəsilə güzgünün sərbəst hərəkətini təmin etməli və şüanın şkala üzərindəki başlanğıc **H₁** vəziyyətini qeyd etməli.
2. Yükləri tədricən **M** çəngəlindən götürüb, **D** çəngəlinə yığmaqla hər dəfə şkala üzərində şüanın **H₂** vəziyyətini qeyd etməli və **h = H₁ - H₂** - ni təyin edərək cədvələ qeyd etməli.
3. Bir neçə dəfə telin **D**- diametrini, lingin **a**-boyunu və güzgüdən şkalaya qədər **R** məsafəsini ölçüb cədvələ yazmalı.
4. (9) düsturu əsasında hesablamı aparmalı.
5. Təcrübənin mütləq və nisbi xəталərini hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 9

ÇARXIN ƏTALƏT MOMENTİNİN VƏ FIRLANMA OXUNUN SÜRTÜNMƏ QÜVVƏSİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: divara bərkidilmiş oxlu təkər, xətkəş, ştangenpərgar, saniyəölçən, çəkisiz sapdan asılmış yük.

Qısa nəzəri məlumat

Təbiətdə təsadüf olunan ən sadə hərəkət mexaniki hərəkətdir. *Mexaniki hərəkət* dedikdə bir cismin digər cisimlərə nəzərən, zaman keçdikcə yerini dəyişməsi başa düşülür. Bərk cismin ixtiyari mexaniki hərəkətin irəliləmə və fırlanma hərəkətlərinin vasitəsi ilə tədqiq edə bilərik. Bu laboratoriya işində oxlu çarxin fırlanma hərəkətini öyrəndiyimizdən bərk cismin bu hərəkət növü haqqında qısa nəzəri məlumat verəcəyik.

Bərk cismin fırlanma hərəkəti elə mexaniki hərəkətə deyilir ki, onun bütün nöqtələrinin trayektoriyası konsentrik çevrələrdən ibarət olur.

Bərk cismin fırlanma hərəkəti ω -bucaq sürəti və ε -bucaq təcili ilə xarakterizə olunur.

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}; \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad \text{və ya} \quad \varepsilon = \frac{d^2\omega}{dt^2} \quad (1)$$

burada φ -bərk cismin dönmə bucağıdır.

Fırlanma hərəkətini xarakterizə edən dönmə bucağı, bucaq sürəti və bucaq təcili irəliləmə hərəkətini xarakterizə edən yerdəyişmə, sürət və təcil arasında aşağıdakı əlaqə mövcuddur:

$$S = \varphi r; \quad \mathcal{G} = \omega r; \quad a = \varepsilon r \quad (2)$$

Burada r -fırlanan nöqtə ilə fırlanma oxu arasındakı məsafədir.

Mövcud analogiyanı kinematik kəmiyyətlər üçün də davam etdirmək olar.

Fırlanma momenti və ya *fırlanma qüvvəsinin momenti* vektorial kəmiyyət olub, qüvvə momenti ilə radius vektorun vektorial hasilinə bərabərdir:

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}] = |\vec{r}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin(\vec{r}, \wedge \vec{F}) \quad (3)$$

\vec{M} vektoru fırlanma oxu istiqamətində yönəlib ilə eyni istiqamətlidir.

Tərpənməz oxa nəzərən *qüvvə momenti* skalyar kəmiyyət olub, ədədi qiymətcə, qüvvənin onun qoluna hasilinə bərabərdir:

$$M = F \cdot \ell \quad (4)$$

Maddi nöqtənin hər hansı oxa nəzərən *ətalət momenti* həmin nöqtənin kütləsinin nöqtə ilə fırlanma oxu arasındakı məsafənin kvadratı hasilinə bərabərdir:

$$J = mr^2 \quad (5)$$

Bərk cismin hər hansı fırlanma oxuna nəzərən *ətalət momenti* həmin cismi təşkil edən ayrı-ayrı hissələrin həmin oxa nəzərən ətalət momentlərinin cəmiyyətinə bərabərdir:

$$J = \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 \quad (6)$$

Fırlanma momentinin təsiri ilə bərk cismin bucaq sürətinin dəyişməsi zamanı cismin ətalətliliyini xarakterizə edən fiziki kəmiyyət *ətalət momenti* adlanır.

Bərk cismin fırlanma hərəkətinin dinamikasının əsas tənliyi

$$\vec{M} = J \cdot \vec{\varepsilon} \quad (7)$$

şəklində ifadə olunur.

Fırlanma hərəkətində iştirak edən cismin kinetik enerjisi ilə

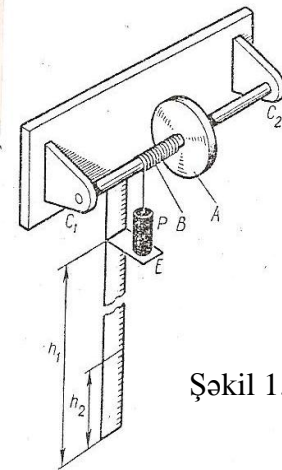
$$E_k = \frac{J \cdot \omega^2}{2} \quad (8)$$

düsturu ilə ifadə olunur.

Beləliklə, bərk cismin irəliləmə və fırlanma hərəkətlərini müqayisə etsək, görərik ki, irəliləmə hərəkətindəki kütlə fırlanma hərəkətindəki ətalət momenti ilə analogiya təşkil edir.

Çarxın ətalət momentini, oxun yastıqlardakı sürtünmə qüvvəsini təyin etmək üçün istifadə olunan qurğunun təsiri 1-ci şəkildə göstərilmişdir. Qurğu A çarxından, B fırlanma oxundan, J_1 və J_2 yastıqlarından ibarətdir. Divara bərkidilmiş bu sistem P yükü vasitəsi ilə fırladılır.

Çəkisiz sapdan asılmış yükü sapı fırlanma oxuna dolamaqla müəyyən h_1 hündürlüyünə qaldırılsa, həmin yük mgh_1 potensial enerjisinə malik olur. Yükü sərbəst buraxsaq, onun potensial



Şəkil 1.

enerjisi irəliləmə hərəkətinin $\frac{m\vartheta^2}{2}$ kinetik enerjisinə, fırlanma hərəkətinin $\frac{J\omega^2}{2}$ kinetik enerjisinə və dayağın sürtülmə qüvvəsinə qarşı görülən $A = F_s \cdot h_1$ işinə sərf olunacaq.

$$mgh_1 = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} + F \cdot h_1 \quad (9)$$

Yükün başlanğıc sürəti ($\vartheta_0 = 0$) sıfır olduğundan onun təcili və sürəti, müvafiq olaraq

$$a = \frac{2h_1}{t^2}, \quad \vartheta = \frac{2h_1}{t} \quad (10)$$

düsturları ilə ifadə olunur.

Oxlu çarxın bucaq sürəti isə

$$\omega = \frac{\vartheta}{r} = \frac{2h_1}{r \cdot t} \quad (11)$$

olur. Burada r-oxun radiusudur.

Yük sərbəst düşərək h_1 yerdəyişməsi etdikdən sonra ətaləti üzrə h_2 hündürlüyünə qalxar. Belə hərəkət nəticəsində yükün potensial enerjisinin dəyişməsi

$$mgh_1 - mgh_2 = F_s \cdot (h_1 + h_2) \quad (12)$$

olur.

Buradan sürtülmə qüvvəsini

$$F_s = mg \frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2} \quad (13)$$

şəklində ifadə edə bilərik.

Axırıncı ifadələri (9) düsturunda nəzərə alsaq, çarxın ətalət momenti üçün

$$J = mr^2 \left[gt^2 \frac{h_2}{h_1(h_1 + h_2)} - 1 \right] \quad (14)$$

düsturunu alırıq.

İşin gedişi

- 1.Çəkisiz, dartılmayan sapdan P yükünü asmalı və onu B fırlanma oxuna sarımaqla h_1 hündürlüyünə qaldırmalı.
- 2.Yükün altındakı E platformasını götürməklə onun h_1 hündürlüyünü enmə müddətini saniyəölçənlə ölçməli.
- 3.Ətaləti üzrə yükün qalxdığı h_2 hündürlüyünü qeydə almalı.
- 4.Ştangenpərgar vasitəsi ilə fırlanma oxunun r radiusunu ölçməli.
- 5.Təcrübənin ölçmələrinin nəticələrini (13) və (14) ifadələrində yerinə yazıb sürtünmə qüvvəsini və yükün ətalət momentini hesablamalı.
- 6.Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməklə mütləq və nisbi xətaləri hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 10

SƏRBƏSTDÜŞMƏ TƏCİLİNİN RİYAZİ RƏQQAS VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: riyazi rəqqas, saniyəölçən, millimetr bölgülü xətkəş, ştangenpərgar.

Qısa nəzəri məlumat

Təbiətdə olan cisimlər bir-birini qarşılıqlı cəzb edir. Cisimlərin yer səthinə düşməsi, ayın qapalı orbit boyunca yer ətrafında fırlanması, planetlərin günəş ətrafında fırlanması və s. hərəkətlər qarşılıqlı cazibə qüvvəsinin təsiri nəticəsində baş verir. Cazibə qüvvəsinin tabe olduğu qanun ilk dəfə 1687-ci ildə Nyuton tərəfindən kəşf olunmuşdur. Bu qanuna görə yer səthi yaxınlığındakı cisimlər yerin cazibə qüvvəsinin təsiri nəticəsində yer səthinə eyni bir təcillə düşür. Bu təcilə ağırlıq qüvvəsi təcili və ya sərbəstdüşmə təcili deyilir və g hərfi ilə işarə olunur.

Havasız mühitdə cisimlərin yalnız ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında düşməsi sərbəstdüşmə adlanır.

Sərbəst düşən cisimlərin yer səthi yaxınlığında aldıkları təcillərin onların kütlələrindən asılı olmaması ümumdünya cazibə qanununun məntiqi nəticəsidir. Yerlə cisim arasında olan cazibə qüvvəsinin elə ağırlıq qüvvəsi olduğunu bilərək, ağırlıq qüvvəsi təcilini tapmaq olar:

$$F=mg \text{ və } F = G \frac{Mm}{R^2} \quad (1)$$

olduğundan

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

ifadəsi alınır.

Burada, m - cismin, M - yerin kütləsi, G – qravitasiya sabiti, R – cisimlə yerin mərkəzi arasındakı məsafədir. Cismin yer səthindən olan hündürlüyü yer radiusu ilə müqayisədə çox kiçikdirsə, onda $R \approx R_{yer}$ götürmək olar. Onda yerin yaxın səthi üçün sərbəstdüşmə təcili belə ifadə olunur:

$$g = G \frac{M}{R_{yer}^2} \quad (2)$$

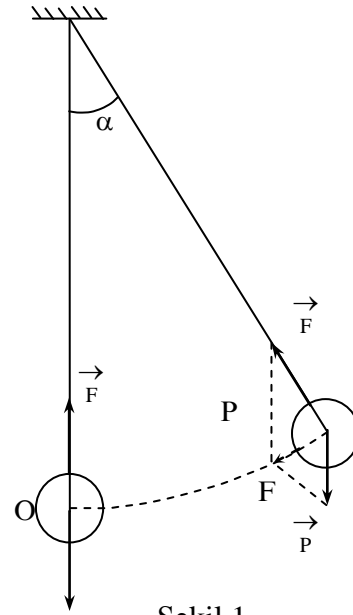
Bu düsturdan görünür ki, sərbəstdüşmə təcili cismin kütləsindən asılı olmayıb, yerin kütləsindən və radiusundan asılıdır. Yer səthindən kifayət qədər uzaq məsafədə yerləşən cismin sərbəstdüşmə təcili yer səthindən olan hündürlükdən də asılı olur:

$$g_h = G \frac{M}{(R_{yer} + h)^2} \quad (3)$$

Yerin öz oxu ətrafında fırlanması zamanı meydana çıxan mərkəzəqaçma ətalət qüvvəsinin təsiri, həmçinin yerin ellipsoid formasına malik olması nəticəsində ağırlıq qüvvəsi təcilinin qiyməti yerin müxtəlif nöqtələrində (müxtəlif coğrafi en dairələrində) fərqli olur. Coğrafi en dairəsindən asılı olaraq, ağırlıq qüvvəsi təcilinin dəyişməsi qanunauyğunluğu aşağıdakı düsturla ifadə olunur.

$$g_\varphi = g_0 \left(1 - \frac{\omega^2 R}{g_0} \cdot \cos^2 \varphi\right) \quad (4)$$

Burada, g_0 - yer səthində sərbəstdüşmə təcili, φ , g_0 -təcilin istiqaməti ilə ekvator müstəvisi arasında qalan bucaq (coğrafi en dairəsi), ω -yer kürəsinin öz oxu ətrafında fırlanma bucaq sürətidir. Yuxarıdakı ifadədən görünür ki, yerin qütblərinə doğru getdikcə g -nin qiyməti artır və qütblərdə ən böyük qiymət alır. Ekvatora yaxınlaşdıqca onun qiyməti get-gedə azalaraq, ekvatorada ən kiçik qiymət alır. $\varphi=45^\circ$ coğrafi en dairəsində $g = 9,81 \text{ m/san}^2$ olduğu halda, ekvatorada $g = 9,78 \text{ m/san}^2$, qütbə isə $g = 9,83 \text{ m/san}^2$ -dir. Yer in sıxlığının dəyişməsi nəticəsində eyni bir coğrafi en dairəsində də g -nin qiyməti dəyişir. Ağırlıq qüvvəsi təcilinin qiymətinin müxtəlif coğrafi en dairələrində öyrənilməsi yerin quruluşunu öyrənməyə və yeraltı faydalı qazıntı yataqlarını aşkara çıxarmağa imkan yaradır.



Şəkil 1.

Müəyyən coğrafi en dairəsində təcrübi olaraq g -nin qiymətini tapmaq üçün dinamik və statik üsullardan istifadə olunur. Dinamik üsullardan ən çox tətbiq olunanı rəqqas üsuludur. Bu metod rəqqasın periodunun ağırlıq qüvvəsi təcildən asılı olmasına əsaslanır. Asılılıqdan istifadə edərək riyazi rəqqas vasitəsi ilə sərbəstdüşmə təcilini tapmaq olar.

Uzanmayan, çəkisiz nazik sapdan asılmış maddi nöqtəyə riyazi rəqqas deyilir.

Müəyyən dayaq nöqtəsindən asılmış rəqqasa baxaq. Rəqqas tarazlıq vəziyyətində olduqda ona təsir edən ağırlıq qüvvəsi P sapın gərilmə qüvvəsi ilə tarazlaşır. Tarazlıq vəziyyətindən çıxarılmış rəqqasın ağırlıq qüvvəsinin P_n - normal toplananı sapın gərilmə qüvvəsi ilə tarazlaşır, tangensial P_t toplananı isə heç bir qüvvə ilə tarazlaşmır (şəkil 1.). Məhz bu qüvvənin təsiri altında riyazi rəqqas öz tarazlıq vəziyyəti ətrafında rəqs edir.

Təbiətə elastiki olan bu qüvvə *kvazielastiki qüvvə* adlanır. Nəticədə rəqqası tarazlıq vəziyyətindən çıxardıqda onu tarazlıq vəziyyətinə qaytarmağa çalışan və ədədi qiyməti aşağıdakı düsturda verilən fırladıcı moment yaranacaqdır:

$$\vec{M} = [\vec{P}_t, \vec{l}] = -mgl \sin \alpha \quad (5)$$

Yuxarıdakı ifadədə mənfi işarəsi qüvvənin yerdəyişmənin əksinə yönəldiyini göstərir. Rəqqas sisteminə Nyutonun ikinci qanununu tətbiq etdikdə

$$M = ml^2 \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -mgl \sin \alpha$$

və ya

$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \alpha = 0 \quad (6)$$

alınır. Meyil bucağının kiçik qiymətlərində $\sin \alpha \approx \alpha$ olduğu nəzərə alınarsa, (6) ifadəsi aşağıdakı şəkllə düşər:

$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \omega_0^2 \alpha = 0 \quad (7)$$

Burada, $\omega_0 = \sqrt{g/l}$ olub, dairəvi tezlik adlanır. (7) ifadəsi sərbəst harmonik rəqsi hərəkətin tənliyidir.

Kiçik rəqslər üçün riyazi rəqqasın tarazlıq vəziyyətindən olan meyil bucağı, zamandan asılı olaraq tarazlıq vəziyyəti ətrafında harmonik rəqs qanunu ilə dəyişdiyindən, belə rəqsin periodu kiçik bucaq ($\alpha = 7 \div 9^\circ$) altında baş verən harmonik rəqsin periodu

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (8)$$

Düsturu ilə hesablanır. Yuxarıdakı ifadədən ağırlıq qüvvəsi təcili üçün

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot l \quad (9)$$

düsturu alınır. Bu düsturdan istifadə edərək, rəqqasın l uzunluğunu və T periodunu ölçməklə, g -ni hesablamaq olar. Rəqqasın uzunluğunu tapmaq üçün kürəciyin asıldığı sapın uzunluğuna (l_1), kürənin radiusunu (r) əlavə etmək lazımdır. Bu halda $l = l_1 + r$ olar.

İşin gedişi

1. İpin uzunluğunu xətkəşlə və kürənin r -radiusunu ştangenpərgarla ölçüb $l = l_1 + r$ ifadəsinə görə rəqqasın l - uzunluğunu hesablamaq.
2. Rəqqası hərəkətə gətirib, 2-3 rəqsdən sonra saniyəölçəni işə salıb, 10÷15 rəqs üçün sərf olunan zamanı təyin etməli.
3. Ölçülmüş t -zaman müddətini rəqslərin n sayına bölərək, $T = t/n$ düsturuna əsasən rəqsin periodunu təyin etməli.
4. Period və rəqqasın uzunluğu üçün tapılan qiymətləri (9) ifadəsində yazıb sərbəstdüşmə təcilini hesablamaq.
5. Rəqqasın uzunluğunu dəyişərək təcrübəni müxtəlif uzunluqlar üçün 3-4 dəfə təkrar etməli.
6. Sərbəstdüşmə təcilinin orta qiymətini tapıb ölçmənin mütləq və nisbi xətaalarını hesablamaq.

LABORATORIYA İŞİ № 11

ƏYİLMƏ ÜSULU İLƏ YUNQ MODULUNUN TƏYİNİ

Ləvazimat: dayaqlara bərkidilmiş iki prizma, tədqiq olunacaq metal lövhələr, müxtəlif kütləli yüklər, millimetr bölgülü xətkəş, mikrometr, ştangenpərgar, çəngəl.

Qısa nəzəri məlumat

Xarici təsir nəticəsində cismin ölçüləri və formasını dəyişməsinə *deformasiya* deyilir. Deformasiya 2 cür olur: elastiki və plastiki. *Deformasiyaetdirici qüvvənin təsiri kəsildikdən sonra cisim öz əvvəlki forma və ölçülərini bərpa edərsə, belə deformasiya elastiki deformasiya adlanır.* Elastiki deformasiya olunmuş cisim öz əvvəlki vəziyyətinə qaytaran qüvvələrə isə *elastiki qüvvələr* deyilir. Elastiki qüvvələr deformasiyanın qiyməti ilə düz mütənasib olub, deformasiyaetdirici qüvvənin əksinə yönəlir. Deformasiyaetdirici qüvvənin təsiri kəsildikdən sonra cisim əvvəlki formasını bərpa etmərsə, belə deformasiyaya *qeyri-elastiki*, yaxud *plastiki* deformasiya deyilir. Deformasiyanın aşağıdakı növləri var: *dartılma (sıxılma), sürüşmə, əyilmə, burulma.* Deformasiyanın bütün formalarında cisim əvvəlki vəziyyətinə qaytaran elastiki qüvvələr meydana çıxır. Cisim elastiki deformasiya etdirən qüvvənin ən böyük qiymətinə *elastiklik hüdudu* deyilir. Elastiki deformasiyanın kəmiyyət münasibəti Huk qanunu ilə müəyyən edilir:

Elastiklik hüdudu daxilində deformasiyanın qiyməti, deformasiyaetdirici qüvvənin qiymətilə düz mütənasibdir.

$$\vec{F} = -k\Delta\vec{x} \quad (1)$$

Burada, k - mütənasiblik əmsalı olub, *sərtlilik əmsalı* adlanır. Təcrübə göstərir ki, eyni qüvvənin təsiri altında müxtəlif en kəsikli bircins çubuqların deformasiya dərəcəsi müxtəlif olur. Fərz edək ki, en kəsiyi S və uzunluğu ℓ olan çubuğa deformasiyaetdirici qüvvə təsir edir. Deformasiyaetdirici qüvvənin (\vec{F}) nümunənin en kəsinin S sahəsinə olan nisbəti materialın mexaniki xassəsini xarakterizə edir və mexaniki gərginlik adlanır. Mexaniki gərginlik:

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

düsturu ilə ifadə olunur. Mexaniki gərginliyin BS-də vahidi $1 N/m^2$ -dir.

Fərz edək ki, deformasiyaetdirici qüvvənin təsiri ilə cisim $\Delta\ell$ qədər uzanmışdır. Çubuğun deformasiyadan sonrakı uzunluğu ilə əvvəlki uzunluğu fərqinin $|\ell - \ell_0| = |\Delta\ell|$ mütləq qiymətinə *mütləq uzanma* deyilir. Mütləq uzanma uzunluq vahidi ilə ölçülür. Mütləq uzanmanın çubuğun əvvəlki uzunluğuna nisbəti isə *nisbi uzanma (nisbi deformasiya)* adlanır.

$$\frac{|\ell - \ell_0|}{\ell_0} = \frac{|\Delta\ell|}{\ell_0} \quad (3)$$

Təcrübələr göstərir ki, *elastiklik hüdudu daxilində nisbi deformasiyanın qiyməti mexaniki gərginliklə düz mütənasıbdır*. Onda Huk qanununu riyazi şəkildə aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\frac{|\Delta\ell|}{\ell_0} = \varepsilon = \alpha \frac{|\vec{F}|}{S} \quad \text{və ya} \quad \varepsilon = \alpha\sigma \quad (4)$$

α - deformasiyada *elastiklik əmsalı* adlanır və ədədi qiymətcə vahid mexaniki gərginliyin yaratdığı nisbi deformasiyaya bərabərdir. Elastiklik əmsalının tərs qiyməti *elastiklik modulu*, yaxud *Yunq modulu (E)* adlanır. (4) düsturunu Yunq modulu vasitəsilə də ifadə etmək olar:

$$E = \frac{Fl_0}{S|\Delta\ell|} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (5)$$

Yunq modulu ədədi qiymətcə vahid nisbi deformasiya yaradan mexaniki gərginliyə bərabərdir. Yunq modulunun BS-də vahidi $1Pa=1 N/m^2$ dir. Yunq modulunu təyin etmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Bu üsullardan biri də çubuğun əyilmə üsuludur. Bu üsulla Yunq modulunu təyin etmək üçün istifadə olunan cihazın quruluşu şəkil 1. -də göstərilmişdir.

Aralarındakı məsafə L olan iki prizma üzərinə metal çubuq qoyulur və çubuğun ortasından çəkisi P olan yük asılır. Bu halda çubuğun əyilməsi üçün aşağıdakı ifadə alınır:

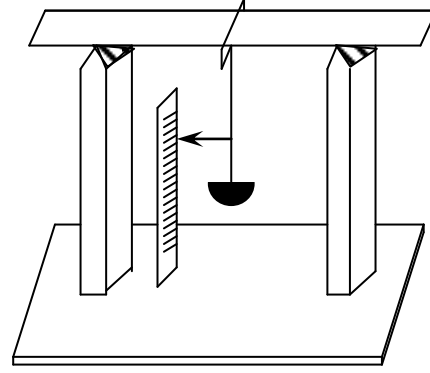
$$\lambda = \frac{PL^3}{4ad^3E} \quad (6)$$

Burada, $P=mg$ - yükün çəkisi, a - çubuğun eni, d - onun qalınlığı, L - çubuğun uzunluğu, λ - çubuğun əyilmə məsafəsidir. (6) ifadəsinin çıxarılışı mürəkkəb riyazi əməliyyat tələb etdiyindən, burada onun çıxarılışı verilməyib. Yuxarıdakı ifadədən Yunq modulu üçün

$$E = \frac{mgL^3}{4ad^3\lambda} \quad (7)$$

alınır.

Yunq modulunu təyin etmək üçün təcrübədə A və B prizmaları üzərinə qoyulmuş yastı metal çubuğun ortasından C çəngəli asılır və bu çəngəldən müxtəlif kütləli (100q, 200q, 500q) yüklər asılır. Çəngəldən asılan yüklərin təsiri ilə çubuq əyilir. Çubuğun əyilməsi millimetrlük bölgüləri olan göstərici vasitəsilə qeyd olunur.



Şəkil 1.

İşin gedişi

1. Verilən yastı çubuğun eni mikrometrlə, qalınlığı isə ştangenpərgarla dəqiq ölçüldükdən sonra onu prizmanın iti tilləri üzərinə qoymalı və tillər arasındakı məsafəni təyin etməli.

2. Çəngəldən kütləsi 100q olan yük asaraq göstəricinin şkala üzərindəki yerdəyişməsini ($\lambda = h_2 - h_1$) dəqiq təyin etməli.

3. Ölçmənin nəticələrini (7) ifadəsində yerinə yazaraq Yunq modulunu hesablamalı.

4. Çəngəldən asılan yükün miqdarını artırmaqla yuxarıda göstərilən qayda ilə təcrübəni 5 dəfə təkrar etməli və Yunq modulunun orta ədədi qiymətini hesablamalı.

5. Yunq modulunun orta ədədi qiymətinə görə təcrübənin nisbi və mütləq xəталərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 12

SƏSİN HAVADA SÜRƏTİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: Q3-36 markalı səs generatoru, mikrofon, ucunda su kranı olan silindrik şüşə boru, rezin boru, yayında su kranı olan şüşə balon, ştativ, birləşdirici naqillər

Qısa nəzəri məlumat

Mexaniki rəqslərin mühidə yayılmasına mexaniki dalğalar deyilir. Dalğalar digər fiziki kəmiyyətlərlə (məsələn amplitud, faza, gurluq, tembr və s) yanaşı tezlik, dalğa uzunluğu yayılma sürəti ilə xarakterizə olunur. Tezliyi 20Hz-20000Hz arasında olan mexaniki dalğalara *səs dalğaları* deyilir. Səs dalğalarını tədqiq edən elm *akustika* adlanır.

Dalğanın mühidə yayılma sürətini təyin etmək üçün onun tezliyini və dalğa uzunluğunu bilmək kifayətdir.

$$g = \lambda v \quad (1)$$

burada λ - dalğa uzunluğu, v -tezlikdir.

Dalğanın uzunluğunu təyin etmək üçün *quyetik rezonans* hadisəsindən istifadə etmək olar. Bir tərəfi bağlı borunun açıq tərəfinə səs mənbəyi yerləşdirib səs dalğası göndərsək, borudakı hava sütununda müəyyən tezlikli dalğalar yaranacaq. Mənbəyin yaratdığı dalğaların tezliyi hava sütununda yaranan dalğaların məxsusi tezliyinə bərabər olduqda rezonans hadisəsi baş verir. Nəzəri hesablamalar göstərir ki, hava sütununun yaratdığı dalğaların məxsusi tezliyi

$$v_0 = \frac{g \cdot n}{4(L + 0,8R)} \quad (2)$$

düsturu ilə hesablanır. Burada $n=1,3,5,\dots$ tək natural ədədlər, L -hava sütununun uzunluğu, R -hava sütununun radiusudur.

Akustik rezonans hadisəsi o zaman baş verir ki, hava sütununda dalğa uzunluğunun dördə birinin tək mislinə bərabər səs dalğaları yerləşsin, yəni

$$n \frac{\lambda}{4} = L + 0,8R \quad (3)$$

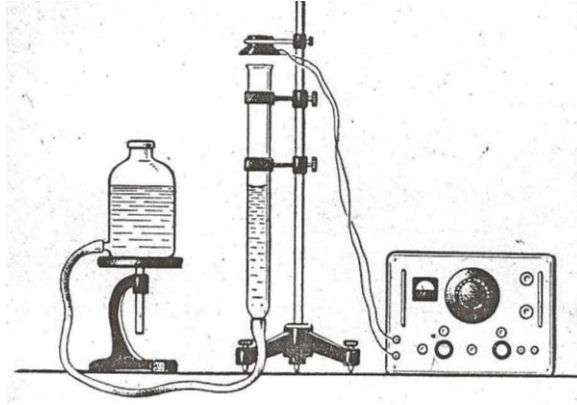
şərti ödənsin.

(3) şərtinin ödənməsi üçün borudakı su sütununun hündürlüyünü tədricən dəyişmək lazımdır. Akustik rezonans baş verdikdə borudan kəskin səs eşidilir.

İşin gedişi

1-ci şəkildə göstərilən təcrübəni yığıb səs generatorunu elektrik dövrəsinə qoşub 300Hs tezliyinə kökləməli.

2.İçərisində su olan şüşə ballonu qaldırıb endirməklə silindrik borudakı su sütununun hündürlüyünü tədricən dəyişməklə, hava sütununun hündürlüyünü dəyişməli.



Şəkil 1.

3.Mikrofondan çıxan və suyun səthindən qayıdan dalğalar şüşə balonunun daxilində interferensiya edir. Hava sütununun hündürlüyü $\frac{\lambda}{4}$ - ün tək mislnə bərabər olduqda akustik rezonans baş verir, kəskin səs eşidilir. $n=1$ qəbul edib l və R -i xətkəş vasitəsi ilə ölçməklə (3) düsturu vasitəsi ilə səsin dalğa uzunluğunu hesablamalı.

4.Hava sütununun hündürlüyünü dəyişməklə ikinci akustik rezonansı yaratmaqla səsin dalğa uzunluğunu $n=2$ halına uyğun hesablamalı.

5.Təcrübəni səs generatorunu 400Hs və 500Hs tezliklərinə kökləməklə təkrar etməli.

6.Tezliyi səs generatorundan, dalğa uzunluğunu akustik rezonans vasitəsi ilə təyin etdikdən sonra səsin havadakı sürətini (1) düsturu vasitəsi ilə hesablamalı.

7.Təcrübəni müxtəlif hallar üçün aparmaqla mütləq və nisbi xətanı hesablamalı.

II BÖLMƏ

MOLEKULYAR FİZİKA VƏ TERMODİNAMİKA

LABORATORİYA İŞİ № 1

QAZLARIN XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMLARININ (C_P/C_V) NİSBƏTİNİN KLEMAN-DEZORM ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

*Ləvazimat: Kleman-Dezorm cihazı, mayeli manometr,
Kamovski nasosu.*

Qısa nəzəri məlumat

İstilik mübadiləsi prosesində bir cisimdən digərinə verilən enerji istilik miqdarı ilə xarakterizə olunur. Təcrübədən məlumdur ki, cismin temperaturunun dəyişməsi ona verilən və ya ondan alınan dQ istilik miqdarı ilə düz mütənasibdir:

$$dQ = cm dT \quad (1)$$

Burada, m – cismin kütləsi, j – xüsusi istilik tutumudur. *Xüsusi istilik tutumu 1 kq maddəni 1 dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarıdır.* Beynəlxalq vahidlər sistemində xüsusi istilik tutumu $C/(kq \cdot K)$ ilə ölçülür.

1 mol maddəni 1 dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarı molyar istilik tutumu adlanır.

$$C_m = \frac{dQ}{\mu dT} \quad (2)$$

Burada, μ - maddə miqdarıdır. Molyar istilik tutumu Beynəlxalq vahidlər sistemində $C/(\text{mol} \cdot K)$ ilə ölçülür.

Qazların istilik tutumu qızdırılma şəraitindən (yəni sabit həcmdə və ya sabit təzyiqdə) asılıdır. Sabit həcmdə qızdırılan qaz xarici qüvvələrə qarşı iş görmədiyindən, termodinamikanın I prinsipinə əsasən, verilən istilik bütünlüklə daxili enerjinin dəyişilməsinə sərf olunur. Sabit həcmdə qızdırılan bir mol qaz üçün termodinamikanın birinci prinsipini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$dQ = dU_m = \frac{i}{2} R dT \quad (3)$$

Burada, dQ - sistemə verilən istilik miqdarı, dU_m -daxili enerjinin dəyişməsi, R - universal qaz sabiti, dT - temperaturun dəyişməsi, i - sərbəstlik dərəcələrinin sayıdır. Biratomlu qaz üçün $i=3$, ikiatomlu qaz üçün $i=5$, çoxatomlu qaz üçün isə $i =6$ -dır. Sabit həcmdə baş verən proseslərdə istilik tutumu

$$c_v = \left(\frac{dU_m}{dT} \right)_v = \frac{i}{2} R \quad (4)$$

olar.

Sabit təzyiqdə qızdırılan qaz genişlənərək xarici qüvvələrə qarşı müəyyən iş görür. Bu halda qazı bir dərəcə qızdırmaq üçün sabit həcmdəki prosesə nisbətən daha çox istilik miqdarı tələb olunur. Çünki sabit təzyiqdə sistemə verilən istilik miqdarı həm sistemin daxili enerjisinin artmasına, həm də xarici qüvvələrə qarşı görülən işə sərf olunur. Ona görə də sabit təzyiqdəki istilik tutumu c_p sabit həcmdəki istilik tutumu c_v -dən böyük olur. Termodinamikanın birinci prinsipini *sabit təzyiqdə* bir mol qaz üçün aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$dQ = dU_m + p dV_m \quad (5)$$

Bu halda sabit təzyiqdəki istilik tutumu üçün aşağıdakı ifadə alınır:

$$c_p = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU_m}{dT} + p \left(\frac{dV_m}{dT} \right)_p$$

və ya

$$c_p = c_v + p \left(\frac{dV_m}{dT} \right)_p \quad (6)$$

Burada, $p(dV_m/dT)_p$ - sabit təzyiqdə bir mol qazı bir dərəcə qızdırdıqda onun həcmnin dəyişməsini göstərən kəmiyyətdir. Bu kəmiyyəti Klapeyron-Mendeleyev tənliyinin köməyiylə təyin etmək olar:

$$V_m = \frac{RT}{p} \quad \text{və ya} \quad \left(\frac{dV_m}{dT} \right)_p = \frac{R}{p} \quad (7)$$

(7) ifadəsini (6)-da nəzərə aldıqda

$$c_p = c_v + R \quad \text{və ya} \quad c_p = \frac{i+2}{2} R \quad (8)$$

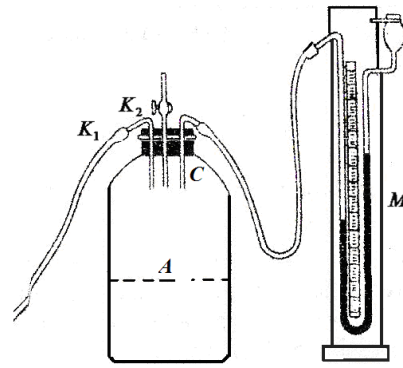
ifadəsi alınır. Sabit təzyiqdəki istilik tutumunun sabit həcmdəki istilik tutumuna olan nisbəti γ ilə işarə olunur:

$$\frac{c_p}{c_v} = \gamma$$

γ (qamma) kəmiyyəti adiabatik ($Q=\text{const}$) prosesi xarakterizə edən Puasson tənliyinə daxil olan əmsaldır. *Xariclə istilik mübadiləsi olmadan baş verən termodinamik proses adiabatik proses adlanır.* Adiabatik prosesdə təzyiq və həcm arasında aşağıdakı kimi asılılıq vardır:

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad (9)$$

Burada, $p_1 V_1$, və $p_2 V_2$ hasiləri adiabatik prosesdə qazın iki müxtəlif halına uyğun olan təzyiq və həcmdir. Qazların xüsusi istilik tutumlarını xarakterizə edən γ - kəmiyyətini təyin etmək üçün laboratoriyada istifadə olunan ən sadə üsullardan biri Kleman-Dezorm üsuludur. Təcrübədə istifadə olunan qurğunun prinsipial sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir. Qurğu



Şəkil 1.

şüşə balona birləşdirilmiş M manometrən, Kamovski nasosundan və şüşə kranlardan ibarətdir. K_1 kranı balonu nasosla, K_2 kranı isə balonu atmosferlə birləşdirir. Nasos vasitəsilə balona müəyyən miqdarda hava vurulduqda balondakı havanın təzyiqi və temperaturu dəyişir. Müəyyən müddətdən sonra (2-3 dəqiqə) balondakı havanın temperaturu ətraf mühitin temperaturu ilə bərabərləşir.

Bu halda balondakı havanın təzyiqi isə xarici atmosfer təzyiqindən hidrostatik təzyiq qədər çox olur:

$$P_1 = P_0 + h_1.$$

Burada, P_0 - atmosfer təzyiqi, h_1 - manometrəki maye sütunlarının hündürlükləri fərqi. Cəvə sütununun təzyiqi onun h - hündürlüyü ilə təyin olunduğundan, əlavə təzyiqi də şərti olaraq h -la göstərək.

Manometrə maye sütunlarının səviyyələri qərarlaşdıqdan sonra K_2 kranı ani açılır, balon atmosferlə birləşdirilir və kran sürətlə bağlanır. Bu zaman balondakı qazın təzyiqi xarici atmosfer təzyiqinə qədər azalır ($P_2 = P_0$). Proses ani getdiyindən, bunu adiabatik proses kimi qəbul etmək olar (adiabatik genişlənmə). Adiabatik genişlənmə zamanı qaz soyuyur və qazın temperaturu ətraf mühitin temperaturuna nisbətən aşağı düşür. Kranı

bağladıqdan 2-3 dəqiqə sonra qazın temperaturu ətraf mühitin temperaturuna qədər, təzyiqli isə P_0 -dan P_3 -ə qədər artır. Bu halda balondakı təzyiqli

$$P_3 = P_0 + h_2$$

olar. Təcrübənin başlanğıcı və sonunda qazın temperaturunun eyni olduğunu nəzərə alıb Boyle-Mariott qanununu tətbiq etmək olur:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2. \quad (10)$$

(9) və (10) ifadələrini γ - əmsalına görə həll edib, P_1 və P_2 təzyiqlərinin uyğun ifadələrini nəzərə aldıqda:

$$\gamma = \frac{\ln(P_0 + h_1) - \ln P_0}{\ln(P_0 + h_1) - \ln(P_1 + h_2)} \quad (11)$$

alınır. Sonunju ifadədə $\ln(P_0 + h_1)$ və $\ln(P_0 + h_2)$ hədlərini Teylor sırasına ayırıb yalnız birinci hədlə kifayətləndikdə, onda aşağıdakı ifadələr alınır:

$$\ln(P_0 + h_1) = \ln P_0 + \frac{h_1}{P_0} \quad \text{və} \quad \ln(P_0 + h_2) = \ln P_0 + \frac{h_2}{P_0}. \quad (12)$$

(12) ifadələrini (11)-də nəzərə alıb, müəyyən sadələşmə apardıqda, γ -kəmiyyəti üçün

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (13)$$

düsturu alınır. İfadədən görünür ki, γ -nı təyin etmək üçün adiabatik genişlənməyə qədər və sabit həcmdə qazın qızması zamanı qaz üzərindəki əlavə təzyiqli bilmək lazımdır. Bu əlavə təzyiqlər M manometrinin köməyilə ölçülür və maye sütunlarının uyğun hündürlükləri fərqi kimi təyin olunur.

İşin gedişi

1. C balonuna nasos vasitəsilə hava dolduraraq, balondakı havanın təzyiqlini 15-25 sm su sütunu qədər artırıb, K_1 kranını bağlamalı. Manometrde mayenin səviyyəsinin qərarlaşmasını gözləyib səviyyələr fərqlini (h_1) qeyd etməli.

2. K_2 kranını ani olaraq açmalı, balondakı havanı atmosferlə əlaqələndirdikdən sonra kranı bağlamalı. Proses adiabatik genişlənmə prosesi olduğundan, bu zaman qaz soyuyur və onun temperaturu azalır. 2-3 dəqiqə gözlədikdən sonra balondakı havanın temperaturu yüksəlir və ətraf mühitin temperaturuna bərabər olur. Bu zaman manometrə yaranan səviyyələr fərqi (təzyiqlər fərqi) (h_2) qeyd etməli.

3. Maye sütunlarının h_1 və h_2 səviyyələr fərqi üçün alınan qiymətlərini (13) ifadəsində yazıb, $\gamma = c_p/c_v$ nisbətini hesablamalı.

4. Təcrübəni 3-4 dəfə təkrar edərək, bu nisbət üçün orta qiymət tapıb, mütləq və nisbi xətaları orta qiymətə görə hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 2

XÜSUSİ İSTİLİK TUTUMUNUN KALORİMETR VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Qısa nəzəri məlumat

Cismi təşkil edən atom və molekulların istilik hərəkətinin orta kinetik enerjisi və aralarındakı qarşılıqlı təsirin potensial enerjisinin cəmi daxili enerji adlanır. Cismə xaricdən istilik verdikdə onun temperaturu, eləcə də daxili enerjisi dəyişir. Təcrübə göstərir ki, eyni kütləli müxtəlif cisimləri eyni şəraitdə bir dərəcə qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarı fərqlidir. Bu özəlliyi xarakterizə etmək üçün "*istilik tutumu*" anlayışından istifadə olunur.

Maddənin temperaturunu bir dərəcə dəyişmək üçün lazım olan istilik miqdarına istilik tutumu deyilir. Maddəyə Q qədər istilik miqdarı verildikdə onun temperaturu ΔT qədər dəyişirsə, onda istilik tutumu aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}. \quad (1)$$

Adətən, maddənin istilik xassələrini xarakterizə etmək üçün maddənin xüsusi istilik tutumu və molyar istilik tutumundan istifadə olunur.

Vahid kütləli maddənin temperaturunu bir dərəcə dəyişmək üçün lazım olan istilik miqdarına xüsusi istilik tutumu deyilir:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad (2)$$

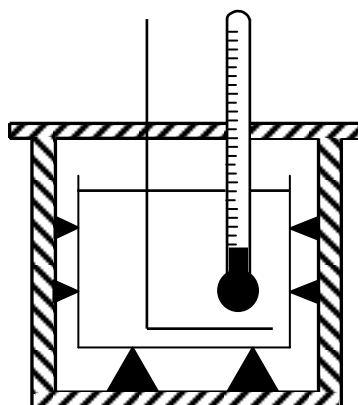
Bir mol maddənin temperaturunu bir dərəcə dəyişmək üçün lazım olan istilik miqdarı molyar istilik tutumu adlanır. Molyar istilik tutumu xüsusi istilik tutumundan maddənin molekul kütləsini göstərən ədəd dəfə böyükdür:

$$C_M = M c \quad (3)$$

Burada, C_M - molyar istilik tutumu, c - xüsusi istilik tutumu, M - maddənin molyar kütləsidir. Beynəlxalq vahidlər sistemində xüsusi istilik tutumunun vahidi $C/(kg \cdot K)$, molyar istilik tutumunun vahidi isə $C/(mol \cdot K)$ - dir.

Maddələri sabit həcmdə və sabit təzyiqdə qızdırmaq olar. Qızma şəraitindən asılı olaraq müxtəlif olan bu istilik tutumlarına sabit həcmdəki və sabit təzyiqdəki istilik tutumları deyilir. Xüsusi və molyar istilik tutumlarını həm sabit həcmdə, həm də sabit təzyiqdə təyin etmək mümkündür.

Təcrübədə xüsusi istilik tutumu kalorimetr adlanan cihazla ölçülür. 1.-ci şəkildə kalorimetrin prinsipial quruluşu göstərilmişdir. Kalorimetr biri digərinin içərisinə qoyulmuş və bir-birindən hava qatı ilə təcrid edilmiş iki silindrik qabdan (A və B qabları) ibarətdir. Bu qabların divarları arasında hava, oturacaqları arasında isə istiliyi pis keçirən maddədən hazırlanmış dayaq olur. Kalorimetrin daxili qabına su və ya digər tədqiq olunacaq maye tökülür. Kalorimetrə M qarışdırıcısı və T termometri salınır.



Şəkil 1.

Çalışma 1. Mayələrin xüsusi istilik tutumunun kalorimetr vasitəsilə təyini

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

Kalorimetrin eyni materialdan hazırlanmış qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsi m_1 , xüsusi istilik tutumu c_1 olsun. Xüsusi istilik tutumu c_x olan mayedən m qram çəkib, kalorimetrə tökülsə, bir neçə dəqiqədən sonra onların temperaturları bərabərləşəcəkdir. Bu temperaturu t_1 ilə işarə edək. Sonra xüsusi istilik tutumu (c_2) məlum olan m_2 kütləli bərk cismi buxar hamamında t_2 temperaturuna qədər qızdıraraq, maşa ilə qızdırıcıdan çıxarılıb gecikdirmədən kalorimetrdəki maye içərisinə salmalı. Bu halda qızdırılmış cisim kalorimetr sisteminə müəyyən istilik miqdarı verərək soyuyur, kalorimetr sistemi isə həmin istilik miqdarını alaraq qızır. Bu proses temperaturlar bərabərləşənə qədər davam edir. Kalorimetr sisteminin son temperaturunu θ ilə işarə edək. Şüalanma və ya digər üsulla verilən az miqdarda istilik itkisi nəzərə alınmasa, enerjinin

saxlanması qanununa görə, soyuyan m_2 -kütləli bərk cismin verdiyi istilik miqdarı

$$Q_1 = m_2 c_2 (t_2 - \theta) \quad (4)$$

kalorimetr sisteminin (qab, maye, termometr) aldığı istilik miqdarına

$$Q_2 = (m_1 c_1 + m c_x) \cdot (\theta - t_1) \quad (5)$$

bərabər olmalıdır. Burada, c_1 – kalorimetrin, c_x – tədqiq olunan mayenin xüsusi istilik tutumları, m_1 və m - uyğun olaraq kalorimetrin və mayenin kütlələridir. İstilik balansını tənliyinə görə $Q_1=Q_2$ bərabərlik şərtindən aşağıdakı düstur alınır:

$$m_2 c_2 (t_2 - \theta) = (m_1 c_1 + m c_x) \cdot (\theta - t_1). \quad (6)$$

Onda tədqiq olunacaq mayenin xüsusi istilik tutumu:

$$c_x = \frac{m_2 c_2 (t_2 - \theta) - m_1 c_1 (\theta - t_1)}{m (\theta - t_1)} \quad (7)$$

kimi təyin olunur.

İşin gedişi

1. Xüsusi istilik tutumu məlum olan bərk cismin kütləsini (m_2) təyin edib buxar hamamında 100°S -yə qədər qızdırmalı.
2. Kalorimetrin daxili stəkanının kütləsini (m_1) təyin etməli.
3. Tədqiq olunan mayeni kalorimetrə töküüb, kalorimetrlə birlikdə tərəzidə mayenin kütləsini (m) tapmalı.
4. Kalorimetr-maye sisteminin ilk temperaturunu (t_1) ölçdükdən sonra qızdırılan bərk cismi kalorimetrə daxil edib və qarışıqın temperaturunu (θ) termometrlə ölçməli.
5. Kalorimetrin hazırlandığı materialın və bərk cismin xüsusi istilik tutumlarının qiymətini cədvəldən götürməli.
6. Ölçülən və cədvəldən götürülən qiymətləri (7) düsturunda yerinə yazılaraq tədqiq olunan mayenin xüsusi istilik tutumu (c_x) hesablanmalı.
7. Xüsusi istilik tutumunun nisbi ($\Delta c_x / c_x$) və mütləq (Δc_x) xətalərini hesablamalı.

Çalışma 2. Bərk cisimlərin xüsusi istilik tutumunun kalorimetr vasitəsilə təyini

Ləvazimat: kalorimetr, elektrik qızdırıcısı, buxar hamamı, xüsusi istilik tutumu təyin olunan maye (m), xüsusi istilik tutumu təyin ediləcək bərk cisim, civəli termometr, tərəzi və çəki daşları.

Təcrübə zamanı kalorimetrin daxili stəkanının kütləsi (m) tərəzidə dəqiq təyin edilir və ona xüsusi istilik tutumu məlum olan maye tökülür. Kalorimetrin su ilə birlikdə kütləsi m' olarsa, onda kalorimetrdəki suyun kütləsi $m_2 = m' - m_1$ olar.

Tədqiq olunan cismin xüsusi istilik tutumu c_x kütləsi m , temperaturu t , kalorimetr-su sisteminin ilk temperaturu t_1 olsun. Xüsusi istilik tutumu təyin olunan qızmış cismi kalorimetərə salaraq suyu qarışdırdıqdan sonra qarışıqın temperaturunu θ ilə işarə edək. Onda istilik mübadiləsi zamanı cismin verdiyi istilik miqdarı

$$Q = mc(t - \theta) \quad (8)$$

kalorimetrin su ilə birlikdə aldığı istilik miqdarı isə uyğun olaraq:

$$Q_1 = m_1 c_1 (\theta - t_1) + m_2 c_2 (\theta - t_1) \quad (9)$$

və ya

$$Q_1 = (m_1 c_1 + m_2 c_2) \cdot (\theta - t_1) \quad (10)$$

olar. Burada, c_1 – kalorimetrin, c_2 – suyun xüsusi istilik tutumları, m_1 və m_2 , müvafiq olaraq, kalorimetrin və suyun kütlələridir. İstilik mübadiləsi zamanı istilik itkisi nəzərə alınmasa, $Q = Q_1$ qəbul oluna bilər. Bu halda istilik balansı tənliyinə görə:

$$mc(t - \theta) = (m_1 c_1 + m_2 c_2) \cdot (\theta - t_1)$$

Buradan isə bərk cismin xüsusi istilik tutumu üçün

$$c = \frac{(m_1 c_1 + m_2 c_2) \cdot (\theta - t_1)}{m(t - \theta)} \quad (11)$$

alınır.

İşin gedişi

1. Tədqiq olunan bərk cismin kütləsi (m) dəqiq təyin olunaraq, buxar hamamında $t = 100^\circ S$ -yə qədər qızdırılır.

2. Kalorimetrin kütləsi (m_1) təyin olunduqdan sonra onu yarısına qədər su ilə doldurub, tərəzidə yenidən çəkib, suyun kütləsi (m_2) tapılır.

3. Kalorimetrdəki suyun ilk temperaturu (t_1) ölçüldükdən sonra $100^\circ S$ -yə qədər qızdırılan cisim buxar hamamından çıxarılıb kalorimetərə salınaraq qarışdırılır və qarışıqın son temperaturu (θ) termometrlə ölçülür.

4. Təcrübədən alınan qiymətləri və cədvəldən götürülən sabitləri (11) ifadəsində yerinə yazaraq, bərk cismin xüsusi istilik tutumu (c_x) hesablanır.

5. Xüsusi istilik tutumu üçün nisbi $\Delta c/c$ və mütləq (Δc) xətlər hesablanır.

LABORATORİYA İŞİ № 3

MAYELƏRİN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ VİSKOZİMETR VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Ostvald kapilyar viskozimetri, ştativ, temperaturu sabit saxlamaq üçün içərisində su olan iri şüşə qab, yaxud termostat, termometr, qarışdırıcı, rezin boru, etalon maye və ya təmiz su, tədqiq olunan maye, sorma nasosu, saniyəölçən, qıf.

Qısa nəzəri məlumat

Real mayelərdə maye təbəqələri bir-birinə nisbətən müxtəlif sürətlə hərəkət etdikdə bu təbəqələr arasında sürtünmə qüvvəsi meydana çıxır. Yaranan qüvvənin təsiri nəticəsində mayenin sürətli təbəqəsi yavaş hərəkət edən təbəqəsinin sürətini artırmağa, yavaş sürətlə hərəkət edən təbəqə isə böyük sürətli təbəqənin sürətini azaltmağa çalışır.

Müxtəlif sürətlə hərəkət edən maye təbəqələri arasında əmələ gələn belə qüvvəyə *daxili sürtünmə qüvvəsi* deyilir. Daxili sürtünmə qüvvəsi bir-birinə sürtünən maye təbəqələrinə toxunan istiqamətdə hərəkətin əksinə yönəlir.

Təcrübələr göstərir ki, verilmiş temperaturda daxili sürtünmə qüvvəsinin qiyməti sürtünən səthin sahəsi (S) və maye təbəqələri arasında yaranan sürət qradienti ($\Delta v / \Delta x$) ilə mütənasibdir. *Hərəkət edən mayenin ixtiyari iki təbəqəsinin sürətləri fərqlinin (Δv) bu təbəqələr arasında məsafəyə (Δx) olan nisbəti ilə xarakterizə olunan kəmiyyətə sürət qradienti deyilir.* Sürət qradienti maye axınına perpendikulyar istiqamətdə vahid məsafədə sürət dəyişməsinə xarakterizə edir. Sürət qradienti vektorial kəmiyyətdir.

Mayelərdə yaranan daxili sürtünmə qüvvəsi aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$F = \eta \frac{\Delta v}{\Delta x} S . \quad (1)$$

Burada, mütənasiblik əmsalı olan η *daxili sürtünmə əmsalı* və ya *özlülük əmsalı* adlanır. η -nin qiyməti mayenin növündən, temperaturundan və təzyiqdən asılıdır.

Mayenin daxili sürtünmə əmsalını təcrübi yolla təyin etmək üçün müxtəlif üsullar var. Ən çox yayılmış üsül kapillyar boruda mayenin (Puazeyl qanununa əsasən) axmasına və bərk cismin mayedə (Stoks qanununa əsasən) hərəkətinə əsaslanır. Mayelərin daxili sürtünmə əmsalı Ostvald viskozimetri vasitəsilə aşağıdakı kimi təyin edilir.

Fərz edək ki, daxili sürtünmə əmsalı η_0 və həcmi V olan maye uzunluğu ℓ və daxili radiusu r olan kapillyar borudan τ_0 müddətinə axır. Bu hal üçün Puazeyl qanununa görə axan mayenin həcmi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$V = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2) \tau_0}{8 \eta_0 \ell} \quad (2)$$

Burada, $(P_1 - P_2)$ - kapillyar borunun uclarındakı təzyiqlər fərqidir. Həmin borudan daxili sürtünmə əmsalı η olan eyni həcmdə başqa maye axarsa, onun axmasına sərf olunan zaman τ , mayenin həcmi isə

$$V = \frac{\pi r^4 (P'_1 - P'_2) \tau}{8 \eta \ell} \quad (3)$$

olacaqdır. Burada, $(P'_1 - P'_2)$ - ikinci maye olan halda kapillyar borunun uclarında təzyiqlər fərqidir. (2) və (3) ifadələrinin sol tərəfləri bərabər olduğundan, sağ tərəfləri də bərabər olar. Yuxarıdakı ifadələrin müqayisəsindən

$$\eta = \eta_0 \frac{(P'_1 - P'_2) \tau}{(P_1 - P_2) \tau_0} \quad (4)$$

alınır. Burada, $(P_1 - P_2)$ təzyiqlər fərqi kapillyardakı maye sütunu tərəfindən yaradılır. Kapillyar boru şaquli vəziyyətdə olduğundan, borunun uclarındakı təzyiqlər fərqi borudakı mayenin hidrostatik təzyiqi ilə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\begin{cases} P'_1 - P'_2 = \rho g h; \\ P_1 - P_2 = \rho_0 g h. \end{cases}$$

Bu bərabərlikləri (4) -də nəzərə aldıqda

$$\eta = \eta_0 \frac{\rho \tau}{\rho_0 \tau_0} \quad (5)$$

düsturu alınır. Burada, ρ - və ρ_0 -, uyğun olaraq, tədqiq olunan və etalon mayenin sıxlıqlarıdır. Etalon maye üçün sıxlıq və daxili sürtünmə əmsalını bilərək, (5) ifadəsinə əsasən tədqiq olunan mayenin daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq olar. Ölçmələr aparmaq üçün istifadə olunan qurğunun prinsipial quruluşu şəkil 1.-də göstərilmişdir.

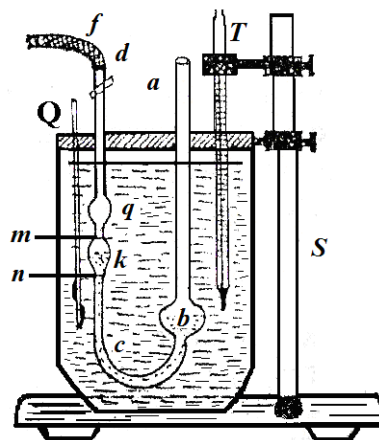
Ölçü qurğusunun əsasını təşkil edən viskozimetr ştativə bərkidilərək, içərisində su olan şüşə qaba və ya termostata şaquli vəziyyətdə salınır.

Termostata termometr (T) və qarışdırıcı (Q) daxil edilir. Təcrübə zamanı viskozimetrin ab qoluna qıf və ya pipetka ilə b kürəciyi dolana qədər əvvəlcə etalon maye tökülür.

Sonra bu maye rezin boru (f) vasitəsilə b kürəsindən k və q kürələrinə sorulur.

Sormanı dayandırıb, rezin boru vasitəsilə atmosferlə əlaqə yaratdıqda, maye kapilyardan axaraq yenidən b kürəsinə qayıdır. Maye səviyyəsinin m nişan xəttinə keçməyə başladığı anda saniyəölçəni işə salıb, n nişan xəttindən sonuncu maye damlasının keçdiyi anda dayandırdıqda, mayenin kapilyarın n -xəttindən axma müddəti (τ_0) ölçülmüş olar. Ölçməni 4-5 dəfə təkrar etməklə k həcmindəki mayenin kapilyardan axma müddətinin orta qiymətini tapmaq olar.

Təcrübədə eyni ölçmələr tədqiq olunan maye üçün də təkrar edilərək mayenin axma müddəti τ üçün orta qiymət tapılır. Tapılmış τ_0 və τ zamanlarının təcrübə qiymətlərini və cədvəldən tapılan ρ , ρ_0 və η_0 -ın qiymətlərini (5)-də yazmaqla tədqiq olunan mayenin η daxili sürtünmə əmsalını hesablamaq olar.



Şəkil 1.

İşin gedişi

1. Kapilyar viskozimetri təmiz su ilə yuyub, b kürəsinə yarıya kimi etalon maye ilə doldurmalı
2. Rezin kürə ilə mayeni q kürəsinə sormalı.
3. Atmosferlə əlaqə yaradaraq, maye səviyyəsinin m nişan xəttindən keçməyə başladığı anla n - nişan xəttindən keçib qurtardığı an arasındakı

müddəti (τ_0) saniyəölçənlə qeyd etməli. Həmin ölçməni 4-5 dəfə təkrar edərək τ_0 müddəti üçün orta qiymət tapmalı.

4. Etalon mayeni viskozimetrdən boşaldıb, tədqiq olunan maye ilə yaxaladıqdan sonra həmin mayedən viskozimetmə tökərək, təcrübəni eyni qayda ilə bir neçə dəfə təkrar edib τ üçün orta qiymət tapmalı.

5. Etalon mayenin təcrübənin aparıldığı temperatura uyğun sıxlığını (ρ_0) və daxili sürtünmə əmsalını (η_0) cədvəldən götürməli.

6. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib, tapılan qiymətləri (5) ifadəsində yazaraq hər bir təcrübə üçün η -ni hesablayıb, onun orta qiymətini tapmalı.

7. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini tapılan kəmiyyətin orta qiymətinə görə hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 4

MAYELƏRİN DAXİLİ SÜRTÜNMƏ ƏMSALININ STOKS ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: silindir şəkilli şüşə qab, qurğuşun və ya şüşə kürəciklər, özlülük əmsalı təyin ediləcək maye, mikrometr, saniyəölçən, xətkəş.

Qısa nəzəri məlumat

Özlü mayədə düşən kürəyə üç qüvvə: ağırlıq qüvvəsi (P), Arximed qüvvəsi (F_A) və mayenin daxili sürtünmə qüvvəsi (F_s) təsir edir. Ağırlıq qüvvəsi kürənin hərəkəti istiqamətində- aşağıya doğru, Arximed və sürtünmə qüvvələri isə kürənin hərəkətinin əksinə- yuxarıya doğru yönəlmişdir. Mayeyə salınmış kürənin səthinə yapışan maye təbəqəsi kürə ilə birlikdə eyni sürətlə hərəkət etdiyindən, kürəyə yapışan təbəqə ilə ona yaxın olan təbəqə arasında sürtünmə yaraadır. Stoks göstərmişdir ki, maye daxilində düşən kürəyə maye tərəfindən

$$F = 6\pi\eta vr \quad (1)$$

sürtünmə qüvvəsi təsir edir. Burada, η - mayenin daxili sürtünmə əmsalı və ya özlülük əmsalı, v - kürənin mayədə hərəkət sürəti, r -kürənin radiusudur.

Mayeyə salınmış kürə ilk anlarda müəyyən təcillə hərəkət etdiyi zaman hərəkət tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\vec{F} = \vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F}_s$$

və ya

$$ma = mg + \rho Vg + 6\pi\eta vr \quad (2)$$

burada, a – kürənin hərəkət təcildir. Hərəkət zamanı kürənin sürəti elə qiymətə çatır ki, bu halda kürəyə təsir edən üç qüvvə bir-birini tarazlaşdırır və kürənin təcili sıfıra bərabər olur. Kürənin belə hərəkətinə *qərarlaşmış hərəkət* deyilir. Qərarlaşmış hərəkət halında kürəyə təsir edən qüvvələrin həndəsi cəmi sıfıra bərabər olduğundan, kürə bərabər sürətlə düşür. Yəni

$$\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F}_s = 0 \quad (3)$$

Burada, $P = mg = \rho gV = (4/3) \cdot \pi r^3 \rho g$, $F_A = \rho_m Vg = (4/3)\pi r^3 \rho_m g$,

ρ - kürənin, ρ_m - mayenin sıxlığı, r - kürənin radiusudur. Kürəyə təsir edən qüvvələrin istiqamətini və qiymətlərini (3) ifadəsində nəzərə aldıqda,

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_m g - 6\pi\eta vr = 0 \quad (4)$$

alınır. Buradan mayenin özlülük əmsalı üçün

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho - \rho_m)}{v} gr^3 \quad (5)$$

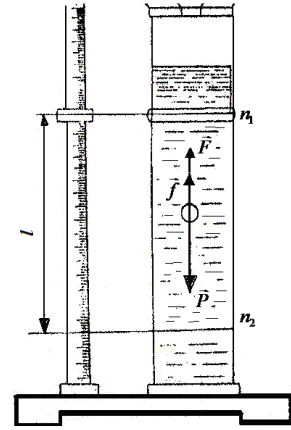
ifadəsi alınır.

Kürənin mayədə hərəkət sürətinin $v = \ell/\tau$ olduğu nəzərə alınarsa, onda daxili sürtünmə əmsalı üçün

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{(\rho - \rho_m)}{l} gr^3 \tau \quad (6)$$

alınır. Burada, τ - kürənin mayədə ℓ məsafəsini düşmə müddətidir. (6) ifadəsinə daxil olan r , ℓ və τ kəmiyyətləri birbaşa təcrübədə ölçülür, ρ və ρ_m isə cədvəldən götürülür.

Təcrübədə istifadə olunan cihaz hündürlüyü 70-90 sm olan və içərisi tədqiq olunan maye ilə doldurulmuş, üzərində bir-birindən l - məsafədə n_1 və n_2 nişan xətləri qeyd olunmuş silindrik borudan ibarətdir (şəkil 1.). Yuxarıdakı nişan xətti elə məsafədə olmalıdır ki, kürə maye içərisində düşərkən həmin nişan xəttinə gələnə qədər sabit sürət ala bilsin.



Şəkil 1.

İşin gedişi

1. İçərisində daxili sürtünmə əmsalı tədqiq olunan silindrik qabı stol üzərində yerləşdirdikdən sonra tədqiq olunan mayenin sıxlığını cədvəldən tapmalı.
2. Mayeyə buraxılacaq kürənin radiusunu 3-4 dəfə mikrometr vasitəsilə ölçüb, orta qiyməti tapmalı.
3. Silindr üzərindəki n_1 və n_2 nişan xətləri arasındakı l məsafəsini xətkəşlə ölçməli.
4. Radiusu ölçülmüş kürəni tədqiq olunan mayeyə salıb kürənin nişan xətləri arasındakı məsafəni qət etməsi üçün sərf olunan τ zamanını ölçməli.
5. Eyni maye üçün təcrübəni müxtəlif radiuslu kürələrlə 3-4 dəfə təkrar edib, daxili sürtünmə əmsalı üçün orta qiymət tapmalı.
6. Təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini kəmiyyətin orta qiymətinə görə hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 5

MAYELƏRİN SƏTHİ GƏRİLMƏ ƏMSALININ DAMCI ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: aşağısında kranı olan və həcmə görə dərəcələnməmiş silindrik şüşə boru (büretka), tədqiq olunan maye, qıf, stəkan, tərəzi və çəki daşları.

Qısa nəzəri məlumat

Maye molekulları, sərbəst qaz molekullarından fərqli olaraq, öz tarazlıq vəziyyəti ətrafında rəqsi hərəkət edir və zaman keçdikcə ölçüləri tərtibində məsafələr qət edir. Mayenin daxilində olan qonşu molekulların təsiri bir-birini tarazlaşdırır. Mayenin səthində olan hər bir molekula, molekulyar təsir sferası hüdudunda, maye molekulları ilə yanaşı hava molekulları da təsir edir. Mayenin sıxlığı havanın sıxlığından çox olduğundan, əvəzləyici qüvvə mayenin daxilinə tərəf yönəlir. Ona görə də maye səthinə perpendikulyar olmaqla daxilə tərəf təsir edən qüvvə yaranır və mayenin səth təbəqəsi daxilə doğru təzyiq edir. Bu təzyiq *molekulyar təzyiq* adlanır. Molekulyar təzyiq qüvvəsinin təsiri altında olan maye molekulları həmişə elə vəziyyət almağa çalışır ki, səth təbəqəsinin potensial enerjisi minimum olsun. Potensial enerji isə səth təbəqəsinin kiçilməsi hesabına azalır. Eyni həcmli həndəsi fiqurlardan ən kiçik səthə malik olan fiqur kürədir. Molekulyar təzyiq qüvvələrinin təsiri ilə kürə formasını almağa çalışan maye səthi gərilməmiş pərdəyə bənzəyir.

Maye molekullarının qarşılıqlı təsiri ilə əlaqədar olan hadisələr – səthi gərilmə, islatma, kapillyarlıq hadisələridir.

Maye səthini gərilməmiş vəziyyətdə saxlayan qüvvə səthi gərilmə qüvvəsi adlanır.

Bu qüvvə mayenin səthi əyri olduqda səthə toxunan olub səth kənarına perpendikulyardır, səth müstəvi olduqda isə bu qüvvə səth təbəqəsi boyunca yönəlir.

Səthi gərilmə qüvvəsi F mayenin səth kənarının uzunluğu l ilə düz mütənasibdir:

$$F_n = \sigma l \quad (1)$$

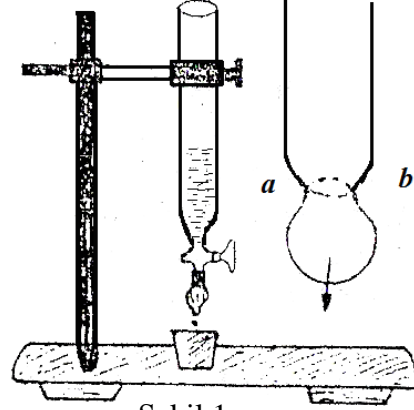
Burada, σ - səthi gərilmə əmsalıdır:

$$\sigma = \frac{F_n}{l} \quad (2)$$

Əgər $\ell=1$ olarsa, $\sigma=F_n$ olar, yəni səthi gərilmə əmsali ədədi qiymətjə səth kənarının vahid uzunluğuna təsir edən qüvvəyə bərabərdir.

Səthi gərilmə əmsali Beynəlxalq Vahidlər sistemində N/m ilə ölçülür. Təcrübədə mayelərin səthi gərilmə əmsali müxtəlif üsullarla təyin olunur. Onlardan biri damcı üsuludur.

Damcı üsulu ilə mayelərin səthi gərilmə əmsalını təyin etmək üçün şəkil 1.-dəki cihazdan istifadə olunur.



Şəkil 1.

Şaquli vəziyyətdə olan büretdə maye yavaş-yavaş axaraq damcılar əmələ gətirir. Damcının ağırlıq qüvvəsi həmin mayenin səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olduqda damcı borudan qoparaq düşür.

Mayenin temperaturu dəyişmədiyi halda düşən damcılardan çəkilişi təqribən bir-birinə bərabər olur.

Bu halda səth pərdəsinə təsir edən səthi gərilmə qüvvəsi $F_n = \sigma \ell$ (burada, $\ell = 2\pi r$ -dir) olar.

Damcı borudan qırılarkən, onun çəkisinin həmin mayenin səthi gərilmə qüvvəsinə bərabər olduğunu nəzərə aldıqda

$$P = 2\pi r \sigma \quad (3)$$

olur. Burada, σ - mayenin səthi gərilmə əmsali, r - damcının qırıldığı yerdə borunun daralmış boğazının radiusudur. Yuxarıdakı ifadədən səthi gərilmə əmsali üçün aşağıdakı düstur alınır:

$$\sigma = \frac{P}{2\pi r} = \frac{m_0 g}{2\pi r} \quad (4)$$

Burada, $P_0 = m_0 g$ - bir damcının çəkisidir. Deməli, səthi gərilmə əmsalını təyin etmək üçün bir damcının m_0 kütləsini və damcının qırıldığı anda nazikləşən boğazının radiusunu (r) ölçmək lazımdır. Bir damcının kütləsini tapmaq üçün 50-100 damcının kütləsini tərəzidə çəkib, alınan nəticəni damcılardan sayına bölmək lazımdır. Böyük dəqiqlik tələb olunmadıqda, damcının qırılma anında boğazın radiusunu damcı verən borunun xarici radiusuna bərabər götürmək olar. Təcrübələr göstərir ki,

divarının qalınlığı 1mm-ə qədər olan nazik şüşə boruların ucu, oxuna perpendikulyar kəsildikdə, onun verdiyi damcılardan qırıldığı yerdə boğazın radiusu (r) borunun xarici radiusunun (R) 62%-nə bərabər olur. Onda (4) ifadəsində $r=0,62 R$ olduğunu nəzərə alaraq aşağıdakı düsturu yazmaq olar:

$$\alpha = \frac{m_0 g}{1,2\pi R} \quad (5)$$

İşin gedişi

1. Şaquli vəziyyətdə ştativə birləşdirilmiş büretkaya tədqiq olunan mayeni tökməli, kranı açaraq mayeni qərarlaşmış axınla yavaş-yavaş damcılatamalı, təmiz yuyulub qurudulmuş və kütləsi əvvəlcədən təyin edilmiş stəkana 50-100 damcı maye yığmalı.

2. Stəkana maye ilə birlikdə çəkib, mayenin kütləsini tapmalı.

3. Maye kütləsini damcılardan sayına bölüb, bir damcının kütləsini (m_0) tapmalı.

4. Damcının qırıldığı borunun boğazının xarici radiusunu (R) mikrometrlə bir neçə dəfə ölçüb, onun orta qiymətini götürməli. Hesablamada r radiusu əvəzinə borunun R xarici radiusunun 0,62 hissəsini götürmək olar.

5. Tapılan qiymətləri (5) ifadəsində yazıb, səthi gərilmə əmsalını hesablamalı.

6. Təcrübəni müxtəlif saylı damcılar üçün bir neçə dəfə təkrar edib, axtarılan kəmiyyət üçün orta qiymət tapıb təcrübənin nisbi ($\Delta\sigma/\sigma$) və mütləq ($\Delta\sigma$) xəталərini hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 6

BƏRK CİSİMLƏRİN XƏTTİ GENİŞLƏNMƏ ƏMSALININ TƏYİNİ

Ləvazimat: ölçü cihazı, 1-1,5 metrlik xətkəş, buxar hasiledici qab, birləşdirici rezin borular, elektrik qızdırıcısı, kondensasiya olunan suyu yığmaq üçün qab.

Qısa nəzəri məlumat

Təbiətdə olan bütün cisimlər xarici temperaturdan asılı olaraq öz ölçülərini dəyişir. Bu dəyişmə müxtəlif cisimlər üçün müxtəlifdir.

Məlumdur ki, eyni xətti ölçüyə malik olan müxtəlif cisimlər eyni temperatura qədər qızdırıldıqda və ya soyudulduqda onların xətti ölçüləri müxtəlif cür dəyişir. Cismin xətti ölçüsünün dəyişməsinə xarakterizə etmək üçün xətti genişlənmə əmsalından istifadə olunur.

Təcrübə göstərir ki, bərk cismin uzunluğu temperaturdan asılı olaraq xətti qanunla dəyişir. Fərz edək ki, cismin 0°C temperaturundakı uzunluğu l_0 -dir. Bu cisim t -qədər qızdırıldıqdan sonrakı uzunluğu

$$l = l_0(1 + \alpha \cdot t) \quad (1)$$

olar. Burada, α - bərk cismin xətti genişlənmə əmsalı və ya uzununa genişlənmə əmsalı adlanır və K^{-1} -lə ölçülür.

Bərk cismin t_0 temperaturundakı uzunluğu l_0 və t temperaturundakı uzunluğu l olarsa, onda onun xətti genişlənmə əmsalı aşağıdakı kimi olar:

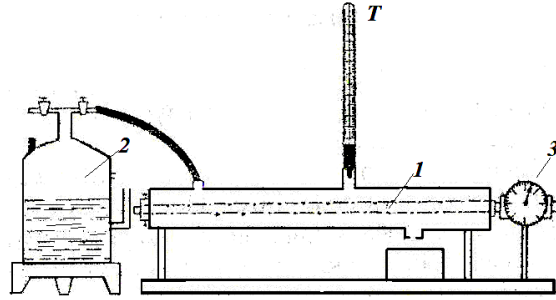
$$\alpha = \frac{l - l_0}{l_0 \cdot \Delta t} = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t} \quad (2)$$

Burada, $\Delta t = t - t_0$ - temperaturlar fərqi, Δl - bərk cismin mütləq uzanması, $\Delta l/l_0$ - isə nisbi uzanmadır.

Bərk cismin xətti genişlənmə əmsalı, ədədi qiymətcə bərk cismin temperaturunu bir dərəcə dəyişdikdə onun xətti ölçüsünün nisbi dəyişməsinə bərabərdir.

Bərk cisimlərin xətti genişlənmə əmsalını ölçmək üçün istifadə olunan qurğunun prinsiplial sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.

Cihaz bir ucu möhkəm bərkidilmiş, o biri ucu isə sərbəst olaraq indikatorun linginin ucuna toxundurulan mis borudan (1) və buxar hasiledici qabdan (2) ibarətdir. İndikator (3) saniyə-ölçəni xatırladan və dairəvi şkala üzrə hərəkət edə



Şəkil 1.

bilən göstəriciyə malik cihazdır. Cihazın şkalasının hər bir bölgüsünün qiyməti 0,01mm-ə bərabərdir. Hasiledicidən gələn buxar mis borunu qızdıraraq mayeləşib aşağıdakı qaba tökülür. Boru buxarla tədricən qızdırıldıqda, indikatorun əqrəbi dairəvi şkala üzərində hərəkət edir. Metal boru buxar temperaturuna qədər qızdıqda onun uzanması və indikator əqrəbinin şkala üzrə hərəkəti dayanır. (1) ifadəsindən istifadə edərək bərk cismin xətti genişlənmə əmsalını təyin etmək olar. Adətən ölçmələr otaq temperaturunda aparıldığından, (1) ifadəsi ilə ölçü aparmaq əlverişli deyil. Fərz edək ki, çubuğun t_1 - temperaturunda uzunluğu l_1 , t_2 - temperaturunda uzunluğu l_2 -dir. Onda yazı bilirik:

$$l_1 = l_0(1 + \alpha t_1) \quad \text{və} \quad l_2 = l_0(1 + \alpha t_2) \quad (3)$$

Onda çubuğun uzunluğunun mütləq dəyişməsi $\Delta l = l_2 - l_1$ olar. Bu halda çubuğun xətti genişlənmə əmsalı aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

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

Burada, t_1 – otaq temperaturudur. Otaq temperaturunda götürülmüş mis borudan buxar ayrıldıqda boru 100°C –yə qədər qızdığı üçün təcrübədə $t_2=100^\circ\text{C}$ götürmək lazımdır.

İşin gedişi

1. Borunun otaq temperaturundakı uzunluğunu (ℓ_1) xətkəşlə dəqiq ölçməli.
2. İndikatoru başlanğıc vəziyyətə gətirməli. Bunun üçün indikatorun üst qapağını saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində tədricən o qədər fırlatmaq lazımdır ki, şkaladakı «sıfır» bölgüsü cihazın əqrəbi ilə üst-üstə düşsün. Sonra indikatorun oxunu metal çubuğa toxundurmalı.
3. Metal borunu buxarla tədricən qızdırıb indikator əqrəbinin göstərişinə görə onun mütləq uzanmasını ($\Delta \ell$) və termometrlə uyğun temperaturu qeyd etməli.
4. Alınan nəticələrə görə (4) ifadəsindən xətti genişlənmə əmsalının ədədi qiymətini 3-4 dəfə hesablamalı.
5. Alınan nəticələrə görə xətti genişlənmə əmsalının orta qiymətini təyin edib nisbi ($\Delta\alpha/\alpha$) və mütləq ($\Delta\alpha$) xətdərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ №7 SUYUN XÜSUSİ BUXARLANMA İSTİLİYİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: kalorimetr, termometr, suyu qaynatmaq üçün kolba, elektrik plitkəsi, texniki tərəzi, çəki daşları, buxarı kondensasiyaetdirccı qab.

Qısa nəzəri məlumat

Molekulyar-kinetik nəzəriyyə baxımından maye kütləsi molekulardan ibarətdir, bu molekul daim xaotik istilik hərəkəti edir və aralarında qarşılıqlı təsir qüvvəsi vardır. Maye molekulaları xaotik hərəkət etdiyindən, onların hərəkətinin istiqaməti və sürətlərinin qiyməti müxtəlif olur. Ona görə də maye molekulaları müxtəlif kinetik enerjiyə malik olur. Bu səbəbdən bütün maye kütləsinin kinetik enerjisi molekulaların orta kinetik enerjisinə görə götürülür.

Maye səthində olan molekulaların hərəkət istiqamətləri müxtəlif olduğundan, kinetik enerjisi orta kinetik enerjiden böyük olanlarının bir qismi molekullararası cazibə qüvvəsinə və xarici təsirlərə (maye səthinə yaxın yerlərdə toplaşmış maye molekulalarının itələyici qüvvəsi və atmosfer təziqinə) üstün gələrək maye səthini tərk edir. Bu zaman deyilir ki, maye buxarlanır. Maye molekulaları təkcə maye səthini deyil, olduğu bütün səthlərdən- bərk cismin, canlı orqanizmin, islanmış paltarların, yaş taxtanın, torpağın və sairənin səthindən də buxarlanır. Ona görə də, buxarlanma geniş mənə daşır və bütün temperaturalarda baş verir. Buna baxmayaraq maye halının buxarlanması üçün xüsusi tərif verilir.

Maye molekulalarının maye səthini tərk etməsi hadisəsinə buxarlanma deyilir.

Bərk cisimlərdə də onu təşkil edən hissəciklərin onun səthini tərk etməsi hadisəsi baş verir, bu hadisə *sublumasıya hadisəsi* adlanır. Maye molekulu maye səthini tərk etmək istəyirsə, o yuxarıda deyilən qüvvələrə qarşı iş görməlidir. Bu işə *çıxış işi* deyilir. Əlbəttə, o molekul maye səthini tərk edər ki, onun kinetik enerjisi molekulaların orta kinetik enerjisindən böyük olsun və istiqaməti maye səthindən xaricə yönəlsin. Deməli, kinetik enerjisi çıxış işindən böyük olan molekulaların maye səthini tərk etmə imkanları vardır. Maye səthini tərk edən bu böyük kinetik enerjiyə malik olan molekul özləri ilə enerji apardığından, mayenin daxili enerjisi azalır, maye soyuyur. Mayenin temperaturunu

sabit saxlamaq üçün ona molekulların apardığı istilik miqdarı qədər istilik vermək lazımdır.

Təcrübələr göstərir ki, temperaturları eyni olan müxtəlif cinsli mayelərin eyni xarici təsir şəraitində buxarlanma sürətləri müxtəlif olur. Müxtəlif mayelərin buxarlanma qabiliyyətini müqayisə etmək üçün *xüsusi buxarlanma istiliyi* adlanan fiziki kəmiyyətdən istifadə edilir. Bu məqsədlə sabit temperaturda götürülmüş bir mayenin vahid kütləsinin (1kq, 1q) tamamilə buxarlandırılması üçün tələb olunan istilik miqdarları müqayisə edilir. Bu istilik miqdarını L - ilə işarə etsək, kütləsi m - olan mayeni buxara çevirmək üçün lazım gələn istilik miqdarı $Q=Lm$ qədər olar.

Əgər m - qram maye kənardan Q qədər istilik alaraq buxara çevrilirsə, enerjinin itməməsi qanununa görə, həmin buxar kütləsi soyuyaraq maye halına keçərsə, həmin Q qədər istiliyi özündən ayırmalıdır. Dediklərimizdən mayelərin xüsusi buxarlanma istiliyi üçün belə tərif vermək olar.

Sabit temperaturda götürülmüş vahid kütləli mayeni tamamilə buxara çevirmək üçün lazım gələn istilik miqdarına həmin mayenin xüsusi buxarlanma istiliyi deyilir

Xüsusi buxarlanma istiliyinin təyində sabit temperatur rejimi yaratmaq mayenin qaynama halında daha asan və məqsədəuyğun olduğundan, mayenin qaynama halından istifadə edilir. Məlumdur ki, müəyyən t_1 – temperaturda götürülmüş maye kütləsini qaynatmaq üçün ona $Q_1 = cm(t_2 - t_1)$ istilik verərək, qaynama temperaturuna qədər qızdırmaq və sonra $Q_2 = Lm$ qədər istilik miqdarı verib buxarlandırmaq lazımdır. Ona görə də m - kütləli mayeni buxara çevirmək üçün lazım olan ümumi istilik miqdarı

$$Q_b = Q_1 + Q_2 = c_1m(t_2 - t_1) + Lm \quad (1)$$

qədər olar. Burada, c - mayenin xüsusi istilik tutumu t_2 - mayenin qaynama temperaturudur. Normal atmosfer təzyiqində suyun qaynama temperaturu $t_2 = 100^\circ C$ olur.

Buxarlanmaya sərf olunan bu istilik miqdarını təyin etmək üçün kalorimetrdən istifadə edərək buxarın kondensasiyası zamanı ayırdığı istilik miqdarını ölçmək lazımdır. Bu prosesdə kalorimetr sisteminin aldığı istilik miqdarı

$$Q_k = (c_1m_1 + c_2m_2 + 0.46V)(\theta - t_1) \quad (2)$$

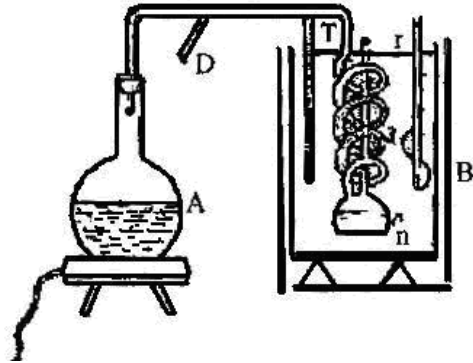
olar. Burada, θ – qarışıqın son orta temperaturu, c_1 - kalorimetrin daxili qabının, c_2 - onun içərisindəki suyun xüsusi istilik tutumları, m_1 və m_2 -

isə onların kütlələridir, V -termometrin suya batırılmış hissəsinin həcmi, 0,46- termometrin 1sm^3 həcmnin su ekvivalentidir. Enerjinin itməməsi qanununa görə istilik balans tənliyi yazsaq, $Q_b = Q_k$ olar, yəni

$$L = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2 + 0.46V)(\theta - t_1) - c_1 m(t_2 - t_1)}{m} \quad (3)$$

(3) düsturuna daxil olan kəmiyyətlər təcrübədə təyin edilə bilər və bunlara əsasən suyun xüsusi buxarlanma istiliyi hesablanır.

Qurğu içərisində tədqiq olunaçaq maye olan A şüşə kolbasından, B kalorimetrindən və buxarın mayeyə çevrildiyi kütləni toplamaq üçün spiralşəkilli qabdan ibarətdir (şəkil 1.). Kalorimetr sisteminin temperaturunu ölçmək üçün kalorimetərə T termometri salınır.



Şəkil 1.

Kolbanın içərisindəki maye elektrik plitəsi vasitəsilə qızdırılıb, qaynadılıb buxara çevrilir, buxar borular vasitəsilə kondensora daxil olub soyuyur, maye halında kondensorun n -qabına toplanır. n -qabına maye ilə tam dolmamış buxarın verilişi kəsilir. Kalorimetrin içərisindəki termometrlə qarışıqın son orta temperaturu ölçülür.

Buxarlanmış mayenin m - kütləsi kondensora yığılmış maye kütləsini çəkməklə tapılır. (3) düsturuna lazım olan kəmiyyətlər təcrübədən götürülür və xüsusi buxarlanma istiliyi hesablanır.

İşin gedişi

1. Kalorimetrin daxili qabının m_1 - kütləsini tərəzidə bir neçə dəfə çəkib orta qiymətini tapmalı.

2. Kalorimetərə kondensorun n -qabını örtə biləcək qədər su töküüb, tərəzidə çəkərək, M kütləsini tapmalı.

3. Kalorimetrdəki suyun m_2 kütləsini $m_2 = M - m_1$ münasibətindən hesablamalı.

4. T termometri vasitəsilə kalorimetr sisteminin ilk t_1 temperaturunu götürməli.

5. A kolbasına tədqiq olunan mayeni (bizim təcrübə üçün su) töküüb ilk temperaturu t_1 -i təyin etməli.

6. Qızdırıcını işə salıb suyu qaynama dərəcəsinə t_2 temperatura qədər qızdırmalı.

7. Kolbanı rezin boru vasitəsilə kalorimetr içərisinə salınmış kondensorla birləşdirib ondan buxar buraxmalı.

8. Kondensorun n -qabında müəyyən qədər kondensə olunmuş su yığıldıqdan sonra kondensoru qızdırıcıdan ayırmalı və qızdırıcını dayandırmalı.

9. Kalorimetr sistemində istilik mübadiləsi hesabına yaranmış son orta temperaturu qeyd etməli

10.(3) düsturuna daxil olan xüsusi istilik tutumlarının qiymətləri cədvəldən götürülür.

11. Təcrübənin və müqayisənin mütləq və nisbi xəталarını hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 8
HAVA MOLEKULLARININ SƏRBƏST YOLUNUN ORTA
UZUNLUĞUNUN VƏ EFFEKTİV DİAMETRİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: xüsusi formalı şüşə boru, bölgüləri olan stəkan, çəki daşları, termometr, tərəzi və çəki daşları.

İşin nəzəri hissəsi

İki ardıcıl toqquşma arasında molekula düzxətli bərabər sürətli hərəkət və orta qiymətcə müəyyən məsafə qət edir. Həmin məsafə molekulun sərbəst yolunun orta uzunluğu adlanır və $\bar{\lambda}$ hərfi ilə hərfi ilə işarə olunur.

İki molekulun toqquşması effektiv kəsiyin diametrindən asılı olur. Diametri $d \approx 10^{-8}$ sm olan molekullar üçün qazokinetik eninə kəsik σ_0 , radiusu r olan dairəvi sahəsinə bərabərdir. d molekulun effektiv diametri adlanır. Molekulun effektiv diametridi ki molekulun bir-birinə yaxınlaşması zamanı onlar arasında itələmə qüvvəsi meydana çıxdığı anda molekulların mərkəzləri arasındakı ən kiçik məsafəyə deyilir.

Molekulyar kinetik nəzəriyyə, qazın makrometrik parametrləri ilə (təzyiq, həcm, temperatur) mikroskopik parametrləri (molekulun ölçüsü, sürəti, kütləsi və sərbəst yolunun orta uzunluğu) arasında əlaqə yaratmağa imkan verir.

Bu əlaqə düsturundan istifadə edərək ölçülə bilən makroparametrlərin əsasında qazın mikroskopik parametrlərini hesablamaq olar. Qaz melekulunun sərbəst yolunun orta uzunluğunun $\bar{\lambda}$ - nı təyin etmək üçün daxili sürtünmə əmsalı μ - nün $\bar{\lambda}$ - dan və \bar{u} -dan asılıq düsturundan istifadə edirlər.

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \Pi n_0 \cdot d^2} \quad (1)$$

$$\mu = 0,5 \rho \bar{\lambda} \bar{u} \quad (2)$$

Burada ρ - qazın sıxlığı, \bar{u} - qaz molekullarının orta ədədi sürətidir.

$$\bar{u} = \sqrt{8RT / \Pi \mu} = 1,6 \sqrt{pV} \quad (3)$$

μ kilomol qaz üçün Mendeleyev – Klayperon tənliyi aşağıdakı şəkildədir.

$$PV = \frac{m}{\mu} \cdot RT \quad \text{və} \quad p\mu = \rho RT \quad \frac{m}{\mu} \quad (4)$$

μ - qazın molükulyar çəkisidir.

$V = \frac{m}{\mu} \cdot V_{\mu}$ - qazın tam həcmi, $\frac{m}{\mu}$ - kilomol qazın miqdarı, $\rho = \frac{m}{V}$ - qazın sıxlığıdır. (3) və (4) ifadələrindən ρ və \bar{u} -nin qiymətlərini (2) ifadəsində yerinə yazsaq, onda alarıq:

$$\eta = 0,5 \frac{\mu \cdot P}{RT} \cdot \bar{\lambda} \sqrt{\frac{8RT}{\Pi\mu}} \quad (5)$$

μ - özlülük əmsalının, borunun l -uzunluğundan asılılığı Puazeyl görə hesablanır:

$$\eta = \frac{\pi \cdot r^4}{8V \cdot l} \cdot \Delta p \cdot \tau \quad (6)$$

Harada ki, V - qazın verilmiş şəraitdə l uzunluqlu, r radiuslu C borusundan τ müddətində keçən havanın həcmidir. Δp , C borusunun uc hissəsində təzyiqlər fərqi.

(5) və (6) ifadəsində hava molekulunun sərbəst yolunun orta uzunluğu üçün

$$\bar{\lambda} = \frac{\pi r^4 \cdot \sqrt{\pi RT}}{8lp \sqrt{2\mu}} \cdot \frac{\Delta p \cdot \tau}{V} \quad (7)$$

ifadəsini alarıq.

İşin gedişi

1. A balonun $\frac{3}{4}$ hissəsini su ilə doldurmalı və h_1 - səviyyəsini qeyd etməli
2. B kranını açmalı, şəkisi qeyd olunmuş boş stəkanı krandan axan damcılardan altın qoymalı və saniyə ölçəni eyni zamanda işə salmalı.
3. Suyun yeni h_2 səviyyəsini qeyd etməli.
4. Su ilə birlikdə stəkanı çəkməli və balondan çıxan suyun çəkisinin $F_{\text{çəki}} = F_1 - F_0$ hesablamalı; F_1 - su ilə birlikdə stəkanın çəkisi, F_0 - boş stəkanın çəkisidir. Suyun stəkandakı çəkisinə görə, onun həcmi təyin etməli. C borusundan A balonuna daxil olan havanın həcmi, krandan stəkana damcılan suyun həcmi ilə eyni götürməli.
5. (7) ifadəsinə əsasən sərbəst yolun orta uzunluğunu hesablamalı. Təzyiqlər fərqi

$$\Delta P = \rho_0 \cdot g \cdot \frac{h_1 + h_2}{2} \quad (8)$$

haradakı, ρ_0 - təcrübə şəraitində suyun sıxlığı, h_1 və h_2 - balonunda suyun səviyyəsidir.

(7) ifadəsini bu şəkildə yazmaq olar:

$$\lambda = \text{const} \frac{\Delta P \cdot \tau}{V}$$

verilmiş təcrübə üçün

$$\text{const} = \frac{\pi r^4 \cdot \sqrt{\pi RT}}{8lp\sqrt{2\mu}} \quad (9)$$

6. Təcrübəni 3 dəfə təkrar etməli:

7. (1) düsturundan və $n = n_0 \frac{PT_0}{P_0T}$ düsturundan hava molekulu üçün

alınmış effektiv diametri hesablamalı

$$d = \sqrt{\frac{T_0 P_0}{\sqrt{2} \cdot \pi \cdot n_0 P T \cdot \lambda}} \quad (10)$$

haradakı ki, n_0 - Loşmidt ədədi; P, T - normal şəraitdə təzyiq və temperatur; P_0 , T_0 - verilmiş şəraitdə (termometrin, barometrin göstərişi) təzyiq və temperaturdur. $n_0 = 2,7 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$.

LABORATORIYA İŞİ № 9 İDEAL QAZ QANUNULARININ YOXLANILMASI

Ləvazimat: məlum həcmli kolba, civəli manometr, analitik tərəzi, nasos, birləşdirici rezin borular.

İşin nəzəri hissəsi:

Verilmiş qaz kütləsinin halı onun təzyiqi P , həcmi V və temperaturu T ilə xarakterizə olunur. Bu kəmiyyətlər qazın hal parametrləri adlanır. *Verilmiş qazın hal parametrləri arasındakı əlaqəni ifadə edən tənlik qazın hal tənliyi adlanır.*

Molekulyar-kinetik nəzəriyyənin əsas tənliyindən alınır ki, qazın təzyiqi molekulların irəliləmə hərəkətinin orta kinetik enerjisindən asılıdır. Qazın təzyiqinin molekullarının konsentrasiyası və temperaturdan asılılığı $P=nkT$ düsturu ilə ifadə olunur. Təzyiqin düsturunda konsentrasiya üçün

$$n = \frac{N}{V} = \frac{1}{V} \frac{m}{M} N_A \quad (1)$$

İfadəsini yerinə yazsaq onda aşağıdakı tənliyi alarıq:

$$PV = \frac{m}{M} k \cdot N_A \cdot T \quad (2)$$

Burada k - Bolsman sabiti, N_A - Avoqadro ədədidir. Bolsman sabiti ilə Avoqadro ədədinin hasilı universal qaz sabiti adlanır və bu sabit $R=k \cdot N_A$ kimi ifadə olunur.

Universal qaz sabiti ədədi qiymətcə 1 mol qazı sabit təzyiqdə bir dərəcə qızdırdıqda, onun xaricici qiüvələrə qarşı gördüyü işə bərabərdir.

Əgər (2) ifadə $k \cdot N_A$ - hasilı əvəzində R - universal qaz sabitini yazsaq, ixtiyari kütləli ideal qaz üçün alarıq:

$$PV = \frac{m}{M} RT \quad (3)$$

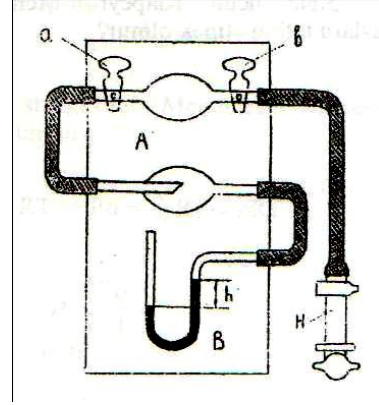
Bu tənlik ideal qazın hal tənliyi adlanır. Tənliyə daxil olan qazın m - kütləsindən başqa, bütün kəmiyyətləri təcrübədə birbaşa ölçmək mümkündür. Qazın kütləsini isə onun olduğu qabla birlikdə tapmaq olar. Ancaq bu halda qabın kütləsini kənar etmək lazımdır. Bu məqsədlə verilmiş həcm və temperatur üçün (3) tənliyini m_1 və m_2 kütlələri üçün yazsaq, onda alarıq:

$$\left. \begin{aligned} P_1 V &= \frac{m_1}{M} RT \\ P_2 V &= \frac{m_2}{M} RT \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Bu ifadələri tərəf –tərəf çıxsaq universal qaz sabitini tapırıq.

$$R = \frac{M(P_1 - P_2)V}{(m_1 - m_2)T} \quad (5)$$

Burada $m_1 - m_2$ – qabdakı qazın kütləsinin dəyişməsi olacaq. Onu tapmaq üçün məlum həcmli qabdakı havanın təzyiqini və temperaturunu ölçüb, sonra da həmin qabdakı hava kütləsini qaba nasosla hava vurmaqla və ya havanı müəyyən dərəcədə sormaqla dəyişmək lazımdır. Hər iki hal üçün P_1 və P_2 – təzyiqlərini və təcrübənin aparıldığı T - temperaturunu, bilib qabın həcminə görə universal qaz sabitini (5) ifadəsinə görə hesablamaq olar. Təcrübə aparmaq üçün istifadə olunan qurğu 1-ci şəkildə göstərilib. Qurğuda xüsusi dayağa bərkidilmiş A - şüşə kolbası çevirici a və b kranları B - manometrə və H - nasosa birləşdirilir.



Şəkil 1.

Kolba müəyyən təzyiq yaratmaq üçün forvakuum nasosundan və ya Kamovski nasosundan istifadə olunur. Qurğuda bəzən təzyiqi ölçmək üçün qollarında civə olan manometr də istifadə olunur. Bu halda kolbadakı havanın təzyiqinin $P_1 - P_2$ dəyişməsi manometrin qollarındakı civənin hündürlükləri fərqi ilə təyin olunur. Təzyiqlər fərqi həmçinin $P_1 - P_2 = pgh$ düsturu ilə təyin olunduğundan (5) ifadəsinə aşağıdakı kimi yasmaq olar:

$$R = \frac{M \cdot pgh \cdot V}{(m_1 - m_2) \cdot T} \quad (6)$$

(6) ifadəsindən aşağıdakı ifadə alınır:

$$R = \frac{PV\mu}{mT} \quad (7)$$

Burada p- manometrdəki civənin sıxlığı, h- civənin sütunun hündürlüklər fərqidir.

İşin gedişi

1. Məlum həcmli kolbanın çıxıntılarında rezin borunu çıxarıb kranların açıq vəziyyətində kolbanın hava ilə birlikdə m_1 kütləsini tapmalı.

2. Kolbanı rezin borular vasitəsilə manometr və nasosa birləşdirib kolbanın havasını nasos vasitəsilə sormalı və ya kolbaya hava vurmali.

3. Təzyiq qərarlaşanda manometrin P_1 - göstərişini qeyd etməli.

4. Balonun uclarındaki **a** və **b** kranlarını bağlayıb, kolbanı rezin borulardan azad edib, tərəzidə onu m_2 kütləsini təyin etməli. Təcrübədən alınan nəticələri (5) ifadəsində yerinə yazıb universal qaz sabitini hesablamalı. Əgər təcrübədə təzyiqi ölçmək üçün U-şəkilli civəli manometrdən istifadə olunarsa onda universal qaz sabitini (6) ifadəsinə görə hesblamaq lazımdır.

5. Təcrübəni təzyiqin müxtəlif qiymətlərində (ən azı üç dəfə) təkrar edib, universal qaz sabitinin orta qiymətini tapıb, mütləq və nisbi xətalari hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 10

QAYNAMA ZAMANI SUYUN XÜSUSİ BUXARLANMA İSTİLİYİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: Kalorimetr, qaşiq, kondensator, qızdırıcı, buxar qurudan, hər bölgüsü 0,1 dərəcə olan termometr, tərəzi və çəki daşları.

İşin nəzəri cəhəti

İstənilən temperaturda mayenin səthində elə molekullar tapmaq olar ki, onların kinetik enerjisi həmin molekulların öz qonşuları ilə qarşılıqlı cəzb olunma qüvvəsini dəf etmək üçün lazım olan işdən böyük olar və bu molekullar mayenin səthini tərk edib qaz fazasına keçər. Bu proses buxarlanma adlanır.

Beləliklə, buxarlanma mayenin üst təbəqəsindən istənilən temperaturda gedir. Lakin onun sürəti temperaturun artması ilə artır.

Buxarlanma zamanı mayeni daha sürətli molekullar tərk etdiyindən, mayədə qalan molekulların orta enerjisi azalır və maye soyuyur. Bu halda mayenin temperaturunu sabit saxlamaq üçün daim ona xaricdən istilik verilməlidir. Bu istilik buxarlanma istiliyi adlanır.

Buxarlanmanın əksinə gedən proses, yəni buxar molekullarının geriyyə maye səthinə qayıtması kondensasiya adlanır. Maye səthində buxarın sıxlığı müəyyən həddə çatdıqda vahid zamanda buxarlanan və kondensləşən molekullar arasında dinamik tarazlıq yaranır, belə halda olan buxara doymuş buxar deyilir.

Maye daxilində həmişə müəyyən həll olmuş şəkildə hava qabarcıqları olur və bunlar adətən qabın divarlarına yapışmış şəkildə olur. Belə qabarcıqların daxilinə buxar yığıldıqca onlar get-gedə böyüyür və Arximed qüvvəsinin təsiri ilə mayenin səthinə çıxır. Səthdə qabarcıq daxilindəki buxarın təzyiqi xarici təzyiqdən böyük olduqda partlayır və daxilindəki buxar xaricə çıxır. Bu proses qaynama adlanır.

Qaynama zamanı mayenin temperaturu sabit qalır. Bu zaman mayenin aldığı istilik ancaq onun buxarlanmasına sərf olunur. Qaynama zamanı verilən istiliyin bir hissəsi mayenin səth təzyiqinə üstün gəlməyə, digər hissəsi maye səthindən çıxan buxarın genişlənməsi zamanı gördüyü işə sərf edilir.

Qaynama temperaturunda olan mayenin bir kiloqramını buxara çevirmək üçün lazım olan istilik miqdarına mayenin xüsusi buxarlanma

istiliyi deyilir. Buxar molekullarının geri maye səthinə qayıtma prosesi kondensasiya adlanır. Kondensasiya zamanı mayenin buxarlanması zamanı aldığı istilik qaytarılır ki, o, xüsusi buxarlanma istiliyinin təyin edilməsinə imkan yaradır. Xüsusi buxarlanma istiliyini təyin etmək üçün kalorimetrdən istifadə edilir. Burada 1-kalorimetr, 2-su qızdırıcı, 3-buxarqurudan, 4-termometr, 5-kondensator.

Əvvəlcə suqızdırıcı dövrəyə qoşulur və su qaynadılır, suqızdırıcı buxarquruducusundan keçən boru ilə birləşdirilir. Bu buxar kalorimetr içərisindəki kondensatora daxil olur. Kondensatorun divarlarına toxunan buxar mayeləşir və buxarlanma zamanı aldığı istiliyi qaytarır. Alınmış bu maye, kalorimetrdəki su ilə temperaturu bərabərləşənə qədər soyudulur. Bu kondensləşmiş halda mayenin verdiyi istilik kalorimetrlə onun içindəki suyun qızmasına sərf olunur.

Ona görə də belə yazıla bilər:

$$m\lambda + mc(t - \theta) = k(\theta - t_1) + m_1c(\theta - t_1) \quad (1)$$

burada $m\lambda$ -kondensasiya zamanı su buxarının verdiyi istilik, $mc(t - \theta)$ -buxardan alınan suyun verdiyi istilik, $m_1c(\theta - t_1)$ -isə kalorimetrdəki suyun aldığı istilidir. (1) düsturundan xüsusi buxarlanma istiliyi belə tapılır:

$$\lambda = \frac{k(\theta - t_1) + m_1c(\theta - t_1) - mc(t - \theta)}{m} \quad (2)$$

burada m -buxarın kütləsi, m_1 -kalorimetrdəki suyun kütləsi, k -kalorimetrin su ekvivalenti, t_1 -kalorimetrin əvvəlki temperaturu, θ -isə sonrakı temperaturu, λ -xüsusi buxarlanma istiliyi, t -mayenin qaynama temperaturu və c -suyun xüsusi istilik tutumudur.

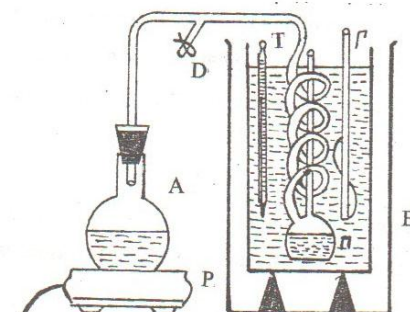
Qaynama temperaturu təzyiqdən asılı olduğundan təcrübə şəraitində o belə hesablanıla bilər:

$$T = 100^{\circ} + 0,0375 \text{dər/mm.C.st (N-760)mm.C.st.} \quad (3)$$

Burada N -barometr göstərişidir

İşin gedişi

1. Texniki tərəzidə kalorimetrin, qaşığı və boş kondensatorun birlikdə kütləsini (m_2) təyin etməli.
2. Boş kondensatorun ayrılıqda kütləsini (m_5) təyin etməli.
3. Kalorimetrin yarıya qədər su ilə doldurularaq suyun kütləsini (m_1) və temperaturunu (t_1) təyin etməli.



Şəkil 1.

4. Su qaynadıcısı içərisindəki suyun miqdarını yoxlayaraq, onun qızdırıcısını elektrik şəbəkəsinə daxil etməli. B borusundan bir qədər buxar çıxdıqdan sonra onu kalorimetr içərisindəki kondensatorla birləşdirməli.
5. Kondensatordan buxar keçdikdə, qaşıqla kalorimetrdəki suyu qarışdırmalı, suyun temperaturu 3-4 dərəcə artandan sonra kondensatoru buxar quruducusundan ayırmalı və kalorimetrdəki suyu qarışdıraraq, onun temperaturunu (θ) təyin etməli.
6. Kondensatoru kalorimetrin içərisindən çıxararaq üzərini qurulamalı və (m_4) kütləsini təyin etməli. ($m_4 - m_3$)-buxarın kütləsini m verəcəkdir.
7. (3) düsturuna əsasən suyun qaynama temperaturunu hesablamalı.
8. Kalorimetrin su ekvivalentini $k = m_2 c$ hesablamalı. $C = 390 \text{C/kq}$ -k götürmək olar.
9. Təcrübədən alınan qiymətləri cədvələ yazmalı.
10. (2) düsturuna əsasən suyun xüsusi buxarlanma istiliyini və təcrübi xətalari təyin etməli.

III BÖLMƏ

ELEKTRİK VƏ MAQNÉTİZM

LABORATORİYA İŞİ № 1

AMPERMETRİN DƏRƏCƏLƏMƏSİ

Ləvazimat: dərəcələnəcək ampermetr, sabit cərəyan mənbəyi, voltmetr, müqavimətlər mağazası, qapayıcı açar, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Metallarda kristal qəfəsinin düyün nöqtələrində müsbət yüklü ionlar, düyün nöqtələri arasında isə sərbəst elektronlar hərəkət edir. Xarici elektrik sahəsi olmadıqda kristal daxilindəki elektronların hərəkəti qarmaqarışiq-nizamsız hərəkətdir. Əgər metal daxilində elektrik sahəsi yaradılsa, onda sahə tərəfindən elektronlara $\vec{F} = e \vec{E}$ qüvvəsi təsir edər və bu qüvvənin təsiri altında yükdaşıyıcıların (elektronlar) istiqamətlənmiş hərəkətə başlayar. Bu zaman elektrik cərəyanı əmələ gəlir.

Elektrik yüklərinin istiqamətlənmiş hərəkəti elektrik cərəyanı adlanır.

Metallarda elektrik cərəyanı daşıyıcıları atomla əlaqəsini kəsmiş sərbəst elektronlar, yarımkəçiricilərdə elektron və deşiklər, elektrolitlərdə müsbət və mənfi yüklü ionlar, qazlarda isə elektron və ionlardır. Elektrik cərəyanının mövcudluğu üçün iki şərtin: naqildə yükdaşıyıcıların mövcudluğu və bu yükdaşıyıcılara istiqamətlənmiş hərəkət verən qüvvənin olması vacibdir. Bu məqsədlə naqildə elektrik cərəyanını təmin etmək üçün naqilin uclarında potensiallar fərqi yaradılır. Cərəyanın istiqaməti, şərti olaraq, müsbət yüklərin hərəkət istiqaməti götürülmüşdür. Metallarda cərəyan sərbəst elektronların nizamlı hərəkətinin əksi istiqamətində axır. Yüklü zərrəciklərin hərəkət etdiyi xətlərə *cərəyan xətləri* deyilir. Cərəyan xətlərinin hüdudlandırdığı boru *cərəyan borusu* adlanır. Elektrik cərəyanı kəmiyyətcə cərəyan şiddəti və cərəyan sıxlığı ilə xarakterizə olunur.

Naqilin en kəsiyindən keçən elektrik yükünün, bu yükün axma müddətinə olan nisbətində cərəyan şiddəti deyilir:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Burada, dq - naqildən dt müddətində axan yüküdür. Deməli, cərəyan şiddəti elektrik yükünün zamana görə birinci tərtib törəməsidir. Əgər $dt=1$ olarsa, onda $I = dq$ olar.

Yəni cərəyan şiddəti naqilin en kəsiyindən vahid zamanda axan yüküdür.

Əgər cərəyan şiddətinin qiyməti və istiqaməti sabit qalırsa, onda belə cərəyan *sabit cərəyan* adlanır və onun şiddəti

$$I = \frac{q}{t} \quad (2)$$

olar. Burada, q - t müddətində naqilin en kəsiyindən keçən elektrik yüküdür. Beynəlxalq vahidlər sistemində cərəyan şiddəti vahidi *1 Amper* qəbul olunub. 1 Amper BS-də əsas vahid olub paralel cərəyanların maqnit qarışılıqlı təsirindən təyin olunur:

Amper- vakuumda bir-birindən 1 m məsafədə yerləşmiş, en kəsiyinin sahəsi çox kiçik olan sonsuz uzun iki paralel düzxətli naqildən keçərkən, onların hər bir metr uzunluqları arasında $2 \cdot 10^{-7}$ N təsir qüvvəsi yaradan cərəyanın şiddətinə deyilir.

Cərəyanın həm qiymətini, həm də istiqamətini xarakterizə etmək üçün cərəyan sıxlığı anlayışından istifadə olunur.

Cərəyanın axma istiqamətinə perpendikulyar yerləşən vahid səthdən keçən cərəyan şiddətinə cərəyan sıxlığı deyilir:

$$j = \frac{I}{dS} \quad (3)$$

Burada, j - cərəyan sıxlığı, I - cərəyan şiddəti, dS -naqilin səthinin sahəsidir. $I = dq/dt$ olduğu (3) ifadəsində nəzərə alınsa, onda

$$j = \frac{dq}{dt \cdot dS} \quad (4)$$

Cərəyan sıxlığı vahid zamanda naqilin vahid en kəsiyindən müəyyən istiqamətdə axan yüküdür.

Cərəyan sıxlığı vektorial kəmiyyətdir və onun istiqaməti müsbət yüklərin istiqamətlənmiş hərəkət istiqaməti ilə üst-üstə düşür. BS-də cərəyan sıxlığı vahidi olaraq $j = 1A/m^2$ qəbul olunub.

Dövrədə cərəyan şiddətini ölçmək üçün ampermetrdən istifadə olunur. Dövrəyə ardıcıl qoşulan ampermetrin əsasını həssas qalvanometr təşkil edir.

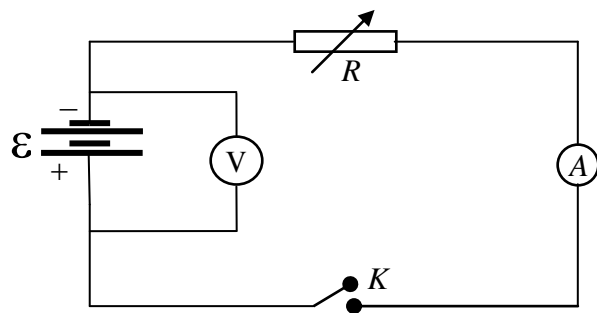
Laboratoriya işində məqsəd- elektrik cərəyanını ölçə bilən ölçü cihazının iş prinsipi ilə tanış olub naməlum şkalalı cihazın şkalasını ölçəcəyi kəmiyyətə görə dərəcələməkdir. Hər hansı elektrik ölçü cihazının dərəcələnməsi, bu cihazın əqrəbinin meyillərinə uyğun olaraq, ölçüləcək fiziki kəmiyyətin ədədi qiymətləri arasındakı münasibətin tapılaraq, ardıcıl yazılması deməkdir.

Ampermetrin dərəcələnməsində məqsəd- təcrübə nəticəsində əqrəbin meyillərinə uyğun tapılmış cərəyan şiddətinin qiymətləri ilə həmin ampermetrin zavod şkalasındakı uyğun qiymətləri arasındakı münasibəti yoxlamaqdır. Təcrübə xətası intervalında bu qiymətlərin uyğun gəlməsi dərəcələnmənin doğru aparıldığını göstərir. Dərəcələnmənin düzgünlüyünü müəyyən etmək üçün qrafik asılılıqdan istifadə olunur. Bu məqsədlə təcrübədən tapılmış cərəyan şiddətlərinin qiymətləri ilə ampermetrin şkalası üzrə olan uyğun göstərişlər arasında qrafik asılılıq qurmaq lazımdır. Dərəcələnmə doğru olduqda, düzbucaqlı koordinat sistemində bu qrafik koordinat başlanğıcından keçən və absis oxu ilə 45^0 -lik bucaq əmələ gətirən düz xətt verir.

Laboratoriya şəraitində ampermetri dərəcələmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Bu üsullardan biri müqayisə üsuludur. Bu üsulla ampermetri dərəcələyərkən nümunəvi (etalon) və dərəcələnəcək ampermetrlərlə cərəyan mənbəyi və cərəyanı tənzim edən müqavimətlər mağazası ardıcıl qoşulur. Bu halda dövrədən keçən cərəyan üçün dərəcələnilir və nümunəvi ampermetrlərin göstərişləri qeyd edilərək müqayisə olunur.

Digər dərəcələmə üsulunun əsasını isə müqaviməti və e.h.q.-si məlum olan dövrəyə ampermetrin ardıcıl qoşulması təşkil edir. Bu üsulla ampermetri dərəcələmək üçün istifadə olunan elektrik dövrəsi şəkl.1-də göstərilmişdir.

İşdə ampermetri dərəcələmək üçün verilmiş dövrəyə tədqiq olunan A ampermetri, R müqavimətlər mağazası və sabit cərəyan mənbəyi ardıcıl birləşdirilir. Təcrübə za-



Şəkil 1.

manı mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsini ölçmək üçün mənbəyə paralel qoşulmuş V voltmetrindən istifadə olunur. Ampermetri dərəcələyərkən, müqavimət mağazasından dövrəyə müəyyən məlum R müqaviməti daxil edib, K açarını qapadıqda dövrədəki cərəyan şiddəti Om qanununa əsasən təyin olunur:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (5)$$

Burada, ε -mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.), R - müqavimətlər mağazasından daxil edilmiş məlum müqavimət, r - ampermetrin şkalası üzərində yazılmış daxili müqavimətdir. Ölçü zamanı birləşdirici naqillərin müqavimətləri çox kiçik olduqlarından, onları nəzərə almamaq olar. Cihazın göstərişi ilə ondan axan cərəyan şiddəti arasındakı əlaqəni tapmaq üçün dövrəyə hər dəfə müxtəlif məlum müqavimətlər daxil etməklə, hər bir hal üçün ampermetrin göstərişini qeyd edib, uyğun cərəyan şiddətini (5) ifadəsinə əsasən hesablamaq lazımdır. Hesablamadan alınan qiymət ampermetrin göstərişinə uyğun gəlirsə, dərəcələnmə düzgün aparılmışdır.

İşin gedişi

1. Şəkildə göstərilən elektrik dövrəsini qurmalı.
2. Müqavimət mağazasından dövrəyə məlum R müqaviməti daxil edərək, dövrəni K açarı vasitəsilə qapamalı. Bu halda ampermetrin və voltmetrin göstərişlərini qeyd etməli. Ampermetrin daxili müqavimətini onun şkalası üzərindən götürməli.
3. Təcrübədən alınan qiymətləri (5) ifadəsində yerinə yazıb ampermetrdən axan cərəyan şiddətini hesablamalı. Alınan nəticələri cədvəl şəklində yazmalı. Təcrübəni müxtəlif müqavimətlər üçün 10-12 dəfə təkrar etməli.
4. Düzbucaqlı koordinat sistemində millimetirlik kağızda cihazın göstərişi N ilə hesablanmış I cərəyan şiddətinin uyğun qiyməti arasında qrafiki asılılıq qurmalı.

LABORATORIYA İŞİ № 2

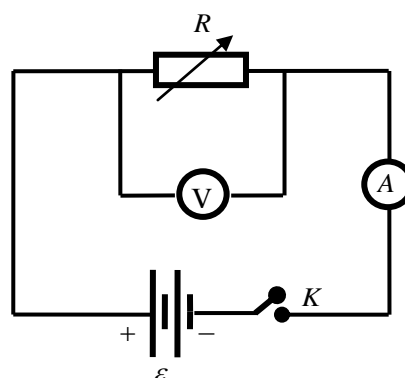
VOLTMETRİN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ

Ləvazimat: dərəcələnəcək voltmetr, ampermetr, sabit cərəyan mənbəyi, müqavimətlər mağazası, qapayıcı açar, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Voltmetrin dərəcələnməsi- cihazı dövrəyə qoşduqda onun əqrəbinin meyillərinə uyğun potenciallar fərqi hesablayaraq ardıcıl yazılmasıdır. Dərəcələnmənin doğruluğunu müəyyən etmək üçün cihazın zavod şkalası üzrə göstərişi ilə təcrübədən tapılmış qiymətləri müqayisə etmək lazımdır. Dərəcələnmənin nəticəsini qrafik şəkildə göstərməklə alınan qrafikdən cihaz şkalasının hər bir bölgüsünün qiymətini təyin etmək mümkündür. Voltmetri dərəcələmək üçün sxemi şəkil 1.-də göstərilən elektrik dövrəsindən istifadə olunur.

Dövrə e.h.q.-si məlum olan sabit cərəyan mənbəyindən, müqavimətlər mağazasından, gərginliyi ölçmək üçün voltmetrdən və qapayıcı açardan ibarətdir. Kiçik gərginlikləri ölçmək üçün istifadə olunan voltmetrin daxili müqaviməti yüz omlarla, yüksək gərginlikləri ölçən voltmetrin daxili müqaviməti isə bir neçə kOm tərtibində olur. Voltmetrin əsas hissəsini həssas qalvanometr təşkil edir. Gərginliyi ölçmək üçün qalvano-



Şəkil 1.

metrə ardıcıl olaraq məlum müqavimətlər qoşulur və müqavimətlərə görə voltmetrin şkalasının göstərişləri qiymətləndirilir. Bir qayda olaraq dövrəyə qoşulmuş voltmetrin daxili müqaviməti onun qoşulduğu dövrə hissəsinin müqavimətindən çox-çox böyük olduğundan, voltmetrdən keçən cərəyan nəzərə alınmayacaq dərəcədə kiçik olur. Odur ki, voltmetrin daxili müqavimətinin dövrənin müqavimətinə nisbətən çox böyük olduğu nəzərə alındıqda, nisbətən az xəta ilə cərəyanın budaqlanmadığını qəbul etmək olar. Bu halda dövrədəki AB və ab nöqtələri arasındakı müqavimətləri təyin etmək üçün Om qanunundan istifadə edərək yazıla bilər:

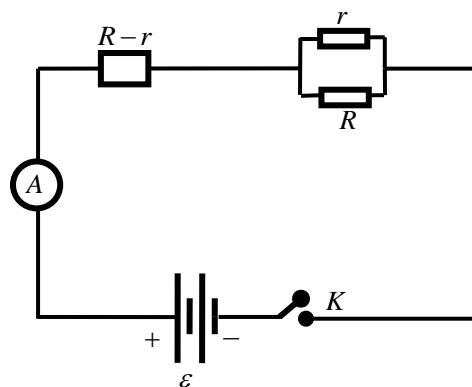
$$I = \frac{\varepsilon}{R} \quad \text{və} \quad I = \frac{U}{r}$$

Bu ifadələrin müqayisəsindən

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

ifadəsi alınır. Burada, U -müqaviməti r olan naqilin uclarındakı gərginlik, R -müqavimətlər mağazasından daxil edilmiş müqavimətdir. (1) ifadəsindəki mənbəyin e.h.q.-i məlum olduqda, R və r -in məlum qiymətlərinə görə, U gərginliyini hesablayıb voltmetr şkalasını dərəcələmək olar.

Daha dəqiq hesablamalarda voltmetrin daxili müqavimətini də nəzərə almaq lazımdır. Bu məqsədlə elektrik sxemi şəkil 2-də verilmiş elektrik dövrəsindən istifadə edib voltmetrin dərəcələnmə düsturunu çıxarmaq olar. Mənbənin daxili müqavimətinin kifayət qədər kiçik olduğunu nəzərə aldıqda



Şəkil 2.

$$I = \frac{U}{\frac{\rho r}{\rho + r}} \quad \text{və} \quad I = \frac{\varepsilon}{R - r + \frac{\rho r}{\rho + r}}$$

yazmaq olar. Yuxarıdakı ifadələrdə müəyyən sadələşmə aparılsa, aşağıdakı düstur alınır:

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

Burada, ρ - voltmetrin daxili müqaviməti, R -müqavimətlər mağazasından daxil edilmiş müqavimət, r -voltmetrin qoşulduğu sıxaclar arasındakı müqavimət, ε -mənbəyin e.h.q.-dir.

Təcrübə zamanı voltmetrin daxili müqaviməti onun şkalası üzərindəki göstəricidən götürülür. r müqaviməti voltmetrin daxili müqavimətindən kifayət qədər kiçik olduqda, voltmetri dərəcələmək üçün (1) ifadəsindən istifadə etmək olar. Seçilmiş müqavimət voltmetrin daxili müqaviməti tərtibindədirsə və ya ondan çoxdursa, hesablama aparmaq üçün (2) ifadəsindən istifadə etmək lazımdır.

İşin gedişi

1. Voltmetri dərəcələmək üçün elektrik sxemi şəkl.1-də göstərilən dövrəni yığıb, dövrəyə lazımi müqaviməti daxil etməli.

2. Dövrəyə daxil edilmiş ümumi R müqavimətinin kiçik hissələrinə voltmetri növbə ilə qoşub göstərişi qeyd etməli.

3. Müqavimətlərin (R və r) və e.h.q.-nin müəyyən qiymətləri üçün voltmetrin göstərişini qeyd etməli. Təcrübəni R və r -in müxtəlif qiymətləri üçün 8-10 dəfə təkrar etməli.

4. Alınan nəticələrə uyğun olaraq, (2) ifadəsinə görə gərginliyin qiymətini hesablayıb onu voltmetrin uyğun göstərişi ilə müqayisə etməli.

5. Gərginliyin hesablanmış qiyməti ilə voltmetrin göstərişi arasında qrafik asılılıq qurmalı. Dərəcələnmə düzgün aparıldıqda bu qrafik koordinat başlanğıcından keçən və absis oxu ilə 45° bucaq əmələ gətirən düz xətt verir.

LABORATORIYA İŞİ № 3

MÜQAVİMƏTİN UİTSTON KÖRPÜSÜ VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: bir neçə məchul müqavimət, qalvanometr, müqavimətlər mağazası, sabit cərəyan mənbəyi, açar, reoxord, dövrə qurmaq üçün birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Budaqlanma olan elektrik dövrlərində dövrənin müqavimətini Om qanununun köməyi ilə hesablamaq çətindir. Belə dövrlərin hesablanması üçün Kirxhof iki qayda təklif etmişdir.

Üç və daha çox cərəyanlı naqilin birləşmə nöqtəsi *düyün nöqtəsi adlanır*. Düyün nöqtəsinə daxil olan cərəyanlar şərti olaraq müsbət, çıxan cərəyanlar isə mənfi qəbul edilir.

Kirxhofun I qaydası: *Düyün nöqtəsində cərəyanların cəbri cəmi sıfıra bərabərdir:*

$$\sum I_k = 0. \quad (1)$$

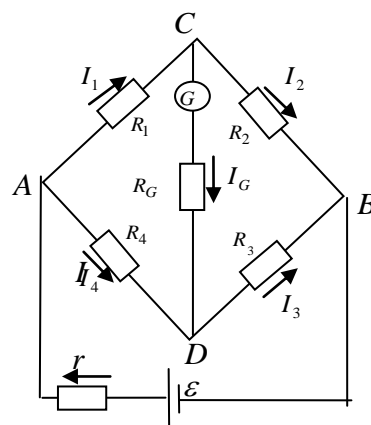
Kirxhofun II qaydası budaqlanmış dövrə üçün ümumiləşmiş Om qanunundan alınır:

Qapalı konturda gərginlik düşgünlərinin cəbri cəmi həmin konturda təsir göstərən e.h.q.-nin cəbri cəminə bərabərdir:

$$\sum I_k R_k = \sum \varepsilon_k. \quad (2)$$

Kirxhof qaydalarının tətbiqinə misal olaraq, müqaviməti təyin etmək üçün istifadə olunan körpü üsulunun sxemini nəzərdən keçirək. Bu üsulun əsasını şəkil 1-də göstərildiyi kimi, ardıcıl birləşmiş dörd müqavimətin əmələ gətirdiyi qapalı dövrə təşkil edir.

Bu qapalı dövrənin *A* və *B* nöqtələrinə elektrik hərəkət qüvvəsi ε olan cərəyan mənbəyi və daxili müqaviməti r olan cərəyan mənbəyi, *C* və *D* nöqtələrinə isə



Şəkil 1.

müqaviməti R_g olan qalvanometr birləşir.

A , B və C düyün nöqtələrinə Kirxhofun I qaydasını tətbiq etdikdə, aşağıdakı ifadə alınır:

$$\begin{aligned} I - I_1 - I_4 &= 0 \\ I_2 + I_3 - I &= 0 \\ I_1 - I_2 - I_G &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Burada I - ümumi cərəyan I_1 , I_1, I_2, I_3 və I_4 uyğun olaraq R_1, R_2, R_3 və R_4 müqavimətlərindən axan cərəyan, I_G - qalvanometrdən axan cərəyanlardır.

$ACBDA$, $ACDA$ və $CBDC$ konturları üçün Kirxhofun II qaydasını tətbiq etdikdə

$$\begin{aligned} Ir + I_1 R_1 + I_2 R_2 &= \varepsilon \\ I_1 R_1 + I_G R_G - I_4 R_4 &= 0 \\ I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_G R_G &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

düsturları alınır. Sxemdə R_2, R_3 və R_4 müqavimətlərini elə dəyişmək olar ki, C və D nöqtələrinin potensialı eyni olsun və qalvanometrdən cərəyan axmasın ($I_G=0$). Bu halda (3) ifadəsi sadələşər:

$$I_1 = I_2, \quad I_3 = I_4 \quad (5)$$

(5) ifadəsini (4)-də nəzərə aldıqda

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

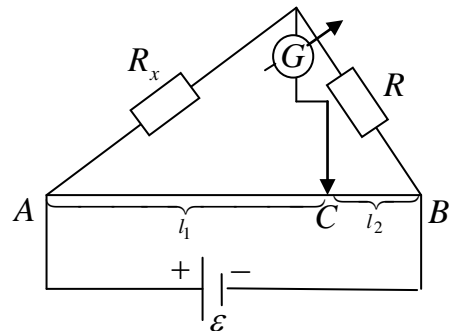
olar. Bu halda

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \text{və ya} \quad R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad (6)$$

alınır. Körpünün tarazlıq halında (yə'ni, $I_G=0$) mənbənin e.h.q.-i və qalvanometrin daxili müqaviməti rol oynamır. (6) ifadəsinə əsasən dörd müqavimətdən üçü məlum olduqda məchul müqaviməti hesablamaq olar.

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

Reoxord- millimetrik bölgüləri olan xətkəş (60-100sm uzunluğunda) üzərinə bərkidilmiş, xüsusi müqaviməti kifayət qədər böyük olan



Şəkil 2.

bircins məftildir. Şəkildən görüldüyü kimi, G qalvanometri bərkidilmiş reoxord qolunu telin müqaviməti r_1 və r_2 olan müqavimətlərinə ayırır.

Onda (6) ifadəsinə əsasən Uistston körpüsündəki R_x , R , r_1 və r_2 müqavimətləri arasında

$$\frac{R_x}{R} = \frac{r_1}{r_2} \quad (7)$$

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

$$r_1 = \rho \frac{l_1}{S}, \quad r_2 = \rho \frac{l_2}{S}$$

yaza bilərik. Sadələşmələr apardıqdan sonra məchul R_x müqavimətini tapmaq mümkündür:

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2} \quad (8)$$

İşin gedişi

1. Şəkil 2.-də göstərilmiş elektrik dövrəsini yığmalı. Hərəkət edən kontaktı reoxord üzərində müəyyən bölgü üzərində (məs. $l_1 = 40 \text{ sm}$, $l_2 = 60 \text{ sm}$) qoyub müqavimətlər mağazasında müəyyən müqavimət seçib dövrəni qapamalı.

2. Müqavimətlər mağazasında müqaviməti tədricən dəyişməklə qalvanometrın əqrəbini sıfıra gətirib müqavimətlər mağazasının R göstərişini qeyd edib, alınan qiymətləri (R, l_1, l_2 qiymətləri) (8) ifadəsində yerinə yazıb naməlum müqaviməti hesablamalı.

3. Reoxord üzərində l_1 və l_2 məsafələrini dəyişərək (məs. $l_1 = 50 \text{ sm}$, $l_2 = 50 \text{ sm}$; $l_1 = 60 \text{ sm}$, $l_2 = 40 \text{ sm}$ və s.) hər bir hal üçün yuxarıda göstərilənləri təkrar etməli. Təcrübəni eyni bir müqavimət üçün ən azı 3 müxəlif uzunluq üçün təkrar edib naməlum müqavimətin orta qiymətini təyin etməli.

4. Təcrübəni ikinci müqavimət üçün də həmin qayda ilə təkrar etməli.

5. Müqavimətləri ardıcıl və paralel qoşub təcrübəni reoxordun qolunun müxtəlif uzunluqları üçün təkrar edib naməlum müqaviməti hesablamalı.

6. Hər bir hal üçün uyğun müqavimətin orta qiymətini təyin edib təcrübənin mütləq və nisbi xəталarını hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 4

MƏNBƏYİN ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ VƏ DAXİLİ MÜQAVİMƏTİNİN MƏLUM MÜQAVİMƏTƏ GÖRƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Tədqiq ediləcək mənbə, milliampmetr, müqavimətlər mağazası, birləşdirici naqillər, açar.

Qısa nəzəri məlumat

Müxtəlif potensiallara qədər yüklənmiş iki metal kürəni naqıl ilə birləşdirsək bu yüklərin elektirik sahəsinin təsiri ilə elektronlar nizamlı hərəkət edərək naqıldə elektirik cərəyanı yaradar. Ancaq qısa vaxt ərzində kürələrin potensialları bərabərləşər və naqilin daxilində elektrik sahəsi yox olduğundan cərəyan kəsilər. Üzün müddətli cərəyanın alınması üçün kürələr arasındakı potensiallar fərqi sabit saxlanılmalıdır. Bunun üçün elektrik yükünü, kürələrinin elektrik sahəsinin təsir qüvvəsinin əksi istiqamətində, bir kürədən digərinə doğru hərəkət etdirən xüsusi qurğu olmalıdır. Belə qurğularda yüklərə elektrik qüvvələrindən əlavə qeyri elektrik təbiətli qüvvələr təsir etməlidir. Yüklü zərrəciklərə təsir edən və qeyri-elektrostatik təbiətli qüvvələrə **kənar qüvvələr** deyilir.

Elektrik sahəsinin intensivlik vektorunun qapalı kontur üzrə sirkulyasiyası sıfıra bərabərdir. Bu elektrostatik sahənin potensiallı sahə olduğunu göstərir. Buna görə də elektrostatik təbiətli qüvvələr yükü qapalı dövrə boyunca hərəkət etdirə bilməz. Beləliklə uzun müddətli elektrik cərəyanı almaq üçün bütün dövrdə və ya onun ayrı-ayrı hissələrində təsir edən kənar qüvvələr olmalıdır.

Kənar qüvvələri yaradan mənbə elektrik cərəyanı mənbəyi adlanır. Bütün cərəyan mənbələrinin daxilində yüklü zərrəcikləri mənbənin bir qütbündən digərinə kənar qüvvələr hərəkət etdirir. Cərəyan mənbələri daxilində kənar qüvvələrin təsiri ilə elektrik yükləri Kulon qüvvələrinin təsirinin əksinə hərəkət etdirilir və bunun hesabına mənbənin qütblərində potensiallar fərqi saxlanılır. Cərəyan mənbəyi kimi generatorlardan, qalvonik elementlərdən, akkumulyatorlardan, termoelement və fotoelementlərdən istifadə olunur.

Kənar qüvvələr müxtəlif: mexaniki, istilik, optik, maqnit, kimyəvi, bioloji və s. təbiətli ola bilər. Elektrostansiya generatorlarında bu qüvvə hərəkət edən naqıldəki elektronlara maqnit sahəsində təsir göstərən

maqnit qüvvələri kimi, qalvonik elementlərdə elektrodlarla elektolit arasında gedən kimyəvi reaksiyalar nəticəsində ayrılan enerjinin hesabına yaranan qüvvələr kimi özünü təzahür etdirir.

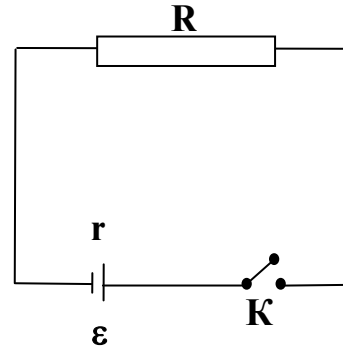
Cərəyan mənbəyini dövrəyə birləşdirdikdə dövrədə cərəyan yaranır və kənar qüvvələr yükü hərəkətə gətirməklə iş görür. Kənar qüvvələrin təsiri elektrik hərəkət qüvvəsi (E - e.h.q.-si) adlanan kəmiyyətlə xarakterizə olunur. Ədədi qiymətə müsbət vahid yükü qapalı dövrə boyunca hərəkət etdirərkən kənar qüvvələrin gördüyü işə bərabər olan fiziki kəmiyyətə **elektrik hərəkət qüvvəsi** deyilir. Əgər q yükünün qapalı dövrə üzrə hərəkəti zamanı kənar qüvvələrin gördüyü iş A_k olarsa onda e.h.q.-si

$$E = \frac{A_k}{q}$$

düsturu ilə təyin olunur.

Bu iş cərəyan mənbəyinin sərf etdiyi enerji hesabına görüldüyündən cərəyan mənbəyini e.h.q.-si adlanır. E.h.q.-si də potensial və gərginlik kimi voltlarla ölçülür.

Cərəyan mənbəyindən və R müqavimətindən ibarət olan sadə dövrəyə baxaq (Şəkil 1.). Cərəyan mənbəyinin e.h.q.-si E və müqaviməti r olsun. Mənbəyin müqavimətini dövrədəki R xarici müqavimətdən fərqli olaraq daxili müqavimət adlandırırlar. Tam dövrə üçün Om qanunu dövrədəki cərəyan şiddətini, mənbəyin e.h.q.-si və dövrənin $R+r$ tam müqaviməti ilə əlaqələndirir.



Şəkil 1.

Tutaq ki, Δt müddəti ərzində naqilin en kəsiyindən Δq yükü keçir. Bu zaman kənar qüvvələrin gördüyü iş

$$A_k = E \Delta q = E J \Delta t$$

olar. Bu iş görülərkən müqavimətləri r və R olan dövrənin daxili və xarici hissələrində müəyyən miqdarda Coul-Lens istiliyi ayrılır.

$$Q = J^2 R \Delta t + J^2 r \Delta t$$

Enerjinin saxlanması qanununa görə kənar qüvvələrin gördüyü iş ayrılan istilik miqdarına bərabər olmalıdır:

$$\begin{aligned} A &= Q \\ E J \Delta t &= J^2 R \Delta t + J^2 r \Delta t \\ E &= JR + Jr \end{aligned}$$

Beleliklə, e.h.q. qapalı dövrənin daxili və xarici dövrə hissələrindəki gərginlik düşgünlərinin cəminə bərabərdir. Xarici dövrə hissəsindəki gərginlik düşgüsünü aşağıdakı kimi yazmaq olar

$$U = E - Jr$$

Göründüyü kimi dövrə qapalı olduqda ($J \neq 0$) mənbənin qütblərindəki potensiallar fərqi onun elektrik hərəkət qüvvəsindən kiçik olur. Xarici dövrə açıq olduqda isə mənbənin qütblərindəki potensiallar fərqi onun e.h.q.-nə bərabər olur.

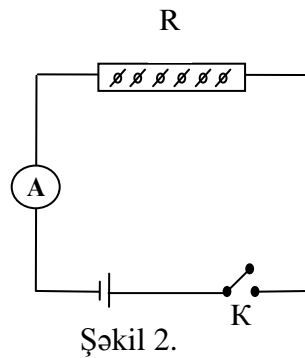
Qapalı dövrə üçün Omqanunu adətən, aşağıdakı şəkildə yazırlar:

$$J = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Qapalı dövrədə axan cərəyan şiddəti dövrədəki mənbəyin e.h.q. ilə düz, daxili və xarici müqavimətlərinin cəmi ilə tərs mütənasibdir.

Mənbəyin e.h.q. -nı təyin etmək üçün bir sıra üsullar vardır. Bunlardan biridə e.h.q.-nın məlum müqavimətə görə təyini. Bu üsulla mənbəyin e.h.q.-nın təyini dövrədə müqavimətin iki müxtəlif qiymətinə uyğun cərəyan şiddətinin ölçülməsinə əsaslanmışdır.

Fərz edək ki, şəkil 2 də olduğu kimi dövrə verilmişdir. Burada E -cərəyan mənbəyinin e.h.q.-si, r -onun daxili müqaviməti, A -ampermetr, r_A -onun daxili müqaviməti, k -açar, R isə müqavimətlər mağazasıdır. Müqavimətlər mağazasından dövrəyə əvvəlcə R_1 , sonra isə R_2 müqavimətləri daxil edərək, dövrədəki uyğun J_1 və J_2 cərəyan şiddətləri ampermetrlə ölçülür. Mənbəyin və ampermetrin daxili müqavimətlərini nəzərə alaraq hər iki hala qapalı dövrə üçün Om qanunu tətbiq edək.



Şəkil 2.

$$J_1 R_1 + J_1 r + J_1 r_A = E \quad (1)$$

$$J_2 R_2 + J_2 r + J_2 r_A = E \quad (2)$$

(1) ifadəsində ($r + r_A$) -ni təyin edib (2) ifadəsində yerinə yazıb, alınmış ifadəni E -yə görə həll edək

$$r + r_A = \frac{E - J_1 R_1}{J_1}$$

$$J_2 R_2 + J_2 \frac{E - J_1 R_1}{J_1} = E$$

$$\begin{aligned} J_1 J_2 R_2 + J_2 E - J_1 J_2 R_1 &= J_1 E \\ J_1 J_2 (R_2 - R_1) &= E (J_1 - J_2) \end{aligned}$$

$$E = \frac{J_1 J_2 (R_2 - R_1)}{J_1 - J_2} \quad (3)$$

alırıq. R_1 və R_2 müqavimətləri məlum olduqda, J_1 və J_2 cərəyanlarını ölçməklə mənbəyin e.h.q.-ni (3) düsturu ilə hesablamaq olar.

Mənbəyin e.h.q. təyin edildikdən sonra (1) və ya (2) ifadəsi vasitəsilə onun daxili r müqaviməti də təyin edilə bilər:

$$r = \frac{\varepsilon - J_1 R_1}{J_1} - r_A \quad (4)$$

İşin gedişi

1. Şəkil 2-də olduğu kimi dövrə qurmalı.
2. Müqavimətlər mağazasından dövrəyə əvvəlcə təqribən $R_1 = 10 \text{ Om}$ sonra $R_2 = 20 \text{ Om}$ müqavimətlərini daxil edərək uyğun J_1, J_2 cərəyan şiddətlərinin qiymətlərini ampermetrdən götürməli. r_A daxili müqavimətinin qiyməti ampermetr üzərində yazılmışdır.
3. Alınan qiymətləri (3) ifadəsində yazaraq mənbəyin e.h.q.-ni hesablamalı.
4. E.h.q.-nin hesablanmış qiymətini (4) ifadəsində nəzərə alaraq mənbəyin daxili müqavimətini hesablamalı.
5. Sonra dövrəyə $R_1 = 30 \text{ Om}$, $R_2 = 40 \text{ Om}$ və.s müqavimətləri daxil edərək, təcrübəni 4-5 dəfə təkrar etməli və hər bir hal üçün mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsi və daxili müqavimətini hesablamalı.
6. Alınan nəticələr üçün orta qiymət tapıb təcrübələrin mütləq və nisbi xətaalarını hesablamalı.
7. Tədqiq olunan mənbə xarici dövrədən açıq olduqda ona paralel qoşulmuş voltmetrin göstərişi ilə təcrübədən alınan qiymətləri müqayisə etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 5

XARİCİ MÜQAVİMƏTDƏN ASILI OLARAQ MƏNBƏYİN GÜCÜNÜN VƏ FAYDALI İŞ ƏMSALININ ÖLÇÜLMƏSİ

Ləvazimat: Sabit cərəyan voltmetri və milliampmetri, müqavimətlər mağazası, birləşdirici naqillər, açar, akkumulyatorlar batareyası.

Qısa nəzəri məlumat

Qapalı dövrədən cərəyan keçərkən həm xarici, həm də daxili dövrə hissələrində iş görülür. Görülən tam iş xarici və daxili dövrə hissələrində görülən işlərin cəminə bərabərdir.

$$A_{tam} = E \cdot Jt = J^2 R t + J^2 r t = UJt + J^2 r t$$

Dövrədəki tam güc $P_{tam} = \frac{A_{tam}}{t} = EJ$ olur. Bu gücün müəyyən hissəsi xarici dövrə hissəsində ayrılır ki, buna da faydalı güc deyilir.

$$P_{faydalı} = UJ = J^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Mənbəyin faydalı iş əmsalı faydalı gücün tam gücə olan nisbəti kimi

$$\text{təyin olunur } \eta = \frac{P_{faydalı}}{P_{tam}} = \frac{U}{\mathcal{E}}$$

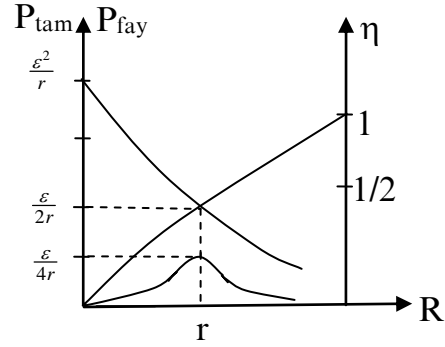
Xarici dövrə hissəsindəki müqaviməti R , mənbəyinin daxili müqaviməti r olan qapalı dövrədəki cərəyan şiddətinin $J = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$, xarici dövrə hissəsindəki gərginliyin isə $U = JR$ olduğunu nəzərə alsaq tam gücü, faydalı gücü və mənbəyin F.İ.Ə.-ni aşağıdakı şəkildə yazı bilərik.

$$\left. \begin{aligned} P_{tam} &= \frac{\mathcal{E}^2}{R+r} \\ P_{faydalı} &= J^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2} \\ \eta &= \frac{U}{\mathcal{E}} = \frac{JR}{J(R+r)} = \frac{R}{R+r} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(1) ifadələrdən görüldüyü kimi dövredə tam güc, faydalı güc və f.i.ə. xarici müqavimətdən asılıdır. Tam güc xarici və daxili müqavimətlərin cəmi ilə tərs mütənasibdir. Xarici müqavimət $R=0$ olduqda cərəyan mənbəyi qısa qapanır. Bu zaman tam güc maksimum olur: $P_{tam,max} = \frac{\varepsilon^2}{r}$.

Lakin bu zaman bütün güc mənbədə ayrıldığından faydasız olur.

Dövrə açıq olduqda, yəni $R \rightarrow \infty$ olduqda tam güc sıfıra yaxınlaşır, $P_{tam} = 0$. Beləliklə, qapalı dövredəki xarici müqavimət sıfırdan sonsuzluğa qədər artdıqda tam güc $P_{tam,max} = \frac{\varepsilon^2}{r}$ maksimum qiymətindən sıfıra qədər monoton azalır (Şəkil 1,



Şəkil 1.

əyri 1) $P_{faydalı} = \frac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2}$ ifadəsindən

faydalı gücün maksimum olması şərtini tapaq. Funksiyanın ekstremumu üçün zəruri şərt onun törəməsinin sıfıra bərabər olmasıdır. Faydalı gücün xarici müqavimətə görə törəməsini tapıb sıfıra bərabər edək:

$$\frac{dP_{fay}}{dR} = \varepsilon^2 \frac{(R+r)^2 - 2R(R+r)}{(R+r)^4} = \varepsilon^2 \frac{r-R}{(R+r)^3} = 0$$

Buradan $R=r$ olduqda, $\frac{dP_{fay}}{dR} = 0$. Yəni qapalı dövredəki xarici müqavimət mənbəyin daxili müqavimətinə bərabər olduqda dövredəki faydalı güc maksimum olur. $R < r$ olduqda $\frac{dP_{fay}}{dR} > 0$, $R > r$ olduqda isə

$\frac{dP_{fay}}{dR} < 0$ olur. Bu $R < r$ olduqda faydalı gücün monoton artdığını, $R > r$ olduqda isə monoton azaldığını göstərir.

Xarici müqavimətin $R=r$ qiymətində (1) düsturlarında yerinə yazmaqla faydalı gücün maksimum qiymətini, tam gücü və dövrənin f.i.ə.-ni hesablamaq olar:

$$P_{faydalı} = \frac{\varepsilon^2 R}{(R+r)^2} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

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

$$\eta = \frac{R}{R+r}$$

Verilən təhlillərdən sonra qapalı dövrədəki tam gücün, faydalı gücün və f.i.ə.-nin xarici müqavimətdən asılılıq qrafiklərini qurmaq olar. $P(R)$, $P_{faydalı}(R)$ və $\eta(R)$ asılılıqlarının qrafikləri şəkil 29-da verilmişdir.

Təcrübə zamanı bilavasitə xarici dövrə hissəsindəki müqavimət deyil, amperometr və voltmetrin köməyi ilə cərəyan şiddəti və gərginlik ölçüldüyündən tam güc, faydalı güc və f.i.ə.-nin cərəyan şiddətindən asılılığını öyrənmək daha əlverişlidir. $U = E - Jr$ düsturundan istifadə edərək tam güc, faydalı güc və F.İ.Ə.-ni cərəyan şiddəti ilə ifadə edək:

$$\left. \begin{aligned} P_{tam} &= \varepsilon J \\ P_{faydalı} &= J(\varepsilon - Jr) \\ \eta &= \frac{\varepsilon - Jr}{\varepsilon} = 1 - \frac{Jr}{\varepsilon} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(3) düsturlarından görüldüyü kimi tam güc və f.i.ə. cərəyan şiddətindən asılı olaraq xətti dəyişirlər, faydalı güc isə cərəyan şiddətindən kvadratik asılılığa malikdir. Xarici müqavimət daxili müqavimətə bərabər olduqda ($R=r$ olduqda) dövrədəki cərəyan şiddəti $J = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{\varepsilon}{2r}$ olur. Bunu (3) düsturlarında nəzərə alaraq onları aşağıdakı şəkildə yaza bilərik.

$$\begin{aligned} P_{tam} &= \frac{\varepsilon^2}{2r} \\ P_{faydalı} &= \frac{\varepsilon}{2r} \left(\varepsilon - \frac{\varepsilon}{2} \right) \\ \eta &= 1 - \frac{r}{\varepsilon} \frac{\varepsilon}{2r} = \frac{1}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

İfadələrdən görüldüyü kimi faydalı gücün maksimum qiymətinə faydalı

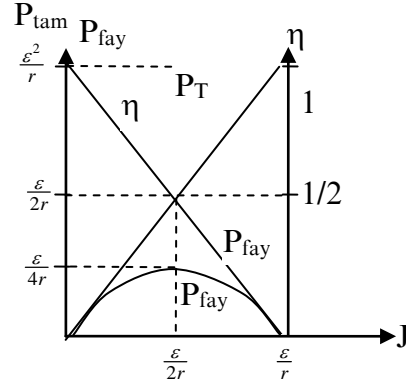
iş əmsalının $\eta = \frac{1}{2}$ qiyməti uyğun

gəlir. $R < r$ olduqda $0 \leq \eta \leq \frac{1}{2}$ olur,

$R > r$ olduqda isə $\frac{1}{2} \leq \eta \leq 1$ intervalında

dəyişir.

$P(J)$, $P_{faydalı}(J)$ və $\eta(J)$ asılılıqlarının qrafikləri şəkil 2-də təsvir edilmişdir.



Şəkil 2.

Qrafiklərdən görüldüyü kimi tam güc

dövrədəki cərəyan şiddəti ilə düz mütənasib olaraq dəyişir (şəkil 2).

İşin gedişi

1. Şəkil 3-dəki sxem üzrə sabit cərəyan dövrəni qurmalı (şəkil 3.).

2. R reostatı vasitəsi ilə böyük müqavimət daxil edərək K açarını qapamalı.

3. Reostat vasitəsilə cərəyan şiddətini $(0,1 \div 0,2) A$ çatdıraraq voltmetrin uyğun göstərişini qeyd etməli.

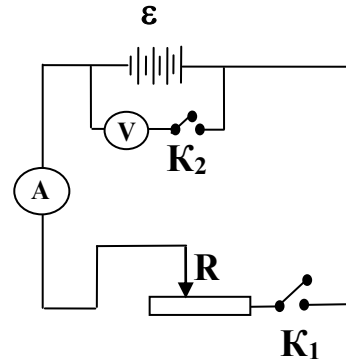
4. Reostatın köməyi ilə dövrədə cərəyan şiddətinin $0,1 \div 0,2 A$ addımla artımına nail olub hər dəfə voltmetrin uyğun göstərişini qeyd etməli.

5. Cərəyan şiddəti və gərginliyin uyğun qiymətlərinə görə xarici dövrə hissəsindəki R müqavimətini hesablayıb bu qiymətləri cədvəl şəklində salmalı.

6. Müqavimət və cərəyan şiddətlərinin qiymətlərinə uyğun (2) və (3) düsturlarına əsasən $P_{faydalı}(R)$, $\eta(R)$ və $P_{faydalı}(J)$, $\eta(J)$ qiymətlərini hesablayın, bu qiymətləri cədvəl şəklində verməli.

7. $P_{faydalı}(R)$, $\eta(R)$ və $P_{faydalı}(J)$, $\eta(J)$ asılılıqlarının qrafikini qurmalı.

$Q e y d$: Mənbəyin e.h.q.-si və daxili müqaviməti verilməzsə onları məlum üsullarla təyin etmək lazımdır.



Şəkil 3.

LABORATORİYA İŞİ № 6

POTENSİAL DÜŞGÜSÜNƏ GÖRƏ MÜQAVİMƏTİN TƏYİNİ

Ləvazimat: Müqavimət mağazası, məchul müqavimət, elektrik enerjisi mənbəyi, reostat, qoşa açar, açar, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Məlumdur ki, ardıcıl birləşdirilmiş dövrənin bütün budaqlarında cərəyan eyni qiymətə malik olur. Deməli əgər iki naqıl ardıcıl birləşdirilmişsə, onda bu naqillərin hər ikisində cərəyan şiddətinin qiyməti eynidir. Om qanuna görə bu naqillərin birində gərginlik düşgüsü

$$U_1 = JR_1 \quad (1)$$

digərinə isə

$$U_2 = JR_2 \quad (2)$$

olar. (1) və (2) –ni tərəf-tərəfə bölsək

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (3)$$

Əgər bu naqillərdən birinin müqaviməti məlum (R), digəri isə məchul (R_x) olsa, onda (3)-ü aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

$$\frac{U_x}{U} = \frac{R_x}{R}$$

Buradan

$$R_x = \frac{U_x}{U} R \quad (4)$$

alırıq. Burada U – məlum müqavimətli naqilin uclarandakı potensiallar fərqi, R – onun müqavimət, U_x – məchul, R_x – müqavimətli naqilin uclarandakı potensiallar fərqidir. Deməli, U, R, U_x –i bilməklə məchul müqaviməti təyin etmək olar.

Qurğunun təsviri

Baxılan metodla müqavimətin təyini üçün işlədilən dövrənin sxemi şəkil 1-dəki kimidir. Şəkildə P-reostat, V-voltmetr, R-müqavimət, ε -cərəyan mənbəyi, R_x -məchul müqavimət, K-açar, Q-qoşa açardır.

Deməli, məlum (R) və məchul (R_x) müqavimətlərini eyni voltmetrlə ölçmək üçün qoşa açardan (Q) istifadə olunur. Bu açarın altı sıxacı olub, bunlardan ikisi (1,1) məchul müqavimətə, ikisi məlum müqavimətə ikisi isə voltmetrə qoşulmuşdur. Həmin açarın köməyiylə voltmetri R_x və ya R müqavimətinə qoşmaq olur.

İşin gedişi

1.Şəkil 1-dəki dövrəni qurub, sonra müəllim və ya laboranta yoxlatmalı.

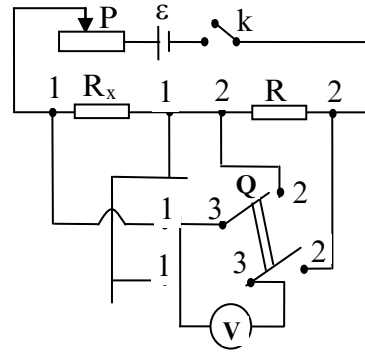
2.Müqavimət mağazasından R müqavimətini daxil edib k açarını qapamalı.

3.Sonra Q açarını 1-1 və 2-2 vəziyyətlərinə gətirib hər iki hal üçün voltmetrin göstərişini qeyd etməli.

4.Müqavimət mağazasından müxtəlif R -lər daxil etməklə təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməli.

5. U, R, U_x -in qiymətlərini (4) düsturunda yazıb, məchul müqaviməti tapmalı.

6.Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.



Şəkil 1.

LABORATORIYA İŞİ № 7

MÜQAVİMƏTİN AMPERMETR VƏ VOLTMETR VASİTƏSİ İLƏ TƏYİNİ

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

Qısa nəzəri məlumat

Dövrə hissəsi üçün Om qanununun ifadəsindən alınır ki, naqilin uclarındakı gərginlik düşgüsü cərəyan şiddəti ilə naqilin müqaviməti hasilinə bərabərdir

$$U = IR \quad (1)$$

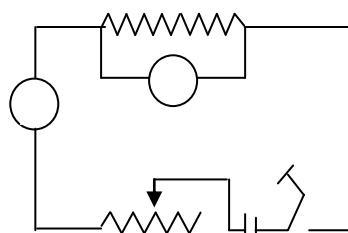
Buradan alınır ki, naqilin müqaviməti onun uclarındakı gərginliyin cərəyan şiddətinə olan nisbətinə bərabərdir.

$$R = \frac{U}{I} \quad (2)$$

Ona görə də dövrəyə qoşulmuş məchul müqaviməti ölçmək üçün bu müqavimətdən keçən cərəyan şiddətini və onun uclarındakı gərginliyi bilmək lazımdır. (2) ifadəsində gərginlik Voltla, cərəyan şiddəti Amperlə ölçülsə, onda naqilin müqaviməti Omla ölçülməlidir.

Məchul müqaviməti ölçmək üçün sxemi şəkildə göstərilmiş dövrə yığmaq lazımdır. Sxemdə A - ampermetr, V - Voltmetr, E - cərəyan mənbəyi, R_x - məchul müqaviməti, R - müqavimətlər mağazası, K - açardır.

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.



Şəkil

İşin gedişi

1.Şəkildə göstərilən elektrik dövrəsini yığıb müqavimətlər mağazasından böyük R müqaviməti seçib, K-açarım qapamalı.

2.Müqavimətlər mağazasında R müqavimətini azaldaraq, ampermetrin hər bir göstərişinə uyğun voltmetrin göstərişini qeyd etməli. Təcrübəni 5-10 dəfə təkrar etməklə məchul müqaviməti təyin edib, onun orta qiymətini (R_{or}) hesablamalı.

3.Naqilin uzunluğunu (ℓ), onun en kəsiyinin sahəsini (S) ölçməklə, onun xüsusi müqavimətini

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

düsturu hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 8

METALLARIN MÜQAVİMƏTİNİN TEMPERATUR ASILILIĞININ TƏYİNİ

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

Qısa nəzəri məlumat

Metallar sərbəst elektronlardan ibarət sistemdir. Xarici elektrik sahəsi olmadıqda, elektronlar xaotik nizamsız istilik hərəkətində olur. Belə hərəkət zamanı elektrik cərəyanı yaranmır. Metal daxilində elektrik sahəsi yaradıldıqda, sahənin qiymətindən asılı olaraq, üstünlük təşkil edən istiqamətdə elektronların nizamlı hərəkəti meydana çıxır və nəticədə elektrik cərəyanı yaranır. Sahənin təsiri ilə elektronlar kristal qəfəsi daxilində istiqamətlənmiş hərəkət edərək, qəfəsin düyün nöqtələrindəki müsbət yüklü ionlarla toqquşur. Baş verən toqquşmalar elektronların istiqamətlənmiş hərəkətinə maneçilik törədir və nəticədə elektrik müqaviməti yaranır.

Elektrik müqaviməti elektronların metal qəfəsini təşkil edən müsbət yüklü ionlarla toqquşmasının nəticəsidir

Naqilin temperaturunun artması ilə ionların istilik rəqslərinin amplitudu artdığından, həm səpilən elektronların sayı və həm də toqquşmaların sayı artır. Bu proses temperaturun artması ilə naqilin müqavimətinin artmasına səbəb olur.

Təcrübə göstərir ki, müqavimət təkcə naqilin həndəsi ölçülərindən deyil, həm də onun temperaturundan asılıdır. Metal qızdırılarkən onun müqaviməti artır. Metalın müqavimətinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi aşağıdakı qanuna tabedir:

$$R = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots) \quad (1)$$

Burada R_0 - naqilin $0^\circ C$ -də, R_t - isə t - temperaturunda müqavimətləri, α , β və γ -sabit kəmiyyətlərdir. Çox böyük dəqiqlik tələb olunmayan hallarda β, γ -sabitləri çox kiçik olduqlarından, onların iştirak etdikləri

hədləri nəzərə almamaqla, müqavimətin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (2)$$

Burada, R_t - və R_0 - uyğun olaraq, t və $0^\circ C$ temperaturlarında naqilin müqavimətidir. α - müqavimətin temperatur əmsalıdır. Müqavimətin temperatur əmsalı aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t} \quad (3)$$

Müqavimətin temperatur əmsalı naqili bir dərəcə qızdırdıqda onun müqavimətinin dəyişməsinin $0^\circ C$ -dəki müqavimətinə olan nisbətində bərabərdir.

Adi temperaturlarda, təmiz metallar üçün bu əmsalın qiyməti $\alpha = (1/273)K^{-1}$ -ə yaxındır. Bu halda müqavimətin temperatur asılılığını

$$R_t = R_0 \alpha T \quad (4)$$

şəklində ifadə etmək olar. T -mütləq temperatur Selsi şkalası ilə $T = t + 273^\circ S$ düsturu ilə təyin edilir.

Müqavimətin temperatur əmsalının fiziki mahiyyətini aydınlaşdırmaq məqsədilə (4) ifadəsindən törəmə alınaraq α tapılır:

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{dR}{dT} \quad (5)$$

Müqavimətin temperatur əmsalı müqavimətin vahid temperatur dəyişməsinə uyğun olan nisbi dəyişməsidir.

Metallar üçün müqavimətin temperatur əmsalı müsbətdir ($\alpha > 0$), yəni temperatur artdıqca metalın müqaviməti və uyğun olaraq xüsusi müqaviməti də artır. İkinci növ keçiricilərdə (elektrolitlərdə) $\alpha < 0$ -dir. Qızdırılan elektrolitin müqaviməti azalır. Bəzi metallarda mütləq sıfır temperaturuna yaxınlaşdıqda müqavimət birdən-birə (sıçrayışla) sıfıra düşür. Bu jür naqil cərəyana qarşı heç bir müqavimət göstərmir. Bu hal *ifrat keçiricilik* adlanır. İfrat keçiriciliyi ilk dəfə 1911-ci ildə Hollandiya fiziki Kamerlinq-Onnes civədə aşkar etmişdir. O, maye heliumda soyuyan

civənin müqavimətinin 4,1K temperaturda sıçrayışla sıfıra qədər düşməsinə müşahidə etmişdir. Bu hadisəni o, *ifrat keçiricilik* adlandırmışdır.

Metalların müqavimətinin temperatur əmsalını təcrübədən təyin etmək olar. Əgər t_1 və t_2 temperaturlarında naqilin müqavimətləri uyğun olaraq R_1 və R_2 olarsa, onda (2) ifadəsinə görə

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

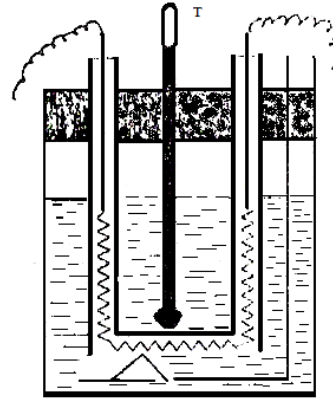
$$R_2 = R_0(1 + \alpha t_2)$$

yazmaq olar. Bu tənlikləri tərəf-tərəfə bölüb, α -nı tapmaq olar:

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \quad (6)$$

(6) ifadəsindən istifadə edərək metalların müqavimətinin temperatur əmsalını təyin etmək olar. Bu məqsədlə istifadə olunan qurğunun prinsipial quruluşu şəkil 1-də göstərilib.

Spiralşəkilli metal naqil içərisində transformator yağı olan kimyəvi sınaq şüşəsinə salınaraq, ucları sıxaqlara bağlanır. Nümunə olan sınaq şüşəsi qızdırıcının içərisinə qoyulur və nümunənin temperaturu sınaq şüşəsində yağa salınmış T - termometri ilə ölçülür. Nümunənin uclarına bağlanmış sıxaqlar birləşdirici naqillər vasitəsi ilə sabit cərəyan körpüsünün " R_x " – sıxaqlarına qoşulur. Sabit cərəyan körpüsü universal Uistston körpüsü olub həm kiçik, həm də daha böyük müqavimətləri ölçmək üçün istifadə olunur. Körpü sabit cərəyan mənbəyindən qidalanır. Müqaviməti ölçərkən cəihazın üzərindəki düymə basılır və dəstək fırladılaraq elə vəziyyətə gətirilir ki, qalvanometrin əqrəbi sıfıra gəlsin. Bu zaman disk üzərində göstərici oxa uyğun gələn rəqəm naqilin müqaviməti olar.



Şəkil 1.

İşin gedişi

1. Spiral formalı naqili içərisində transformator yağı olan sınaq şüşəsinə salıb 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 10 ÷ 15°-dən bir sabit cərəyan körpüsü ilə naqilin müqavimətini təyin etməli. Ölçmələri 90 ÷ 100° C-yə kimi davam etdirməli.
4. Alınan nəticələrə görə $R_t = f(t)$ asılılığını qurmalı. Bu məqsədlə absis oxunda Selsi şkalası ilə temperaturu, ordinat oxu üzərində isə müqaviməti götürmək lazımdır.
5. Qrafikdən asılılıq əyrisini ekstrapolyasiya edərək R_0 – müqavimətini təyin etməli.
6. Ölçmələri metal naqilin həm qızma, həm də soyuma prosesləri üçün təkrar etməli.
7. Alınan nəticələri (6) düsturunda yerinə yazıb müxtəlif temperaturlarda α -nın qiymətlərini tapmalı. Sonra α -nın orta qiymətini təyin edib təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 9

MİSİN ELEKTROKİMYƏVİ EKVİVALENTİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: mis elektrodları olan voltmetr, ampermetr, sabit cərəyan mənbəyi, 30±40%-li göy daş məhlulu, reostat, tərəzi, elektrik plitəsi, saniyəölçən, dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Saf mayelər elektrik cərəyanını pis keçirir. Lakin onlara az miqdarda duz, turşu, yaxud qələvi əlavə etdikdə alınan məhlul elektrik cərəyanını yaxşı keçirir. Belə məhlullar elektrolitlər adlanır.

Elektrik keçiriciliyinə malik olan məhlullar elektrolitlər, onların keçiciliyi isə elektrolitik keçiricilik adlanır.

Elektrolitlərə ən yaxşı misal göy daş duzunun sudakı məhluludur.

Elektrolitlərdə yükdaşıyıcılar müsbət və mənfi yüklü ionlardır. Elektrolitdən elektrik cərəyanı keçərkən müsbət ionlar katod, mənfi ionlar isə anod üzərində toplanır. Nəticədə elektrodlar üzərinə maddə ayrılır.

Elektrolitdən elektrik cərəyanı keçərkən elektrod üzərində maddə toplanması hadisəsi elektroliz adlanır. Maddənin elektrodlarda toplanmasının qanunauyğunluqlarını ilk dəfə Faradey kəşf etmiş və özünün elektroliz üçün iki qanununu vermişdir.

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

$$m = kq = kI\Delta t \text{ və ya } k = \frac{m}{q} = \frac{m}{I\Delta t}. \quad (1)$$

Elektroliz zamanı elektrod üzərində ayrılan maddənin kütləsi elektrolitdən keçən yükün miqdarı ilə düz mütənasibdir.

Bu qanuna elektroliz üçün Faradeyin birinci qanunu deyilir.

Elektrokimyəvi ekvivalent ədədi qiymətə, elektrolitdən vahid yük keçdikdə elektrod üzərində ayrılan maddənin kütləsinə bərabərdir.

Elektroliz zamanı elektrod üzərində ayrılan maddənin kütləsini bilərək, elektronun yükünü təyin etmək olar. Bir ionun yükü q_0 , kütləsi m_0 olarsa, onda N ion daşınan zaman elektrodla ayrılan maddənin kütləsi

$m=Nm_0$, yükün miqdarı isə $q=Nq_0$ olar. Maddənin molyar kütləsinin M olduğunu bilərək, sonuncu ifadələrdən

$$m = \frac{q}{q_0} \cdot m_0 = \frac{q}{ne} \cdot \frac{M}{N_A} = \frac{M \cdot I \cdot t}{n \cdot e \cdot N_A}$$

yazmaq olar. Onda elektronun yükü üçün

$$e = \frac{M \cdot I \cdot t}{m \cdot n \cdot N_A} \quad (2)$$

alınır. Burada, n -maddənin valentliyidir. (2) düsturuna görə elektronun yükünü təyin etmək olar. Elementar yükün $e=-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ -ə bərabər olan qiyməti ilk dəfə məhz bu üsulla müəyyən edilmişdir.

Faradeyin II qanunu aşağıdakı kimi ifadə olunur:

Maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti onun kimyəvi ekvivalenti ilə düz mütənasibdir:

$$K = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n} \quad (3)$$

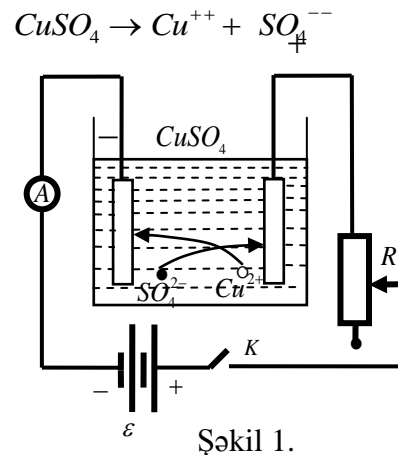
Burada, M/n - maddənin *kimyəvi ekvivalenti* adlanır. F -isə *Faradey sabitidir*:

$$F = e \cdot N_A = 96500 \frac{\text{Kl}}{\text{mol}}$$

Faradey sabiti elektroliz prosesində elektrod üzərində 1 qram ekvivalent maddə ayırmaq üçün lazım olan yükün miqdarına bərabərdir. Təcrübədə ölçmələr aparmaq üçün prinsipial sxemi şəkil 1 -də göstərilən ölçü qurğusundan istifadə olunur.

Təcrübə zamanı içərisinə göy daş məhlulu tökülmüş qaba iki mis elektrod salınır. Elektrodlardan biri anod, digəri isə katod adlanır. Elektrolitdən sabit elektrik cərəyanı keçdikdə göy daş molekulları müsbət, mis ionlarına və mənfi SO_4 ionlarına dissosiasiya edir.

Əgər katoda mənfi potensial, anoda isə müsbət potensial verilsə, 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.

İşin gedişi

1. Mənbənin mənfə qütbünə birləşdirilmiş elektrodu voltmetrdən (məhlul tökülmüş qabdan) çıxarıb qurutduqdan sonra onun kütləsini (m_1) analitik tərəzidə çəkməli.

2. Kütləsi təyin olunmuş katodu elektrolit olan qaba salıb onun sıxacını mənbənin mənfə qütbünə birləşdirməli və ondan 15 ÷ 20 dəqiqə müddətində 0,5 ÷ 0,6 A şiddətində cərəyan buraxmalı.

3. Göstərilən vaxt tamam olduqda katodu məhluldan ehtiyatla çıxarıb onu elektrik plitəsinin üzərində qurutmalı. Qurudulmuş katodun kütləsini (m_2) analitik tərəzidə yenidən təyin etməli.

4. Ölçmənin nəticələrinə görə katod üzərində toplanmış maddənin kütləsini ($m = m_2 - m_1$) təyin etməli.

5. Alınan nəticələri uyğun düsturlarda yerinə yazıb maddənin elektrokimyəvi ekvivalentini, Faradey sabitini və elektronun yükünü hesablamalı.

6. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 10

TERMOCÜTÜN DƏRƏCƏLƏNMƏSİ VƏ ONUN TERMOELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: termocüt, həssas qalvanometr, müqavimətlər mağazası, içərisində su olan qab, elektrik qızdırıcısı, termometr, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

İtalyan alimi Volta müəyyən etmişdir ki, iki müxtəlif metalı bir-birinə toxundurduqda, onların toxunduğu yerdə potensiallar fərqi yaranır. Yaranan potensiallar fərqi müxtəlif metalların toxunan yerində (lehim yerində) əmələ gəldiyindən, ona *kontakt potensiallar fərqi* deyilir. Kontakt potensiallar fərqi müxtəlif metal cütləri üçün fərqli olur. Yaranan kontakt potensiallar fərqi toxunan metallarda elektronların çıxış işləri və metalların vahid həcmində olan sərbəst elektronlarının sayının–konsentrasiyasının müxtəlif olması ilə əlaqədardır. Kontakt zamanı elektronlar çıxış işi az olan metaldan çıxış işi çox olan metala keçir. Keçid prosesi kontaktda yaranan elektrik sahəsi onu tarazlaşdırana qədər davam edir. Tutaq ki, elektronların çıxış işi uyğun olaraq, A_1 və A_2 olan ($A_1 < A_2$) iki müxtəlif metal kontakt edilmişdir. Təbiidir ki, elektronlar çıxış işi az olan metaldan çıxış işi çox olan metala keçəcək. Nəticədə birinci metalda elektron çatışmazlığı, ikinci metalda isə elektron artıqlığı yaranacaqdır. Bu zaman birinci metal müsbət, ikinci metal isə mənfi yüklənəcək və metalların toxunma yerində kontakt potensiallar fərqi yaranacaqdır.

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

Burada A_1 -birinci metaldan, A_2 -ikinci metaldan elektronun çıxış işidir.

Deməli, müxtəlif metal arasında yaranan kontakt potensiallar fərqi metalların çıxış işlərinin fərqi hesabına yaranır. Ona görə də U_{12} -yə *xarici kontakt potensiallar fərqi* deyilir.

$$U_i = \frac{E_{F1} - E_{F2}}{e} \quad (2)$$

Kvant nəzəriyyəsi toxunan müxtəlif metalların bilavasitə kontaktında yaranan daxili kontakt potensiallar fərqi onlardakı elektron

konsentrasiyalarının müxtəlifliyi ilə izah edir. Fərz edək ki, kontakt edilmiş metallarda sərbəst elektronların sayı müvafiq olaraq, n_1 və n_2 -dir ($n_1 > n_2$). 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. Ona görə də, bu metalların toxunduqları yerdə potensiallar fərqi yaranacaqdır. Yaranan potensiallar fərqi hesablamq üçün molekulyar fizikadan məlum olan ağırlıq qüvvəsi sahəsində qaz atomlarının paylanma qanunundan istifadə etmək olar. Ağırlıq qüvvəsi sahəsində qaz atomlarının h hündürlüyündəki n konsentrasiyası Yer səthi yaxınlığındakı n_0 konsentrasiyası ilə

$$n = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}} \quad (3)$$

ifadəsi ilə bağlıdır. Burada, m – atomun kütləsi, g – ağırlıq qüvvəsi təcili, k – Bolsman sabiti, T – qazın bütün nöqtələrində eyni hesab olunan mütləq temperaturu, mgh – kəmiyyəti isə qaz atomunun h – hündürlüyündə və Yer səthi yaxınlığında malik olduğu ($E_1 - E_2$) potensial enerjiləri fərqi. Kontakt edilmiş iki müxtəlif metal halı üçün bu enerjilər fərqi $E_1 - E_2 = eU_1$ olduğundan, onda bu metallar üçün yazmaq olar:

$$n_1 = n_2 e^{-\frac{eU_1}{kT}} \quad (4)$$

Bu ifadəni loqarifmlədikdə, onda daxili kontakt potensiallar fərqi üçün aşağıdakı düstur alınır:

$$U_1 = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_2}{n_1} \quad (5)$$

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 həm də temperaturdan 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. Alınmış bu qanun *Volta qanunu* adlanır. Volta qanunundan aşağıdakı nəticələr çıxır:

1. *İki müxtəlif metalın kontaktı nəticəsində yaranan potensiallar fərqi, metalların kimyəvi tərkibindən və temperaturundan asılıdır.*

2. *Temperaturları eyni olan müxtəlif növ metalların ardıcıl kontaktından alınmış qapalı dövrdə yaranan potensiallar fərqi aralıq metalların kimyəvi tərkibindən deyil, kənar metalların kimyəvi tərkibindən asılıdır.*

İki kontakt yerlərinin temperaturları müxtəlif olduqları halda belə dövrdə e.h.q. yaranır. Meydana çıxan bu e.h.q. temperaturlar fərqi hesabına yarandığından, *termo e.h.q.* də adlandırılır. 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, dövrdə e.h.q. yaranacaqdır. Bu e.h.q.-in qiyməti hər iki kontakt yerində yaranan potensial sıçrayışların cəminə bərabər olduğundan

$$\varepsilon = (U_{1a} - U_{2a}) + (U_{2b} - U_{1b}) \quad (7)$$

olar. Burada:

$$U_{1a} - U_{2a} = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT_1}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} \quad (8)$$

$$U_{2b} - U_{1b} = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT_2}{e} \ln \frac{n_2}{n_1}$$

olduğunu (7)-də nəzərə aldıqda aşağıdakı düstur alınır:

$$\varepsilon = \frac{k}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} \cdot (T_1 - T_2) = l \frac{k}{e} \ln \frac{n_1}{n_2} \cdot \Delta T \quad (9)$$

Verilmiş metallar üçün $(k/e) \ln(n_1/n_2)$ kəmiyyəti sabit olduğundan

$$\varepsilon = \alpha(T_1 - T_2) \quad (10)$$

olar. Burada, ε - *termoelektrik hərəkət qüvvəsi*, α əmsalı isə *diferensial termoelektrik hərəkət qüvvəsi* adlanır və onun işarəsi həm müsbət, həm də mənfi ola bilər. Kontakt yerlərinin temperaturlar fərqi $\Delta T = 1K$ olduqda, $\alpha = \varepsilon$ olar. Yəni, *diferensial termoelektrik hərəkət qüvvəsi ədədi qiymətə kontakt yerlərinin temperaturlar fərqi vahid qədər dəyişdikdə yaranan elektrik hərəkət qüvvəsidir.* (10) ifadəsindən görünür ki, termoelektrik hərəkət qüvvəsi verilmiş metallar üçün yalnız kontakt yerlərinin temperaturlar fərqiindən asılıdır. Bu hadisəni ilk dəfə 1821-ci ildə Zeebek öyrənmişdir. Əgər kontakt edilmiş metallar üçün α sabiti və kontakt

yerlərinin birinin temperaturu məlumdursa, onda dövrdə yaranan ε - e.h.q.-in 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 temperaturlar fərqlinin $100K$ qiymətində, dövrdə yaranan termo e.h.q.-in qiyməti bir neçə millivolta çatır. Belə termocütlərlə əsasən həm yüksək, həm də alçaq temperaturları ölçmək üçün istifadə olunur.

Hazırda həm yüksək, həm də alçaq temperaturları ölçmək üçün termoelektrik hadisələri əsasında hazırlanmış müxtəlif növ termocütlərdən, məsələn, mis-konstantan, dəmir-konstantan, platin-rodium və s. termocütlərdən istifadə olunur. Termocüt hazırlamaq üçün iki müxtəlif metaldan ibarət olan nazik məftil parçasının ucları bir-birinə qaynaq edilir. Onlardan düzəldilmiş qapalı dövrdə cərəyanı ölçmək üçün qalvanometr 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 qalvanometrin göstərişi lehim nöqtələrinin temperaturlar fərqlinə uyğun olaraq tədricən dəyişəcəkdir. Kontaktların temperaturları fərqli olduğu üçün belə dövrdən cərəyan axır. Buna *termoelektrik cərəyanı* deyilir. Bu zaman qalvanometrin göstərişi lehim nöqtələrinin temperaturlar fərqlinə uyğun olaraq tədricən dəyişəcəkdir. Qalvanometrin bölgülərinə uyğun temperaturlar fərqlini qeyd edərək, onların arasındakı asılılığın qrafikini qurmaq olar. *Belə qrafikin qurulması termocütün dərəcələnməsi adlanır.*

Termocütü dərəcələmək və termoelektrik hərəkət qüvvəsini ölçmək üçün istifadə olunan qurğunun prinsipial sxemi 1-ci şəkildə göstərilib. 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.

İşin gedişi

1.Şəkildəki sxemə uyğun olaraq elektrik dövrəsi qurub qabların ilk temperaturlarını qeyd etməli.

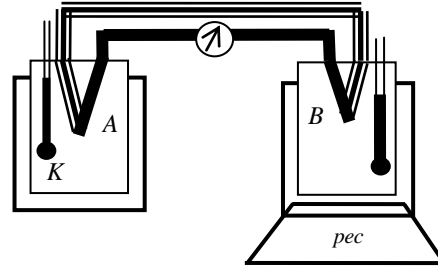
2. *A* qabının temperaturunu (t_0) sabit saxlayaraq, *B* qabını qızdırmalı və hər 5-10 dərəcədən ikinci termometrin t göstərişinə uyğun olaraq qalvanometrin φ_0 göstərişini qeyd etməli.

3. *B* qabının temperaturu $90-95^{\circ}\text{C}$ -yə çatdıqda qızdırıcını söndürüb, soyuma prosesinə uyğun olaraq temperaturu və qalvanometrin göstərişini qeyd etməli.

4. Hər iki hal üçün eyni qrafikdə qalvanometrin göstərişi ε_0 ilə temperaturlar fərqi ($t-t_0$) arasındakı asılılığın qrafikini qurmalı. Qrafikdə qızma prosesinə uyğun nöqtələri bir işarə, soyuma prosesinə uyğun nöqtələri ilə başqa işarə ilə göstərməli.

5. Termoelementin lehim nöqtələrinin temperaturları fərqi müəyyən qiymətində qalvanometrin ε göstərişini qeyd etməli. Sonra həmin temperaturda müqavimətlər mağazasından dövrəyə müəyyən müqavimət (məs. 1 kOm) daxil edib qalvanometrin ε göstərişini qeyd etməli.

6. Təcrübədən alınan qiymətləri (10) düsturunda yerinə yazıb termoelektrik hərəkət qüvvəsini hesablamalı.



Şəkil 1.

LABORATORIYA İŞİ № 11

YERİN MAQNİT SAHƏSİ İNTENSİVLİYİNİN ÜFÜQİ TOPLANANININ TƏYİNİ

Ləvazimat: tangens-qalvanometr, ampermetr, reostat, sabit cərəyan mənbəyi, açar, kommutator (altı sıxaclı açar), birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Təcrübələr göstərir ki, şaquli ox ətrafında sərbəst fırlana bilən maqnit əqrəbi Yerə verilmiş nöqtəsində həmişə müəyyən istiqaməti göstərir. Bu hadisə onunla izah olunur ki, Yerə ətrafında maqnit sahəsi mövcuddur və maqnit əqrəbi sahənin maqnit xətləri boyunca yönəlir.

Yer maqnitinin şimal qütbü cənub yarımkürəsində, cənub qütbü isə şimal yarımkürəsində yerləşir. Yerə şimal coğrafi qütbünə yaxınlaşdıqca Yerə maqnit xətləri üfüqə daha böyük bucaq altında meyil edir və 75° şimal en, 99° qərb uzunluq dairələrində şaquli vəziyyət alaraq Yerə daxil olur.

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

Bəzən Yerə maqnit sahəsinin qəflətən qısamüddətli dəyişməsində maqnit fırtınaları baş verir. Baş verən bu fırtınalar Günəşin aktivliyi ilə əlaqədardır. Günəş fəaliyyəti gücləndiyi zaman onun səthindən fəzaya yüklü zərrəciklər – elektronlar və protonlar seli buraxılır. Hərəkət edən bu zərrəciklərin yaratdığı maqnit sahəsi Yerə maqnit sahəsinə dəyişir və maqnit fırtınası əmələ gətirir. Yer kürəsində elə sahələr mövcuddur ki, orada maqnit əqrəbinin istiqaməti Yerə maqnit xətlərinin istiqamətindən daim meyil edir. Belə sahələrə *maqnit anomaliyası sahələri* deyilir. Ən böyük maqnit anomaliyalarından biri Kursk maqnit anomaliyasıdır. Bu cür anomaliyalara səbəb nisbətən kiçik dərinliklərdə güclü dəmir filizi yataqlarının olmasıdır.

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

Yerin maqnit sahəsi praktikada müxtəlif maqnit ölçmələri ilə öyrənilir.

Yerin ixtiyari nöqtəsində maqnit sahəsinin varlığını nazik sapdan asılmış maqnit əqrəbinin köməylə təyin etmək olar. Belə maqnit əqrəbindən keçən şaquli müstəvi maqnit *meridian müstəvisi*, maqnit meridian müstəvilərinin Yer səthindən görüldüyü nöqtələr *maqnit qütbləri* adlanır. Maqnit meridian müstəvisinin coğrafi meridian müstəvisi ilə əmələ gətirdiyi bucaq isə *maqnit meyil bucağı* adlanır. Maqnit meyil bucağı sıfırdan fərqli olduğuna görə verilmiş nöqtədə maqnit sahəsinin H intensivliyini onun H_0 –üfüqi və H_z – şaquli toplananlarına ayırmaq olar. Bu halda nazik sapdan asılmış və şaquli ox ətrafında fırlana bilən maqnit əqrəbi Yerin maqnit sahəsinin üfüqi toplananının təsiri ilə maqnit meridian müstəvisi üzrə yönəlir. Əgər əqrəbin ətrafında dairəvi cərəyanın maqnit sahəsi yaradılsa, onda maqnit əqrəbi bu sahələrin əvəzləyicisinin istiqamətində yönələcəkdir. Maqnit əqrəbinin dönmə bucağı və dairəvi cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsinin intensivliyinin qiymətinə əsasən Yerin maqnit sahəsinin üfüqi toplananını təyin etmək olar. Yerin maqnit sahəsinin intensivliyinin üfüqi 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.

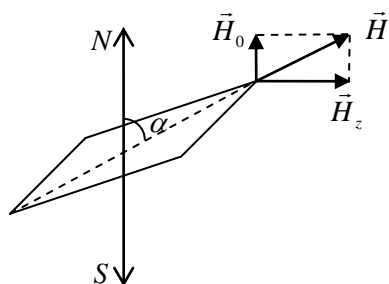
Sarğıdan cərəyan buraxdıqda yaranan maqnit sahəsi maqnit əqrəbinə təsir edərək onu əvvəlki vəziyyətindən α bucağı qədər döndərir. Dairəvi cərəyanın mərkəzdə yaratdığı maqnit sahəsinin intensivliyi sarğı müstəvisinə perpendikulyardır. Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, maqnit meridian müstəvisi ilə maqnit əqrəbi arasındakı bucaqdan istifadə edərək yazmaq olar:

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

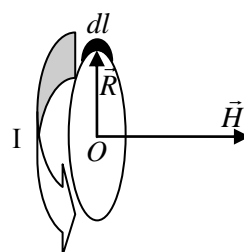
Burada, H_0 – Yerin maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqi toplananı, H_z – isə qalvanometr dolağından keçən dairəvi cərəyanın dolağın mərkəzində yaratdığı maqnit sahəsinin intensivliyidir. Əqrəbin meyil bucağını və dairəvi cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsi intensivliyini bilərək, Yerin maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqi toplananını təyin etmək olar. Radiusu R olan dairəvi cərəyanın mərkəzində yaratdığı maqnit sahəsi intensivliyini hesablayaq (şəkil 2). İstənilən $id\ell$ cərəyan elementi ilə

radius arasındakı bucaq $\theta=90^0$ olduğundan, $\sin\theta=1$ olar. Şəkildən görünür ki, bütün cərəyan elementlərinin mərkəzdə yaratdığı sahə eyni istiqamətdə yönəlidir. Bio-Savar-Laplas qanunundan istifadə edib, cərəyan elementlərinin yaratdığı maqnit sahəsi intensivliyini hesablayaq:

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



Şəkil 1.



Şəkil 2.

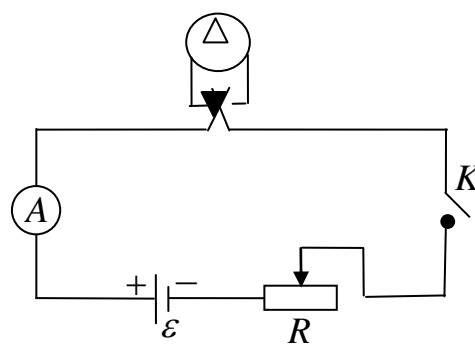
Onda N sargıdan ibarət dolağın mərkəzdə yaratdığı maqnit sahəsi intensivliyi aşağıdakı kimi olar:

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

(3) ifadəsini (1)-də nəzərə aldıqda, Yer in maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqi toplananı üçün aşağıdakı düstur alınır:

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

Bu düstura daxil olan kəmiyyətlərin hamısı təcrübədə ölçülə bilən kəmiyyətlərdir. Onları ölçərək Yer in maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqi toplananını təyin etmək olar. Ölçü aparmaq üçün lazım olan tədqiqat qurğusunun prinsipial sxemi 3-cü şəkildə göstərmişdir.



Şəkil 3.

İşin gedişi

1. Prinsipial sxemi 3-cü şəkildə göstərmiş ölçü qurğusunu 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, maqnit əqrəbi ilk vəziyyətə nəzərən $15-20^0$ meyil etmiş olsun. Bu hal üçün əqrəbin meyil bucağını və cərəyan şiddətini qeyd etməli. Qalvanometrə qoşulmuş çevirici açarla cərəyanın istiqamətini dəyişib, əqrəbin həmin meyilini yaradıb cərəyanın I_2 qiymətini qeyd etməli. Sonra isə $I = (I_1 + I_2)/2$ ifadəsinə görə cərəyanın orta qiymətini hesablamalı.
4. Tangens-qalvanometrın dolaqlarının N sayını, dolağın R radiusunu laboratoriya cədvəlindən götürməli.
5. Alınan nəticələri (3) ifadəsində yerinə yazıb Yerın maqnit sahəsinin intensivliyinin üfüqi toplananı hesablanmalı.
6. Əqrəbin meyil bucağının müxtəlif qiymətləri üçün təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib, H_0 üçün orta qiymət tapmalı.
7. Təcrübəni bir neçə təkrar edib, axtarılan kəmiyyətin orta qiymətini tapıb, təcrübənin mütləq və nisbi xətdərini hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 12

SABİT CƏRƏYAN MƏNBƏYİNİN DAXİLİ MÜQAVİMƏTİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: Tədqiq olunan element, müqavimətlər mağazası, milliampermetr, açar, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Bütün cərəyan mənbələri daxili müqavimət adlanan (r) müqavimətə malikdir. Ona görə qapalı cərəyan dövrəsində dövrənin xarici hissəsində JR , daxili hissəsində isə Jr gərginlik düşgüsü vardır. Qapalı dövrənin xarici və daxili hissələrindəki gərginlik düşüğülərinin cəmi mənbəyin e.h.q-nə bərabər olur.

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

Buradan

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

Bu isə qapalı cərəyan dövrəsi üçün Om qanunun ifadəsidir. Qısa qapanma zamanı birləşdirici naqilin müqaviməti (xarici müqavimət) sifıra yaxınlaşır ($R \rightarrow 0$) və dövrədən maksimumum cərəyan keçir.

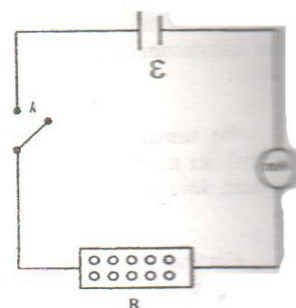
$$I_{\max} = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Bu zaman dövrəyə elektrik qoruyucusu qoşulur ki, birləşdirici naqillər və mənbə sıradan çıxmasın, yalnız qoruyucu, dövrənin mənbədən ayırır.

Qurğunun təsviri

Cərəyan mənbəyinin və həmçinin müxtəlif elementlərin daxili müqavimətini təyin etmək üçün, cərəyan mənbəyi müqavimətlər mağazası, milliampermetr və açardan ibarət dövrəni nəzərdən keçirək (şəkil 1).

Dövrəyə müqavimətlər mağazasından R_1 daxil etsək, onlardan uyğun olaraq I_1 və I_2 cərəyanları keçəcək.



Şəkil 1.

Milliampermetrin daxili müqaviməti R_d çox-çox kiçik olduğundan onu nəzərə almırıq. Onda hər iki hala uyğun qapalı dövrə üçün Om qanununu yazaq:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon &= I_1(R_1 + r) \\ \varepsilon &= I_2(R_2 + r) \end{aligned} \right\}$$

By iki bərabərliyin müqayisəsindən daxili müqaviməti (r) tapa bilərik

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

Buradan

$$r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$$

İşin gedişi

1. Şəkildə göstərilən elektrik dövrəsini yığmalı.
2. Müqavimətlər mağazasından dövrəyə növbə ilə müəyyən R_1 və R_2 müqavimətlərini daxil edib, uyğun olaraq I_1 və I_2 cərəyan şiddətlərini qeyd etməli.
3. Təcrübəni 5-6 dəfə təkrar edib, alınan nəticələr əsasında r -in 5-6 qiymətini düstura əsasən hesablayırıq.
4. Ölçmələrin orta qiymətini təyin edib, mütləq və nisbi xəталarını hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 13

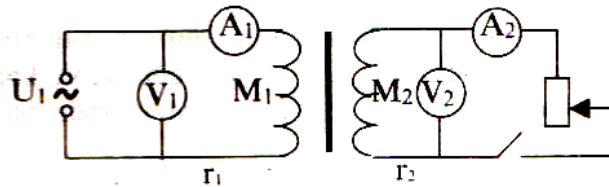
TRANSFORMATORUN TRANSFORMASIYA VƏ FAYDALI İŞ ƏMSALININ TƏYİNİ

Ləvazimat: transformator, dəyişən cərəyan ampermetri və voltmetri. dövrə qurmaq üçün naqillər, açarlar.

Qısa nəzəri məlumat

Transformator bir-biri ilə elektrik rəbitəsi olmayan iki dolaqdan və həmin dolaqlar üçün ümumi olan qapalı dəmir içlikdən ibarətdir. Dəmir içlik qapalı maqnit dövrəsi təşkil edir və beləliklə də dolaqlar arasındakı qarşılıqlı induksiya rəbitəsi qüvvətləndirir.

Ən sadə transformatorun işləmə prinsipi 1-ci şəkildə göstərilmiş sxemdən aydın görünür.



Şəkil 1.

Burada dolaqlardan mənbə ilə əlaqədar olanına birinci dolaq deyilir və bu dolağın bütün kəmiyyətlərinə 1 indeksi qoyulur. İşlədici ilə birləşmiş dolağa ikinci dolaq deyilir və bu dolağın bütün kəmiyyətlərinə 2 indeksi yazılır. Transformatorun birinci dolağı gərginliyi U_1 olan dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulduqda bu cərəyanın yaratdığı maqnit seli ikinci dolaqdakı sarğıları kəsdiyindən bu dövrdə U_2 gərginliyi və buna uyğun induksiya cərəyanı yaradır.

Əgər transformatorun gərginliyi yüksəltmək məqsədi ilə istifadə edilərsə, o zaman onun birinci dolağı alçaq gərginlik mənbəyinə qoşulmalıdır; belə transformator yüksəldici transformator deyilir. Əgər Transformator, birinci dolağına tətbiq edilmiş yüksək gərginliyi alçaltmalıdırsa, ona alçaldıcı transformator deyilir. Bu səbəbdən transformatorun dolaqlarına birinci dolaq və ikinci dolaq adlarından əlavə, alçaq gərginlik və yüksək gərginlik dolaqları da deyilir.

Transformatorun birinci tətbiq olunmuş U_1 dəyişən gərginliyi bu dolaqda dəyişən i_1 cərəyanı yaradır. Bu cərəyan dəmir içlikdə dəyişən maqnit seli əmələ gətirir. Həmin maqnit seli, dəmir içlik içərisində

qapandığına görə bu içliyin hər iki qoluna sarınmış dolaqlarda uyğun olaraq ε_1 və ε_2 induksiya e.h.q. yaradır. ikinci dolağın dövrəsi işlədici vasitəsi ilə qapandıqda bu dövradən i_2 cərəyanı keçməyə başlayır. Beləliklə, transformatorun birinci dolağından ikinci dolağın P_2 gücü köçürülür.

Transformatorun yüksək işləmə rejimi onun ikinci dövrəsinin açıq olması halına deyilir. Yüksüz işləyən transformatorun birinci dolağından keçən I_{10} cərəyanına transformatorun yüksüz işləmə cərəyanı deyilir.

Həmin transformatorun yaratdığı maqnit seli $\Phi = \Phi_0 \sin \omega t$ qanunu ilə dəyişir. Burada ω - dəyişən cərəyanın tezliyidir, Φ_0 isə maqnit selinin maksimal (amplitud) qiymətidir.

Bu maqnit selinin dəmir içlikdə dəyişməsi nəticəsində hər iki dolaqda induksiyalanan elektrik hərəkət qüvvələrinin ani qiymətləri

$$\varepsilon_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{və} \quad \varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

olur.

Burada N_1 və N_2 uyğun olaraq birinci və ikinci dolaqlardakı sarğların sayıdır. Yüksüz işləmə rejimi üçün $U_1 \approx \varepsilon_1$ və $U_2 \approx \varepsilon_2$ olur.

Transformatoru xarakterizə edən kəmiyyətlərdən biri transformasiya əmsalıdır. $K = \frac{U_2}{U_1}$ nisbətində transformatorun transformasiya əmsalı deyilir.

Transformatorun yüksüz işləmə rejimində

$$K = \frac{U_2}{U_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (1)$$

Transformatorlarda enerji itgisi az olduğundan, yüklənmiş transformator üçün birinci və ikinci dolaqlardakı gücləri təxminən bərabər qəbul etmək olar.

$$i_1 U_1 = i_2 U_2$$

burada

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{i_1}{i_2} \quad (2)$$

Onda transformasiya əmsalını

$$K = \frac{U_2}{U_1} \approx \frac{i_1}{i_2}$$

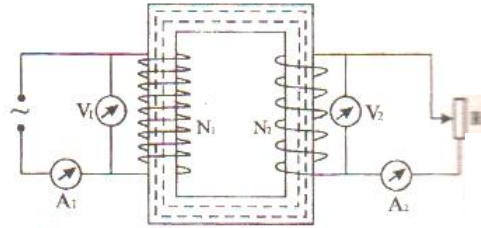
Kimi yazmaq olar. (1) və (3) ifadələrindən görüldüyü kimi, alçaldıcı transformator üçün $K < 1$ olur.

Transformatorun ikinci dövrəsindəki gücü (P_2) birinci dövrəsindəki gücə (P_1) olan nisbətində transformatorun faydalı iş əmsalı (η) deyilir. Onda

$$\eta = \frac{U_2 i_2}{U_1 i_1} = \frac{P_2}{P_1} \quad (4)$$

İşin gedişi

1. Dövrəni şəkil 2-də göstəriləni kimi qurmalı.
2. Birinci dolağı dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşub ampermetrin i_1 və voltmetrin U_1 göstərişini qeyd etməli.
3. İkinci dolağın dövrəsində də uyğun olaraq i_2 və U_2 -ni qeyd etməli.
4. U_1 və U_2 üçün alınan qiymətləri (1) və (3) düsturunda yazaraq transformatorun transformasiya əmsalını hesablamalı.
5. i_1, U_1 və i_2, U_2 -nin təcrübədən tapılan qiymətlərini (4) ifadəsində yerinə yazaraq transformatorun f.i.ə. -nı hesablamalı.
6. R reostatı ilə müqaviməti dəyişməklə dövrədəki cərəyan şiddətinin və gərginliyin başqa qiymətləri üçün bir neçə dəfə təkrar edərək K-nı və η -nı hesablamalı.



Şəkil 2

LABORATORIYA İŞİ № 14

ÖZ-ÖZÜNƏ İNDUKSIYA ƏMSALININ JUBER ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: induktiv makara, dəmir nüvə, dəyişən cərəyan ampermetri, dəyişən cərəyan voltmetri, reostat, açar və dövrə qurmaq üçün naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Ümumi fizika kursundan məlumdur ki, makaranı sabit cərəyan dövrəsinə daxil etdikdə onun müqaviməti makaranın formasından asılı olmayıb, yalnız hazırlandığı naqilin uzunluğu, en kəsiyinin sahəsi və xüsusi müqavimətindən asılıdır. Naqillərin belə müqavimətləri omik müqavimət adlanır. Lakin müəyyən omik müqaviməti olan makardan dəyişən cərəyan keçdikdə, onun ətrafında dəyişən maqnit seli yaranır və bu sel makaranı kəsdiyindən dəyişən induksiya e.h.q. yaradır. Buna öz-özünə induksiya hadisəsi deyilir.

Faradey qanununa görə öz-özünə induksiya e.h.q.-si cərəyanın dəyişmə sürəti ilə mütənasibdir:

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

Burada L-makaranın induktivliyi, $\frac{dI}{dt}$ - cərəyan şiddətinin dəyişmə sürətidir. Mənfi işarəsi induksiya cərəyanının istiqamətini təyin edən Lens qaydasını əks etdirir.

Təcrübələr göstərir ki, dəyişən e.h.q.-nin yaranması nəticəsində makaranın ümumi müqaviməti omik müqavimətinə nisbətən böyük olur. Əgər tezliyi f olan dəyişən cərəyan dövrəsinə omik müqaviməti R və öz-özünə induksiya əmsalı L olan makara daxil edilərsə, dövrədən keçən cərəyan şiddətinin effektiv qiyməti Om qanununa görə

$$I_{ef} = \frac{U_{ef}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

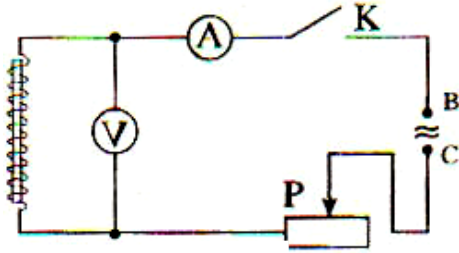
düsturu ilə hesablanır. (2) düsturu tam dövrə üçün Om qanunu ilə müqayisə edilərsə, məxrəcdəki ifadə dövrənin tam müqavimətini xarakterizə edir. Tam müqaviməti Z ilə işarə edək:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

Burada ω -dəyişən cərəyanın dairəvi tezliyi olub

$$\omega = 2\pi f \quad (4)$$

Düsturu ilə hesablanır. Biz araşdırdığımız dövrə üçün R-tədqiq olunan hissənin (makaranın) omik müqavimətidir. $L\omega$ - isə dəyişən cərəyan dövrəsində makara qoşulmuş hissədə müqaimət rolu oynadığına görə buna induktivliyin zahiri və ya makaranın reaktiv müqaviməti deyilir. Çox vaxt sadəcə olaraq $x_L = \omega L$ -ya induktiv müqavimət deyilir. Əgər dövrədən sabit cərəyan keçərsə $\omega = 0$ olar və makaranın induktiv müqaviməti müşahidə olunmaz. (3) ifadəsindən öz-özünə induksiya əmsalı



Şəkil 1.

dəyir. Əgər dövrədən sabit cərəyan keçərsə $\omega = 0$ olar və makaranın induktiv müqaviməti müşahidə olunmaz. (3) ifadəsindən öz-özünə induksiya əmsalı

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega}$$

və ya

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{2\pi f}$$

Olar. Son ifadədən görünür ki, öz-özünə induksiya əmsalını tapmaq üçün makaranın omik müqavimətini, dəyişən cərəyan keçərkən malik olduğu tam müqaviməti və dəyişən cərəyanın tezliyini bilmək lazımdır.

Makaranın omik müqaviməti, dövrədən sabit cərəyan keçərkən, cərəyan şiddəti və makaranın uçlarındakı potensial fərqi ölçməklə Om qanununa əsasən

$$R = \frac{U}{I} \quad (6)$$

ifadəsindən tapılır.

Dövrədən dəyişən cərəyan keçdiyi halda da tam müqaviməti tapmaq lazımdır. Bunun üçün dəyişən cərəyan ampermetri və voltmetri ilə dövrədəki cərəyan şiddətinin effektiv və gərginliyin effektiv qiymətini ölçüb

$$Z = \frac{U_{ef}}{I_{ef}}$$

ifadəsində yerinə yazmaq olar.

İşin gedişi

1. Dövrənin şəkili 1-də göstərildiyi kimi qurmalı. Laboratoriya rəhbəri dövrənin yoxladıqdan sonra B və C nöqtələrini şəhər şəbəkəsi ilə birləşdirməli, reostat vasitəsilə cərəyan şiddətini dəyişdirərək, bir neçə dəfə voltmetrin və ampermetrin göstərişlərini qeyd etməli.

2. Təcrübəni bir neçə dəfə dəmir nüvə ilə, bir neçə dəfə nüvəsiz təkrar etməli.

3. Kombinə olunmuş MTB tipli körpü vasitəsi ilə sarğının omik müqavimətini dəqiq təyin etməli. Kombinə olunmuş MTB körpüsü olmayan hallarda, omik müqaviməti başqa üsullarla ölçmək mümkündür.

4. Şəhər şəbəkəsi tezliyinin $f=50$ Hz olduğunu nəzərə alaraq (5) düsturuna əsasən induktivlik əmsalını və təcrübənin nisbi xətasını hesablamalı

LABORATORİYA İŞİ № 15

ELEKTRİK ENERJİSİNİN İSTİLİK EKVİVALENTİNİN TƏYİNİ

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

Qısa nəzəri məlumat

Naqillərdən cərəyan axan zaman hərəkət edən elektronlar kristal qəfəsin düyünlərində rəqsi hərəkət edən ionlarla toqquşur. Bu zaman əlavə enerji alan ionların rəqsi hərəkətinin orta kinetik enerjisi artır və elektrik cərəyanının işi istiliyə çevrilir.

Deməli, elektrik cərəyanının τ müddətində gördüyü iş ekvivalent miqdarda istilik enerjisinə çevrilir. İstilik miqdarını Q ilə işarə etsək, enerjinin saxlanma qanununa görə

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

yazmaq olar, burada k sabit kəmiyyət olub, elektrik enerjisinin istilik ekvivalenti adlanır. (1) ifadəsindən k -ni tapaq:

$$k = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Əgər $A = 1C$ olarsa, $k = Q$ olar. Yəni, $1C$ elektrik enerjisi sərf olunduqda, naqildə ayrılan istilik miqdarı elektrik enerjisinin istilik ekvivalentinə bərabərdir.

Naqildən ayrılan istilik miqdarı kalorilərlə ifadə olunarsa, k -nın ölçü vahidi kal/C olacaqdır, 1 kalori 1 qram təmiz suyu 1°S qızdırmaq üçün lazım olan istilik miqdarıdır.

Təcrübədə k -ni təyin etmək üçün kalorimetrik üsuldən istifadə edilir.

Qurğunun təsviri

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

Sistemə verilən istilik miqdarı suyun və kalorimetrin t_1 dərəcədən t_2 dərəcəyə qədər qızmasına sərf olunur. Onda istilik balans tənliyi aşağıdakı kimi olar:

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

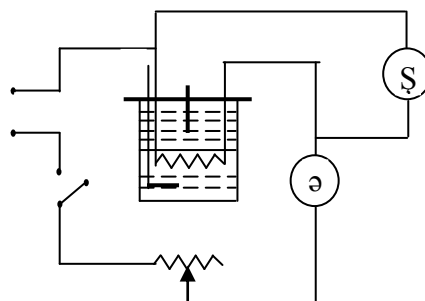
Burada, M - kalometrin qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsi, c_2 - kalorimetrin xüsusi istilik tutumu, c_1 - suyun xüsusi istilik tutumu, m - kalorimetrdəki suyun kütləsidir.

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

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

İşin gedişi

1. Sxemi şəkil 1-də göstərilmiş dövrə qurmalı.
2. Kalorimetrin daxili qabının qarışdırıcı ilə birlikdə kütləsini (M) tərəzidə təyin etməli.
3. Kalorimetrin daxili qabına spirali örtə biləcək miqdarda su töküüb, 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-reostatı ilə dövrdə cərəyanı tənzim edib, saniyəölçəni işə salmalı.
6. Dövrdəki cərəyan şiddətini (I) və spiralın uclarındakı potensiallar fərdini (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.



Şəkil

- 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 taparaq, mütləq və nisbi xətalara hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 16

YARIMKEÇİRİCİLƏRİN MÜQAVİMƏTİNİN TEMPERATUR ASILILIĞININ TƏDQIQI

Ləvazimat: Sabit cərəyan körpüsü, qızdırıcı, açar, tədqiq olunan yarımkeçirici nümunə, termometr, LATR (avtotransformator), ampermetr, birləşdirici naqillər.

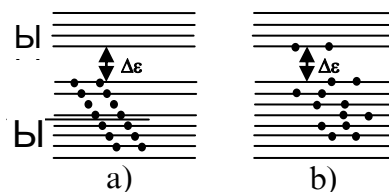
Qısa nəzəri məlumat

Metallarla yanaşı olaraq elə maddələr vardır ki, onlar da metallar kimi elektron keçiriciliyinə malikdir və onlarda yükdaşıyıcıların konsentrasiyası temperaturun artması ilə kəskin artır. Belə maddələr alçaq temperaturda da çox böyük müqavimətə malikdir və praktiki olaraq izolyatordur, lakin temperaturun artması ilə onların xüsusi müqaviməti kəskin sürətdə azalır və kifayət qədər yüksək temperaturlarda kiçik qiymət alır. Belə maddələr **yarımkeçiricilərdir**.

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

Yarımkeçiricilərin keçiriciliyi zona nəzəriyyəsinə görə çox yaxşı izah olunur.

1-ci şəkildə mütləq sıfır temperaturda məxsusi yarımkeçiricinin enerji zonaları göstərilmişdir: dolu valent zonasından yuxarıda tamamilə boş zona yerləşmişdir. Müəyyən xarici təsir altında elektronlar I valent zonasından II sərbəst və ya keçirici zonaya keçir. Digər tərəfdən elektronların bir hissəsini itirmiş I zonası da artıq dolmamış qalır. Belə zonaların yaranması nəticəsində maddə özünü keçirici kimi aparır (şəkil 1, b).



Şəkil 1.

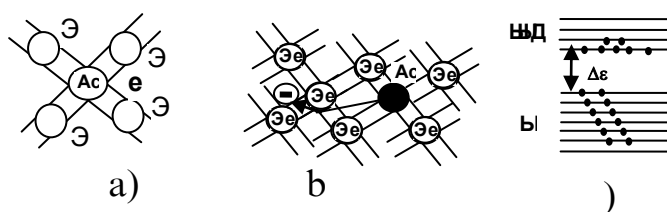
Yarımkeçiricilərin əsas xüsusiyyət ondan ibarətdir ki, onlarda elektrik yükdaşıyıcıları xarici təsir nəticəsində yaranır. Belə xarici təsirlərə misal olaraq temperaturu, şüalanmanı, qüvvətli elektrik sahəsini və s. göstərmək olar. Yarımkeçicilərdə keçiriciliyin yaranması üçün I

valent zonasındaki elektronlara $\Delta\varepsilon_0$ əlavə enerjini vermək lazımdır ki, onlar yuxarı zonaya keçə bilsin. Bu enerji **aktivləşmə enerjisi** adlanır.

Yarımkəçiricilərdə iki növ - mənfi və müsbət yükdaşıyıcılar yarandığına görə onlar elektron və deşik keçiriciliyinə malikdir.

Yarımkəçiricilərin keçiriciliyi onlara vurulan aşqarlardan kəskin sürətdə asılıdır. Məsələn, silisiyuma yalnız 0,001% bor əlavə etdikdə onun keçiriciliyi otaq temperaturunda 1000 dəfə artır.

Yarımkəçiricilərdə aşqarın yaratdığı keçiriciliyə **aşqar keçiriciliyi** deyilir, Belə yarımkəçiricilər isə **aşqar yarımkəçiricilər** adlanır.

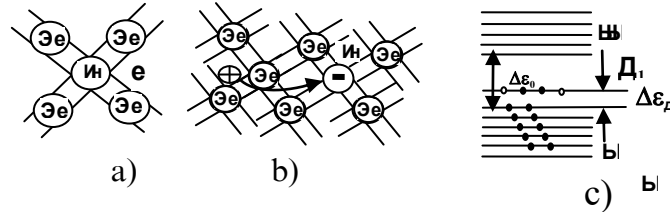


Şəkil 2.

Aşqarların yarımkəçiricinin keçiriciliyinə təsirini müəyyən etmək üçün Ge-a 5 valentli As və 3 valentli In, aşqarını vuraq. Ge –un fəza qəfəsi almazın fəza qəfəsinə oxşardır. Belə qəfəsdə 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 (şəkil 2, a). As atomunun 5-ci elektronu valent əlaqəsində iştirak etmir.

Zona nəzəriyyəsinə görə bu proses belə izah olunur: Ge kristalına Asaşqarlarının vurulması nəticəsində Ge-un valent zonası ilə keçirici zonası arasında As-in valent elektronlarının lokal enerji səviyyəsi D yaranır (şəkil 2, c). Bu səviyyə keçirici zonanın alt hissəsindən $\varepsilon_d=0,015$ eV məsafədə yerləşir və **donor səviyyəsi** adlanır. Donor (aşqar) səviyyəsində olan elektronlara $E_d=0,015$ eV enerji verdikdə onlar keçirici zonaya keçir. Donor səviyyəsindəki ε_d elektronların həyəcanlanma enerjisi Ge –un məxsusi elektronlarının $\Delta\varepsilon_0$ həyəcanlanma enerjisindən təxminən iki tərtib kiçik olduğundan bu yarımkəçiricini qızdırdıqda əvvəlcə aşqar atomları həyəcanlanacaq və bunun nəticəsində onların konsentrasiyası məxsusi elektronların konsentrasiyasından çox olacaqdır. Buna görə də alınan nümunənin keçiriciliyi əsas etibarlı ilə aşqar elektronların hesabına olacaqdır. Elektron keçiriciliyi yaradan aşqarlar **donor** adlanır.

İndi isə fərz edək ki, Ge-un fəza qəfəsindəki Ge –atomlarının bəziləri 3 valentli In –atomları ilə əvəz olunmuşdur (şəkil 3). Həmin qəfəsdəki 4 yaxın qonşu atomla valent əlaqəsi yaratmaq üçün **In** atomunun 1 elektronu çatmır. Həmin elektronu Ge atomundan almaq olar. Hesablamalar göstərir ki, bunun üçün $\Delta\varepsilon_d=0,015$ eV enerji sərf etmək lazımdır.



Şəkil 3.

Bu zaman yaranan deşik (şəkil 3.) bir yerdə qalmayıb, Ge –un fəza qəfəsində sərbəst müsbət yük kimi hərəkət edir. Şəkil 3, c –də içərisində In aşqarı olan Ge –un enerji zonası göstərilmişdir. Valent zonasının yuxarı hissəsində ondan $\Delta\varepsilon_d=0,015$ eV məsafədə atomların dolmamış enerji səviyyələri yerləşmişdir. Bu səviyyələrin valent zonasına çox yaxın olması nəticəsində nisbətən alçaq temperaturlarda belə elektronlar valent zonasından D_1 səviyyəsinə keçir. Yarımkəçiricilərin valent zonasından elektron alan səviyyə **aşqar akseptor** adlanır. Belə aşqarların enerji səviyyəsi isə **akseptor səviyyə** adlanır. Aşqarlar isə **akseptorlar** adlanır.

Yuxarıda dediklərimizdən aydın olur ki, yarımkəçiricilərin keçiriciliyi temperaturdan kəskin asılıdır. Yarımkəçiricinin xüsusi keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı aşağıdakı kimi

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta\varepsilon_0}{2kT}} \quad (1)$$

ifadə olunur. Burada $\Delta\varepsilon_0$ – aktivləşmə enerjisi, k -Bolsman sabiti, T - mütləq temperaturdur. (1) düsturundan görüncü kimi, $T \rightarrow \infty$ olduqda $\sigma \rightarrow \sigma_0$ olar. Yəni σ_0 , yarımkəçiricinin temperaturu sonsuz böyük artdıqda yaranan keçiricilikdir.

Keçiriciliyin temperatur asılılığını loqarifmik qiymətlərlə ifadə etmək daha məqsədə uyğundur. (1) ifadəsini loqarifmalasaq, alarıq:

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \Delta\varepsilon_0 / kT \quad (2)$$

Absis oxu üzərində $1/kT$ –ni ordinat oxu üzərində isə $\ln \sigma$ –ni qeyd etməklə, (2) asılılığını qursaq, alınan düz xətt ordinat oxundan $\ln \sigma_0$ - a

bərabər olan parça ayırır. Bu düz xəttin absis oxuna meyil bucağının tangensi yarımkeçiricinin aktivləşmə enerjisinə bərabərdir. Belə asılılıq qurmaqla σ_0 sabitini və qadağan olunmuş zonanın enini təyin etmək olar. Praktikada əsasən keçiricilikdən deyil, xüsusi müqavimətdən istifadə olunur:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Bu münasibəti (1)-də nəzərə alsaq onda

$$\rho = \rho_0 e^{\frac{\Delta\varepsilon_0}{kT}} \quad (3)$$

olar. Bu ifadənin köməyi ilə yarımkeçirici nümunənin müqavimətini hesablaya bilərik:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}$$

Burada ℓ nümunənin uzunluğu, S onun en kəsiyinin sahəsidir.

Deməli,
$$R = R_0 e^{\frac{\Delta\varepsilon_0}{kT}} \quad (4)$$

Bu ifadədən görünür ki, yarımkeçiricilərin müqaviməti temperaturun artması ilə eksponensial qanunla azalır.

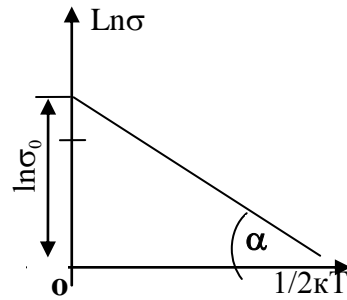
(4) ifadəsindən istifadə edərək qadağan olunmuş zonanın eninin (aktivləşmə enerjisini) hesablamaq olar. Bu məqsədlə (4) ifadəsini loqarifmalayaq

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{\Delta\varepsilon_0}{2kT} \quad (5)$$

$\ln R$ -in $1/T$ asılılıq qrafikini qurmaqla asılılığın meyil bucağına görə $\frac{\Delta\varepsilon_0}{2k}$ -ni təyin edib, oradakı aktivləşmə enerjisini hesablamaq olar (Şəkil 4.). Amma praktikada adətən $\lg R$ -in $1000/T$ -dən asılılıq qrafiki qurulur və asılılığın meyil bucağının tangensinə görə

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta(1gR_2 - 1gR_1)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$$

qiymətlərinə görə aktivləşmə enerjisi elektron voltlarla tapılır.



Şəkil 4.

İşin gedişi

1. Ölçü sxemini yığmalı. Sxem yoxlandıqdan sonra tədqiq olunan nümunə qızdırıcıya daxil edilir. Sonra isə sabit cərəyan körpüsünün köməyi ilə otaq temperaturunda yarım keçirici nümunənin müqaviməti ölçülür.

2. Bundan sonra qızdırıcını dövrəyə daxil edib, nümunə qızdırıb hər $5-10^{\circ}\text{C}$ –dən bir sabit cərəyan körpüsünün köməyi ilə nümunənin müqavimətini ölçməli.

3. Ölçməni aktiv $100-150^{\circ}\text{C}$ temperatura qədər davam etdirib, $R_t=f(t)$ asılılığını qurmalı.

4. $\sigma = \frac{\ell}{RS}$ düsturu vasitəsilə müxtəlif temperaturalarda yarım keçirici nümunənin keçiriciliyini hesablamalı.

5. $\ln R$ -in $1/T$ asılılığını qurmalı və həmin qrafikdən alınan düz xəttin meyilinə əsasən yarım keçiricinin aktivləşmə enerjisini təyin etməli.

6. Təcrübənin mütləq və nisbi xətlərini hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 17

TERMOELEKTRON EMİSSİYA QANUNLARININ YOXLANILMASI VƏ ELEKTRONUN ÇIXIŞ İŞİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: Transformator, düzləndirici, alçaq və yüksəkölçülü reostat, ampermetrlər, sabit cərəyan mənbəyi, voltmetrlər, 2U, 2C tipli diod, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Metal daxilində sərbəst elektronlar nizamsız istilik hərəkətində olmalarına baxmayaraq adi aşağı temperaturlarda metallı tərk edə bilmirlər. Metal səthinin yaxınlığında sərbəst elektronun metaldan çıxmasına maneçilik törədən potensial çəpər mövcuddur. Elektronun metallı tərk etməsi üçün bu potensial çəpərin yaratdığı ləngidici elektrik sahəsini keçməlidir. Metaldə müəyyən sayda elektronlar vardır ki, onların kinetik enerjiləri metal səthini bir neçə atomlararası məsafə tərtibində tərk etməsinə imkan verir. Nəticədə metal səthində elektron buludu yaranır. Bu elektron buludu qəfəsin müsbət yüklü ionlarının xarici səthi ilə birlikdə iki qat təbəqə yaradır. İkiqat təbəqə metal səthindən elektronların sonrakı qopmasına maneçilik törədir və elektrona təsir edən qüvvələr metal daxilində yönəlir.

Elektronun metallı tərk etməsi üçün o ikiqat təbəqədə qəfəsin düyünlərində yerləşən müsbət yüklərin enerjisi cazibə qüvvəsinə üstün gəlməlidir. Bunun üçün elektron müəyyən iş görməlidir. Bu görülən işə, elektronun **metaldan çıxış işi** deyilir. İkiqat təbəqədəki potensiallar fərqi $\Delta\phi$ olarsa çıxış işini

$$A=e\Delta\phi$$

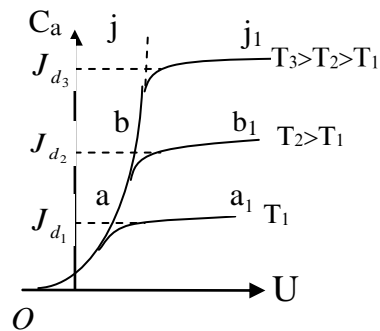
kimi yazmaq olar. Çıxış işi adətən elektron voltlarla (eV) ölçülür. Çıxış işi metalın növündən, səthindən hamarlığından və təmizliyindən asılıdır. Verilmiş metal səthini digər maddə qatı ilə örtməklə çıxış işini dəyişmək olar. Məsələn, volframın (W) səthinə Ca, Ba, Sr oksidlərindən nazik təbəqəyə çəkdikdə onun çıxış işi 4,5eV –dan 1,5-2eV-ə qədər azalır. Çıxış işi metalın temperaturundan da asılıdır.

Metal daxilində sərbəst elektronun vakuuma nəzərən potensial enerjisi mənfəi olub $-e\Delta\phi$ -yə bərabərdir. Metal həcmində sərbəst elektronlar üçün dərinliyi çıxış işinə bərabər olan potensial çuxur kimi təsvir etmək olar.

Elektronun metalı tərək etməsi üçün ona müəyyən qədər enerji vermək lazımdır. Bu enerji elektronu müxtəlif üsulla, metalı qızdırmaqla (termoelektron emissiyası), onun üzərinə üşiq salmaqla (fotoelektron emissiya) güclü xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə (avtoelektron və ya soyuq emissiya) və.s. etmək olar.

Qızdırılarkən metalların özündən elektron buraxması hadisəsinə **termoelektron emissiya hadisəsi** deyilir. Bütün vakuum cihazlarının iş prinsipi termoelektron emissiya hadisəsinə əsaslanmışdır.

Termoelektron emissiya hadisəsinə iki elektrodlu elektron lampasında – diodda daha yaxşı müşahidə etmək olur. Diod havası sorulmuş şüşə borudan və onun içərisində yerləşmiş iki elektrod - anod və katoddan ibarətdir. Katod nazik metal məftildir və ayrıca batareyə vasitəsilə qızdırılır. Qızdırılmış katoddan qopan elektronları anodla katod arasında yaradılan potensial fərqi nizamlı hərəkətə gətirərək elektrik cərəyanı yaradır.



Şəkil 1.

Lampadan keçən cərəyan anod cərəyanı (C_a), anodla katod arasındakı potensial fərqi isə anod gərginliyi (U_a) adlanır. İki elektrodlu elektron lampasında anod cərəyanının anod gərginliyindən asılılığı lampanın **Volt-ampere xarakteristikası** adlanır.

Verilmiş temperaturda anod gərginliyini artırıdığca ondan asılı olaraq anod cərəyanı da artır. Lakin bu asılılıq qeyri xəttidir. Deməli, elektron lampası Om qanununa tabe olmayan naqıl nümunəsidir (şəkil 1.). Anod gərginliyinin müəyyən qiymətində anod cərəyanı verilmiş hal üçün özünün maksimum qiymətinə çatır. Gərginliyin sonrakı artımı anod cərəyanının qiymətinə təsir göstərmir. Bu şəkil 1-də Oaa_1 əyrisi kimi göstərilmişdir. Xarakteristikanın oa hissəsindəki qeyri xəttilik anod və katod fəzada yaranan fəza (həcmi) yükləri ilə bağlıdır.

Katodun verilmiş temperaturunda anod cərəyanının mümkün ən böyük qiyməti xarakteristikanın Oa hissəsinə uyğun **doyma cərəyanı** adlanır və C_a ilə işarə olunur.

Doyma cərəyanı rejimində vahid zamanda yaranan termoelektronların hamısı anod üzərinə düşərək elektrik keçiriciliyində iştirak edirlər. Doyma cərəyanını artırmaq üçün katoddan qopan elektronların sayını artırmaq lazımdır. Közərmə telinin temperaturunu artırıdığca katoddan

vahid zamanda qopan elektronların sayı artır. Ona görə də anod gərginliyinin sonrakı artımı anod cərəyanının artmasına səbəb olur.

Doyma cərəyanının qiyməti müxtəlif temperaturlarda müxtəlif olur və o, katodun temperaturu artdıqca kəskin şəkildə artır (şəkil 1-də Obb_1 və Ojj_1 əyriyələri). Diodun anod cərəyanının anod gərginliyindən asılılığı Boquslavski və Lenqmuyer tərəfindən nəzəri olaraq aşağıdakı kimi müəyyən edilmişdir.

$$J = cU^{3/2} \quad (1)$$

burada, J -mütənasiblik əmsalı olub, elektrodların qarşılıqlı vəziyyətlərindən forma və ölçülərindən asılıdır. Elektrodları koaksial silindr formalı olan iki elektrodlu elektron lampası üçün:

$$C = \frac{2\sqrt{2}}{9} \frac{\ell}{r\beta^2} \sqrt{\frac{e}{m}}$$

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 $2U, 2J$ tipli lampa üçün $r=0,95\text{sm}$, $\beta^2=0,98$, $l=0,9\text{sm}$ götürülməlidir.

Şəkil 1-də $oabj$ əyrisini ifadə edən (1) düsturu Boquslavski-Lenqmuer qanunu və yaxud « $3/2$ qanunu» adlanır. (1) ifadəsinin hər iki tərəfini loqarifmalasaq, alarıq:

$$\ln J_a = \ln C + \frac{3}{2} \ln U_a \quad (2)$$

Deməli, $\ln J_a = f(\ln U_a)$ asılılığı xətti asılılıqdır. Bu asılılığı onun bucaq əmsalını təyin etməklə ($3/2$) qanununun doğruluğunu təcrübədə yoxlamaq olar. Doyma cərəyanı termoelektron emissiyasını xarakterizə edən kəmiyyətdir. Doyma cərəyanı sıxlığının T temperaturdan asılılığı kvant statistikasına əsasən nəzəri olaraq alınmış Riçardson-Dyeşman düsturu ilə ifadə olunur:

$$j_\alpha = AT^2 e^{-\frac{eU}{kT}} \quad (3)$$

burada, eU -elektronun metaldan çıxış işi, T mütləq temperatur, A -nəzəri olaraq bütün metallar üçün eyni olan sabitdir. Təmiz metallar üçün nəzəri

olaraq A sabitinn qiyməti $A = 1,2 \cdot 10^6 \frac{A}{m^2 \cdot K^2}$ alınmışdır. Qeyd edək ki, bu nəzəri qiymət təcrübi qiymətdən iki dəfə çoxdur.

Riçardson–Dyeşman düsturundan doyma cərəyanının temperatur asılılığı şəkil 2-də verilmişdir. Bu qrafik təcrübədə nəlinmiş əyriylə çox yaxşı uzlaşır.

(2) düsturunun hər iki tərəfini loqarifləməqlə

$$\ln j_{\alpha} = \ln A + \ell T^2 - \frac{eU}{k} \cdot \frac{1}{T}$$

alarıq. Son ifadədəki $\ell n T^2$ həddi üçüncü həddə nəzərən zəif dəyişdiyindən böyük yaxınlaşma ilə

$$\ln j_{\alpha} = \text{const} - \frac{eU}{k} \cdot \frac{1}{T} \quad (4)$$

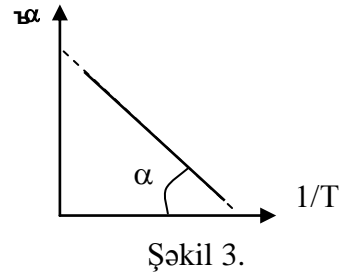
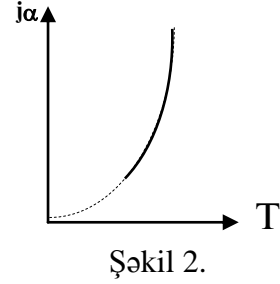
yazmaq olar. Bu o deməkdir ki, $\ln j_{\alpha}$ -nin $\frac{1}{T}$ asılılığı xətti asılılıq olmalıdır.

Bu nəticə dətəcrübə ilə çox yaxşı uzlaşır (şəkil 3).

Xətti asılılıqda düz xəttin absis oxunun müsbət istiqaməti ilə əmələ gətirdiyi bucağın tangens (bucaq əmsalı) mütənasiblik əmsalına bərabər olur. $\ln j_{\alpha}$ -nin $\frac{1}{T}$ asılılığında mütənasiblik əmsalı $\frac{eU}{k}$ olduğundan

$$\text{tg } \alpha = \frac{eU}{k} \quad (5)$$

və ya $\alpha = \text{arctg } \frac{eU}{k}$ yazmaq olar. Təcrübi olaraq doyma cərəyanının temperatur asılılığını müəyyən etməklə verilmiş metaldan elektronun $A_1 = eU$ çıxış işini tapmaq olar.



Qurğunun təsviri

Vakuumda elektrik cərəyanının qanunlarını öyrənmək üçün sxemi şəkil 4–də təsvir olunan qurğudan istifadə etmək lazımdır. Sxemdə közərmə telindəki gərginlik V_k voltmetri, cərəyan isə A_k ampermetri vasitəsilə ölçülür. Katod dövrəsindəki cərəyanı tənzimləmək üçün R_1 alçaqomlu reostatdan istifadə olunur.

Anod dövrəsindəki gərginlik V_a voltmetri, cərəyan şiddəti isə A_a ampermetri vasitəsilə ölçülür. Anod gərginliyi yüksəkumlu R_2 reostatı ilə idarə olunur.

Közərmə telinin temperaturunu müxtəlif metodla təyin etmək olar. Bu üsullardan biri müqavimətin temperatur asılılığına əsaslanır. Otaq (t_{ot}) və t temperaturlarında telin müqavimətini uyğun olaraq

$$R=R_0(1+\alpha t_{ot}); R_t=R_0(1+\alpha t)$$

şəkilində yazıla bilər. Burada, R_0 – 0^0S temperaturda közərmə telinin müqaviməti, α –müqavimətin temperatur əmsəlidir. Közərmə teli volframdan hazırlandığından $\alpha=4,2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ götürmək olar. Otaq temperaturunda telin R müqavimətini bilərək işçi rejimdəki müqavimətini Om qanuna əsasən V_k voltmetri ilə, A_k ampermetrinin göstərişindən təyin etmək olar.

$$R_t = \frac{U_k}{J_k}$$

Müqavimət tənliklərini birlikdə həll etməklə alarıq:

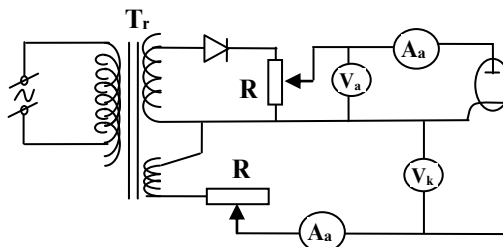
$$t = \frac{V_k}{J_k R} \left(t_{or} + \frac{1}{\alpha} \right) - \frac{1}{\alpha}$$

İşin gedişi

1. Şəkil 4–dəki sxemə uyğun elektrik dövrəsini yığmalı
2. R_1 reostatının köməyi ilə közərmə teli cərəyanının $C_k=1,4A$ qiymətini qoyub, lampanın normal közərməsinə nail olmalı.
3. R_2 reostatının köməyi ilə anod gərginliyini $U_a=0 \div 300V$ intervalında dəyişməklə anod cərəyanını Amperlə, ona uyğun anod gərginliyini Voltlarla ölçməli.

4. (2) ifadəsinə əsasən $\ln J_a = f(\ln U_a)$ xarakteristikasını qurmali və düz xəttin bucaq əmsalını təyin etməklə «3/2 qanunu» yoxlamalı.

5. Lampanın közərmə telində idarə olunan cərəyanın müxtəlif qiymətlərində (temperaturlarında) $c_d=f(T)$ və $\ln c_d=f(1/T)$ xarakteristikalara ilə sini çıxarmalı, (3) ifadəsinə əsasən Riçadson-Dyeşman qanunu yoxlamalı.



Şəkil 4.

6. $\ln c_d=f(1/T)$ qrafiklər ailəsindən meyil bucağını təyin edib (5) ifadəsinə əsasən $A=eU$ -elektronun katoddan çıxış işini hesablamalı.

7. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib, kəmiyyətin orta qiymətini, mütləq və nisbi xətalari hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 18

DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİ ÜÇÜN OM QANUNUNUN YOXLANILMASI

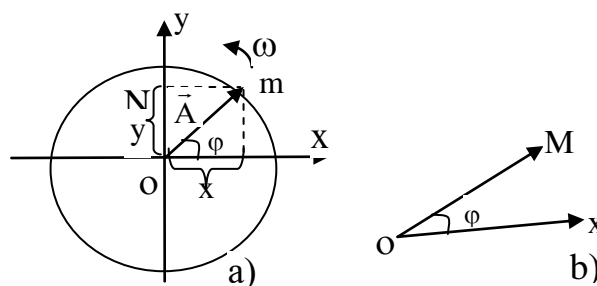
Ləvazimat: Reostat, kondensator, sarğac, açar, dəyişən cərəyan mənbəyi, ampermetr, voltmetr, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Aktiv, induktiv və tutum müqavimətləri daxil edilmiş dəyişən cərəyan dövrəsinin öyrənilməsi vektor – diaqram üsulunu tətbiq etməklə xeyli asanlaşır.

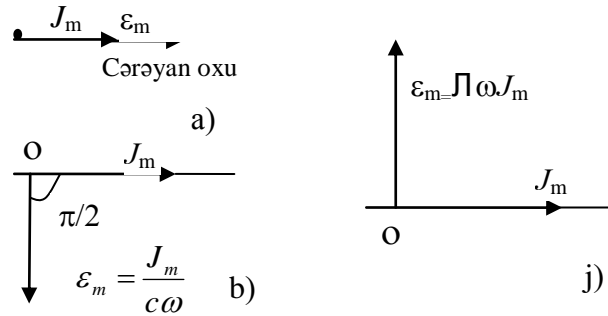
Mexanika kursundan məlumdur ki, maddi nöqtənin harmonik rəqşini bərabər sürətlə fırlanan radius-vektorun proyeksiyası kimi təsvir etmək olar. İxtiyari OX düz xəttini götürək. Uzunluğu OM olan \vec{A} vektoru OX oxu ilə φ bucağı əmələ gətirsin və bu vektor $\omega = \text{const}$ sürətilə saat əqrəbinin əksi istiqamətində hərəkət etsin (şəkil 1, a).

\vec{A} vektorunun OX oxu üzərində proyeksiyası $x = OM \cos \omega t$, ona perpendikulyar OY oxu üzərində proyeksiyası isə $y = OM \sin \omega t$ olar. Burada $\varphi = \omega t$ -dir. Ona görə də seçilmiş Ox istiqaməti ilə φ bucağı əmələ gətirən OM uzunluqlu \vec{A} vektorunu qursaq, ω tezliyi məlum olduqda harmonik rəqsi tamam təyin də bilərik (şəkil 1, b).



Şəkil 1.

Sinusoidal dəyişən e.h.q. $\varepsilon = \varepsilon_m \sin \omega t$ kimi ifadə olunduğundan, deməli onu ω sürətilə saat əqrəbinin əksi istiqamətində hərəkət edən $OM = \varepsilon_m$ radius – vektorunun OY oxu üzərində ON proyeksiyası kimi təsvir etmək olar. E.h.q.-nin ixtiyari t müddətində fazası radius- vektorun X oxundan hesablanan φ dönmə bucağına bərabərdir. Eyni qaydada dəyişən cərəyan şiddətini də qrafik təsvir etmək olar.



Şəkil 2.

İndi cərəyan şiddətinin və e.h.q –nin aktiv müqavimətdə amplitudlarının vektor-diaqramını quraq. Bu məqsədlə diaqram oxunu elə seçək ki, cərəyan şiddəti rəqsləri vektoru bu ox istiqamətində olsun. Həmin oxu «cərəyanlar oxu» adlandırmaq. E.h.q. rəqslərini təsvir edən vektor cərəyan oxu istiqamətində yönələr (şəkil 2, a). Belə ki, baxılan e.h.q. ilə cərəyan arasında fazalar fərqi sıfırdır.

Tutum müqaviməti daxil edilən dəyişən cərəyan dövrəsində cərəyan şiddəti e.h.q. fazaja $\frac{\pi}{2}$ qədər qabaqlayır. Deməli bu halda e.h.q.-ni rəqslərini təsvir edən vektor cərəyan oxu istiqamətində olmaz və o, $\frac{\pi}{2}$ qədər cərəyan şiddəti vektorundan geri qalar (şəkil 2, b).

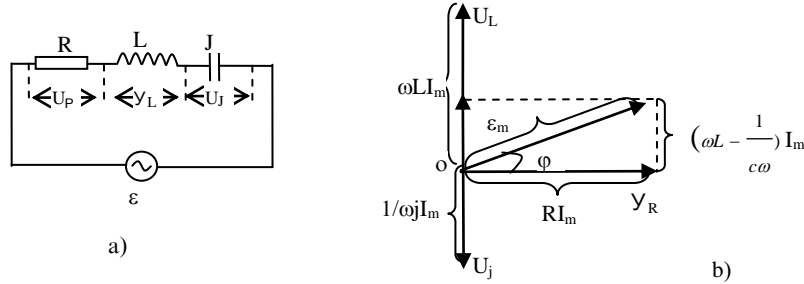
İnduktiv müqavimət daxil olan dəyişən cərəyan dövrəsində dəyişən cərəyan şiddəti e.h.q.-dən fazaja $\frac{\pi}{2}$ qədər geri qalır və e.h.q.-nin rəqslərini təsvir edən vektor cərəyanlar oxuna nəzərən saat əqrəbinin əksi istiqamətində $\frac{\pi}{2}$ qədər dönür (şəkil 2, c).

Bu vektorun uzunluğu e.h.q.-nin amplitud qiymətinə bərabər olub $\varepsilon_m = J_m L \omega$ -dır.

İndi aktiv müqavimətin (R), J tutumlu kondensatorun və L induktivlikli sarğacın ardıcıl birləşdirildiyi dəyişən cərəyan dövrəsinə baxaq (şəkil 3, a). Kondensator və sarğacın yaratdığı müqavimətləri X_C və X_L ilə işarə edək.

Dövrə ω tezlikli cərəyan mənbəyinə birləşdikdən sonra ondan amplitudu C_m olan həmin tezlikli cərəyan keçər. Dövrə elementləri ardıcıl birləşdirildiyindən dövrənin bütün hissələrində cərəyanın qiyməti eyni olar. Bu cərəyanın fazası R, L, C ilə təyin olunur. Cərəyan aktiv

müqavimətdə $U_R=iR$, kondensatorda $U_C=iX_C$, sarğacda isə $U_L=iX_L$ gərginlik düşgüsü yaradar, Aktiv müqavimətdə gərginlik düşgüsü amplitudu $C_m R$ olub, fazaya cərəyanla eyni olar. Ona görə də U_R -i vektor diaqramda cərəyanlar oxu istiqamətində yönəldirik (şəkil 3, b).



Şəkil 3.

Kondensatorda gərginlik düşgüsünün U_C faza cərəyandan $\frac{\pi}{2}$ qədər geri qalır, induktiv sarğacda gərginlik düşgüsü isə U_L fazaca cərəyanı $\frac{\pi}{2}$ qədər qabaqlayır. Beləliklə, U_C -ni təsvir edən vektor cərəyanlar oxuna nəzərən saat əqrəbi istiqamətində $\frac{\pi}{2}$ qədər, U_L -i təsvir edən vektor isə cərəyan oxuna nəzərən saat əqrəbinin əksi istiqamətində həmin bucaq qədər yönəldilir (şəkil 3, b).

U_R , U_C , U_L gərginlik düşgülərinin həndəsi cəmi dövrədə tətbiq olunan e.h.q. -yə bərabər olmalıdır.

$$\text{Şəkildən } \varepsilon_m = \sqrt{(RJ_m)^2 + \left(\omega LJ_m - \frac{1}{c\omega} J_m\right)^2}$$

alarıq.

Buradan

$$J_m = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{c\omega}\right)^2}} \quad (1)$$

olar. (1)-in hər iki tərəfini $\sqrt{2}$ -yə bölsək,

$$J_{ef} = \frac{\varepsilon_{ef}}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{c\omega}\right)^2}} \quad (2)$$

alarıq.

Son ifadə R,L,C daxil edilmiş dəyişən cərəyan dövrəsi üçün Om qanunudur.

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

dəyişən cərəyan dövrəsinin **tam müqavimətidir**. (2) və (3) –ün müqayisəsindən

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{c\omega}\right)^2} = \frac{\mathcal{E}_{ef}}{J_{ef}} \quad (4)$$

olar.

Şəkil 3–dən ε_m –lə J_m arasındakı fazalar fərqi üçün

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L J_m - \frac{1}{c\omega} J_m}{R I_m} = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega L - \frac{1}{c\omega}}{R} \quad (5)$$

alırıq.

Düsturdan göründüyü kimi X_L və X_C –nin qiymətlərindən asılı olaraq cərəyan e.h.q.-ni qabaqlaya və ondan geri qala bilər.

Əgər $X_L > X_C$ olsa, e.h.q. fazaca cərəyandan geri qalar.

Əgər $X_L = X_C$ olsa, $\varphi = 0$, yəni e.h.q. ilə cərəyanın rəqsləri eyni fazada baş verər və dövrənin tam müqaviməti yalnız aktiv müqavimətə

bərabər olar: $Z = R$. Bu şərt daxilində (2) düsturunu $J_{ef} = \frac{\mathcal{E}_{ef}}{R}$ kimi yazılar

və dövrədə gərginliklər rezonansı baş verər.

Deməli rezonans halında

$$\omega L = \frac{1}{c\omega} \quad (6)$$

olur. Məhz bu bərabərlikdən rezonans tezliyi tapılır.

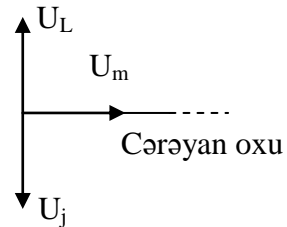
$$\omega_{rez} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Buradan,

$$\nu_{rez} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

alırıq.

Rezonans halında dövrənin tam müqaviməti Z mümkün minimum, cərəyan şiddəti isə U_m –in verilmiş qiymətlərində



Şəkil 4.

özünün ən böyük qiymətini alır. Bu zaman kondensator və sarğacdakı gərginlik düşgünləri qiymətcə bərabər, fazaca əks olur (şəkil 4.).

Əgər R, X_J, X_L paralel birləşərsə (6) şərti daxilində cərəyanlar rezonansı baş verər.

Dövrənin təsviri

İrəlidə qeyd etdiklərimizdən məlum olur ki, dəyişən cərəyan dövrəsinə məlum R, X_J, X_L müqavimətlərini ardıcıl olaraq daxil etməklə (3) əsasən Z -i hesablaya, şəkil 5–də verilən elektrik dövrəsindəki voltmetr və ampermetrin köməyiylə ϵ_{ef}, J_{ef} qiymətlərini götürüb Z –i təyin etmək olar. Dəyişən cərəyan dövrəsində Om qanunun yoxlanması məhz tam müqavimətin ölçmələrdən alınan qiyməti ilə (3) düsturundan hesablanan qiymətini müqayisə etməkdən ibarətdir. Həmin müqayisəni aparmaq üçün dəyişən cərəyan dövrəsinə ardıcıl olaraq məlum R aktiv müqaviməti, L sarğacı, C kondensatoru, habelə dövrədə cərəyanı tənzimləmək üçün R reostatı, voltmetr və ampermetr qoşulur. Voltmetr dövrənin sarğac və kondensator olan hissəsinə paralel birləşdirilir.

İşin gedişi

1. Şəkil 5-dəki sxemi qurmalı və sonra müəllim və ya laboranta yoxlatmalı.

2. R reostatını maksimum müqavimətə kökləyib, k açarını dəyişən cərəyanla qapamalı.

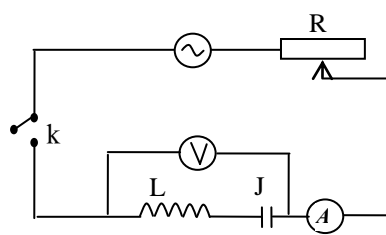
3. Reostatın müqavimətini dəyişməklə ölçü cihazlarında müəyyən göstərişlərə nail olub, ϵ_{ef} və J_{ef} –in hesabını aparmalı

4. Alınan təcrübi nəticələri (4)-də yazıb $Z_{təj}$ –ni hesablamalı.

5. Digər tərəfdən məlum R, L, C -yə görə (3) düsturundan Z_{hes} –i hesablamalı (R, L, C qiymətələri laborantlar tərəfindən verilir).

6. Təcrübəni 6-7 dəfə təkrar etməli.

7. Alınan təcübi və hesablama nəticələrini müqayisə edib, Om qanununun doğruluğunu yoxlamalı.



Şəkil 5.

IV BÖLMƏ

OPTİKA

LABORATORİYA İŞİ № 1

LİNZANIN FOKUS MƏSAFƏSİNİN TƏYİNİ

Ləvazimat: optik skamya, toplayıcı və səpici linzalar, işıq mənbəyi, ekran, millimetr bölgülü xətkəş.

Qısa nəzəri məlumat

Optik qurğuların əsasını müxtəlif tipli linzalar təşkil edir. *İki tərəfi sferik və ya bir tərəfi müstəvi, digər tərəfi sferik səthlə hüdudlanmış sındırma əmsali mühitin sındırma əmsalından fərqli olan şəffaf cisim linza adlanır.* Linzalar işığa həssas şəffaf maddələrdən: şüşədən, kvardsan, 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 əks tərəfə uzantıları bir nöqtədə kəsişir. Bu nöqtə çökük linzanın baş fokusu adlanır. Bu *mövhum*i fokusdur. Çökük linzaya səpici linza deyilir.

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.

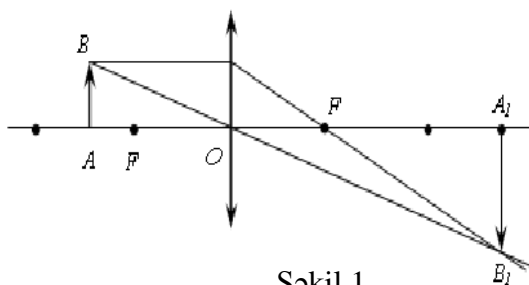
Yuxarıda deyilənlərdən istifadə edib, şəkil 1-ə görə linza düsturunu çıxaraq.

AOB və A_1OB_1 üçbucaqlarının oxşarlığından alarıq ki,

$$\frac{AO}{OA_1} = \frac{AB}{A_1B_1}$$

Digər tərəfdən, COF və FA_1B_1 üçbucaqlarının oxşarlığından alarıq ki,

$$\frac{CO}{A_1B_1} = \frac{OF}{FA_1} \quad AB=CO$$



Şəkil 1.

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

$$\frac{AO}{OA_1} = \frac{AB}{A_1B_1}; \quad \frac{AB}{A_1B_1} = \frac{OF}{FA_1}$$

Buradan

$$\frac{AO}{OA_1} = \frac{OF}{FA_1}$$

alınar. Burada, $AO=d$ cisim məsafəsi, $OF=F$ fokus məsafəsi, $OA_1=f$ xəyal məsafəsi olduğunu nəzərə alsaq,

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

olur. Sadə çevirmədən sonra $fF+Fd=fd$ uyğundur. Sonunju ifadənin bütün hədlərini fFd hasilinə bölsək,

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

alınır. Bu ifadə *nazik linza düsturu* adlanır.

Fokus məsafəsinin tərs qiyməti linzanın optik qüvvəsi adlanır:

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

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

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

Çalışma 1. Toplayıcı linzanın fokus məsafəsinin təyini

Linzanın fokus məsafəsinə tapmaq üçün d -cisim məsafəsi və f -xəyal məsafəsinin qiymətlərini bilmək lazımdır. Adətən təcrübədə bu kəmiyyətləri birbaşa dəqiq ölçmək çətindir. Bu məqsədlə linzanın fokus məsafəsinə 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 arasında 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

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

$d = f_1$ və $f = d_1$ olduğundan, $f = b + d$

və ya

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

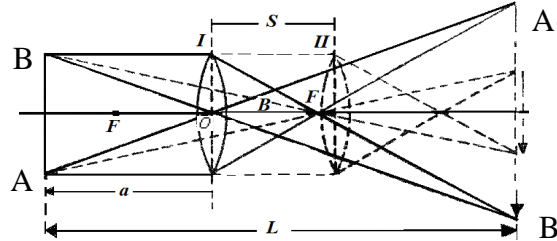
olar. Sonuncu ifadəni linza düsturunda nəzərə alsaq, onda linzanın fokus məsafəsi üçün yazıla bilər;

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

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

Çalışma 2. Səpici linzanın fokus məsafəsinin təyini

Səpici linza həqiqi xəyal vermədiyindən, onun fokus məsafəsini təyin etmək üçün əlavə olaraq bir toplayıcı linzadan da istifadə etmək lazımdır.



Şəkil 2

Tutaq ki, S nöqtəsindən çıxan şüalar toplayıcı linzada sınıraq, hər hansı S_1 nöqtəsində toplanmışdır (şək. 2). Yuxarıda deyilənlərdən istifadə edib, 2-ci şəkildən istifadə edib 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 nöqtəsindən gələn şüalar daha uzaqda olan S_2 nöqtəsində toplanar. Bu halda səpici linza üçün S_1 nöqtəsi S_2 nöqtəsinin mövhumu 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

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

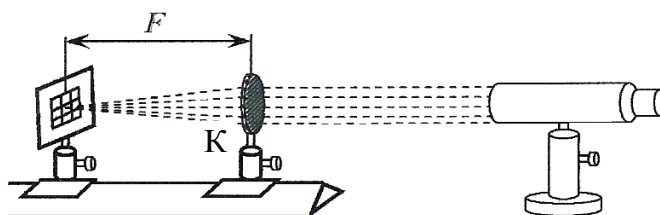
alınar.

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 sürüldürülə bilən ekran, linza və qutuda yerləşdirilmiş işıq mənbəyindən ibarətdir. Qutunun linzaya tərəf olan üzündə isə xəyalı alınacaq cisim yerləşdirilmişdir.

İşin gedişi

1. Ekranı, optik skamya üzərində rəlsə bərkidib, toplayıcı linzanı rəlsə üzərindəki *K* lövhəsinin tutacağına taxmalı.

2. *K* lövhəsi bərkidilmiş sürgünü rəlsə üzərində hərəkət etdirməklə işıq mənbəyi qarşısına qoyulmuş torun bir dəfə böyüdülmüş, bir dəfə isə kiçildilmiş xəyalını ekran üzərində almalı.



Şəkil 3.

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 xəalarını hesablamalı.

6. *K* lövhəsinin digər tərəfindəki tutacağa səpici linzanı bərkitməli və ekran üzərində cismin aydın xəyalını almalı. Cisim məsafəsini və xəyal məsafəsini ölçərək (4) ifadəsinə görə səpici linzanın fokus məsafəsini hesablamalı. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edərək səpici linzanın fokus məsafənin orta qiymətini, mütləq və nisbi xəalarını hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 2

BAXIŞ BORUSUNUN BÖYÜTMƏSİNİN VƏ GÖRÜŞ SAHƏSİNİN TƏYİNİ

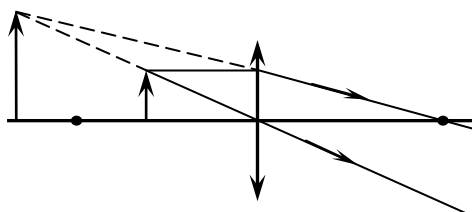
Ləvazimat: Baxış borusu, miqyas xətkəsi, üzərində miqyas bölgüləri olan dayaq(xətkəş), işıqlandırmaq üçün stolüstü lampa, millimetr bölgülü rulet, ortasında kiçik deşiyi olan diafraqma.

Qısa nəzəri məlumat

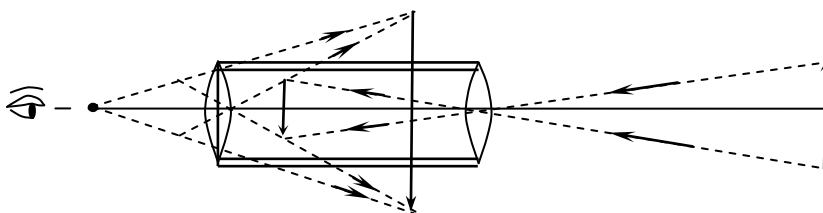
Lupa, baxış borusu və mikroskop böyüdücü optik cihazlardır. Belə cihazlarla cismə baxdıqda, onun xəyalına aid olan görüş bucağı, cismə aid olan görüş bucağından böyük olur.

Xəyalın görüş bucağı tangensinin cismə görüş bucağı tangensinə olan nisbətində cihazın subyektiv böyütməsi, xəyalın xətti ölçüsünün cismə xətti ölçüsünə olan nisbətində isə cihazın xətti böyütməsi deyilir. Bu kəmiyyətlər optik cihazları xarakterizə edən əsas parametrlərdən biridir. Bu cihazlardan ən sadəsi *lupadır*. Lupa şüşədən hazırlanmış hər iki tərəfi qabarıq linzadır. Lupa vasitəsi ilə cismə baxdıqda cismi elə məsafədə qoymaq lazımdır ki, onun böyüdülmüş mövhümi xəyalı ən yaxşı görmə məsafəsində alınsın (şəkil 1.). Normal göz üçün bu məsafə 25 sm-dir.

Baxış borusu və mikroskop təcrübədə və texnikada ən çox işlədilən böyüdücü optik cihazlardır. Bunlar hər ikisi iki toplayıcı linzadan ibarət bir optik sistemdir. Linzalardan cisim tərəfdə yerləşəni *obyektiv*, digəri isə *okulyar* adlanır.



Şəkil 1.



Şəkil 2.

Okulyar və obyektiv eyni metal boruda yerləşir. Obyektiv vasitəsi ilə *AB* cisminin *A₁B₁* kimi həqiqi xəyalı alınır (şəkil 2.).

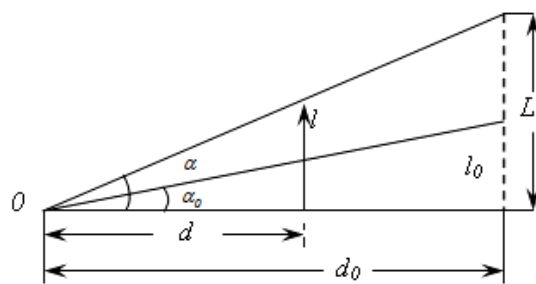
A_1B_1 xəyalının ölçüsü həm obyektivin fokus məsafəsindən, həm də AB cisminin obyektivdən olan məsafəsindən asılıdır. Məhz bu kəmiyyətlərə görə mikroskop və baxış borusu bir-birindən fərqlənir. *Mikroskop* olduqca kiçik ölçülü cisimləri böyük göstərmək üçün işlədilən cihazdır. Onun obyektivi qısa fokuslu linzadan ibarətdir. Xırda cisimlər obyektivə çox yaxın məsafədə qoyulur.

Baxış borusundan isə nisbətən uzaq məsafələrdə olan böyük cisimlərə baxmaq üçün istifadə olunur. Adətən baxış borusunda obyektiv kimi istifadə olunan linzanın fokus məsafəsi böyük olur. Ona görə də baxış borusu vasitəsi ilə alınan A_1B_1 xəyalı kiçildilmiş olur. Hər iki cihazda obyektiv vasitəsi ilə alınan xəyal cihazın okulyarı üçün cisim vəzifəsini yerinə yetirir. Müşahidəçi okulyardan bir lupa kimi istifadə edərək, xəyalın mövhumu və böyüdülmüş xəyalını okulyarı fokuslayaraq A_2B_2 xəyalını ən yaxşı görmə məsafəsində görür. Mikroskop vasitəsi ilə alınan xəyal, cisimdən dəfələrlə böyük olur. Baxış borularında isə böyütmə azdır və bəzən xəyal cisimdən də kiçik alınır. Ancaq müşahidə olunan xəyal, cismə nəzərən daha yaxın məsafədə göründüyündən, hər iki halda xəyalın görüş bucağı böyük olur. Bu isə cismi daha yaxşı görməyə imkan yaradır. Baxış borusunda cismin parlaq xəyalını almaq üçün onun okulyarını boru boyunca hərəkət etdirən dişli çarx (kremalyer) vardır. Bu çarx okulyarın yan tərəfində borunun tərpnəməyən hissəsində bərkidilmişdir.

Çalışma 1. Baxış borusunun böyütməsinin təyini

Baxış borusunun böyütməsini təyin etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur.

Tutaq ki, boyu l_0 olan hər hansı cismin O müşahidə nöqtəsindən olan məsafəsi d_0 , onun baxış borusundan görünən və boyu l olan xəyalının həmin müşahidə nöqtəsindən olan məsafəsi isə d -dir (şəkil 3.). Əgər cismin görüş bucağı α_0



Şəkil 3.

və xəyalın görüş bucağı α olarsa, onda baxış borusunun böyütməsi

$$G = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{\frac{l}{d}}{\frac{l_0}{l_0 d}} = \frac{ld_0}{l_0 d} \quad (1)$$

olar. l xəyalının cisim müstəvisindəki proyeksiyası, yəni l xəyalından gözə gələn şüaları əks istiqamətdə cisim müstəvisinə qədər uzatdıqda, onun xəyalı həmin müstəvidə L boyda görünər. Şəkildən görüldüyü kimi, L və l üçün görüş bucağı eyni olub, α -ya bərabərdir. Onda bu halda baxış borusunun böyütməsi

$$G = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{L}{l_0} \quad (2)$$

olar. Baxış borusunun böyütməsini təcrübi olaraq təyin edərkən cisim əvəzinə hər bir bölgüsünün qiyməti l olan xətkəşdən istifadə olunur. Aydınır ki, vahid miqyas qəbul edilmiş hər l bölgüsünün cisim yerləşdiyi müstəvi üzərindəki proyeksiyasının ölçüsü L olar. Bu xətkəşdən elə parça seçmək olar ki, bu parçada vahid miqyas qəbul edilmiş l_0 uzunluğu n dəfə, onun proyeksiyası olan L isə N dəfə yerləşmiş olsun. Bu halda $nl = NL$ olduğunu yazmaq olar. Buradan

$$\frac{L}{l_0} = \frac{n}{N}$$

uyğun olaraq alınır:

$$G = \frac{L}{l_0} = \frac{n}{N} \quad (3)$$

Deməli, xəyalın N bölgüsünə uyğun gələn n bölgünü xətkəşdən götürüb, onların nisbətindən borunun böyütməsini hesablamaq mümkündür.

İşin gedişi

1. Miqyas xətkəşini baxış borusunun obyektivindən 3-4 metr məsafədə şaquli vəziyyətdə yerləşdirib, baxış borusunu xətkəşə tuşlayaraq fokusa gətirməli.

2. Bir gözlə baxış borusundan, digər gözlə cihazsız bilavasitə xətkəşə baxmaqla xətkəşi və onun boruda alınan xəyalını eyni vaxtda görməyə çalışmalı. Bu bir qədər çətin olsa da, təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib buna nail olmaq mümkündür.

3. Sonra xəyalın və xətkəşin neçə bölgüyə (N və n), uyğun gəldiyini qeyd etməli.

4. Müşahidədən N və n üçün tapılan qiymətləri (3) ifadəsində yerinə yazaraq baxış borusunun böyütməsini hesablamalı.
5. Xətkeşlə onun xəyalının uzunluqlarının uyğun gəldiyi N və n bölgüləri üçün təcrübəni 3-4 dəfə təkrar etməli.
6. Baxış borusunun böyütməsi üçün orta qiymət tapıb təcrübənin mütləq və nisbi xətalərini hesablamalı.

Çalışma 2. Baxış borusunun görüş sahəsinin təyini

İşin gedişi

1. Baxış borusunu bir neçə metr məsafədə qoyulmuş bölgülü xətkəşə tuşlayaraq, onun parlaq xəyalını almalı.
2. Baxış borusunun görüş sahəsində xətkəşin neçə bölgüsü (n) yerləşdiyini müəyyən etməli.
3. Xətkeşdən obyektivə qədər d məsafəsini ruletka vasitəsi ilə ölçməli.
4. Baxış borusunun dərəcələrlə ifadə olunan görüş sahəsini aşağıdakı düsturla hesablamalı:

$$S = \frac{180^0}{\pi} \cdot \frac{n}{d} = 57,3 \cdot \frac{n}{d}$$

LABORATORIYA İŞİ № 3

MİKROSKOP VASİTƏSİ İLƏ ŞÜŞƏ LÖVHƏNİN SINDIRMA ƏMSALININ TƏYİNİ

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

Qısa nəzəri məlumat

İşıq şüası sındırma əmsalları fərqli olan iki mühiti ayıran sərhəddən keçərkən (məsələn, havadan şüşəyə keçdikdə) istiqamətin dəyişməsi hadisəsi müşahidə olunur. Bu hadisə optikada *ışığın sınması* 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 sındırma əmsalı, n_{21} – isə ikinci mühitin birinci mühitə nəzərən *nisbi sındırma əmsalı* adlanır. Mühitin vakuuma nəzərən sındırma əmsalı isə *mütləq sındırma əmsalı* adlanır.

Mühitin mütləq sındırma əmsalı işıq şüasının yayılma sürətinin hər hansı mühiddə vakuumdakına nisbətən neçə dəfə azaldığını müəyyən edir:

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

Burada, c - işığın vakuumda, v - isə mühiddə yayılma sürətləridir.

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 alınır 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 sürətlərlə yayılmasıdır.

İşıq şüasının kiçik sürətlə yayıldığı mühit optik sıxlığı böyük olan mühit, böyük sürətlə yayıldığı mühit isə optik sıxlığı kiçik olan mühit adlanır.

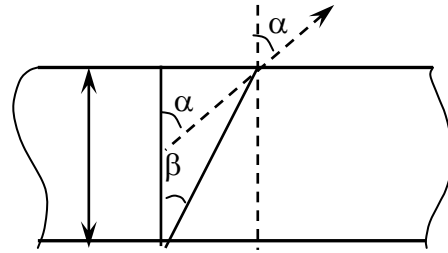
Sındırma əmsalı mühitin təbiətindən və işığın dalğa uzunluğundan asılıdır. Şəffaf mühit üçün sındırma əmsalının düşən işığın dalğa uzunluğundan asılılığı aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

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

Burada, A , B , C - verilən maddə üçün xarakterik sabitlərdir. (5) ifadəsindən görünür ki, dalğa uzunluğu artdıqca mühitin sındırma əmsalı azalır. Məsələn, qırmızı işığın 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 vasitəsi ilə şüşənin sındırma əmsalının təyini üsuludur. Bu üsulun əsasını şəffaf lövhəyə mikroskopla perpendikulyar istiqamətdə baxdıqda səthə düşən işıq şüasının sınması nəticəsində onun qalınlığının mövhumi dəyişməsi təşkil edir (şəkil 1.).

Mikroskopla şəffaf şüşənin sındırma əmsalını təyin etmək üçün cizgilənmiş şüşə mikroskopun masası üzərinə qoyulur və mikroskop fokusa gətirilərək cizginin aydın xəyalı alınır. Sonra sındırma əmsalı təyin olunacaq müstəvi şəffaf şüşə lövhə cizgilənmiş lövhənin üzərinə qoyulur



Şəkil 1.

və cizginin aydın xəyalını almaq üçün mikroskopun tubusu yuxarı qaldırılır. Bu zaman xəttin aydın xəyalı əvvəzinə onun əvvəlki yerindən bir qədər yuxarıda mövhumi 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

görünər və S nöqtəsi yerini $S_1S=a$ qədər dəyişər. Onda sınma qanununa görə aşağıdakı düsturu yazmaq olar:

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

Buradan

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

$\triangle BS_1A$ -dan $\sin \beta = AB/BS_1$, $\triangle BSA$ -dan isə $\sin \alpha = AB/BS$ alınır. $\sin \alpha$ və $\sin \beta$ -nin qiymətlərini (6) ifadəsində yerinə yazdıqda, onda alınır ki,

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

A və B nöqtələri arasındakı məsafənin kifayət qədər kiçik olduğu nəzərə alınarsa, onda

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

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

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

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

İşin gedişi

1. Üzərinə almazla cizgi çəkilmiş şəffaf şüşə lövhə mikroskopun masası üzərinə qoyularaq aşağıdan işıqlandırılır.
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 qoymalı.
4. Addımı 0,001mm 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 xətalərini hesablamalı.

LABORATORİYA İŞİ № 4

MƏNBƏNİN İŞIQ ŞİDDƏTİNİN FOTOMETR VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: fotometr, optik skamya, işıq şiddəti məlum olan və işıq şiddəti yoxlanılan naməlum işıq mənbələri, ölçü xətkəsi.

Qısa nəzəri məlumat

Fotometr səthinin işıqlanması hesabına işləyən (fotoelement əsaslı) optik cihazdır. Təcrübə göstərir ki, 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, Lambert qanununa əsasən səthin işıqlanması üçün

$$E = \frac{I}{r^2} \quad (1)$$

ifadəsini yaza bilərik. Burada, E - səthin işıqlanması, I - mənbəyin işıq şiddəti, r - mənbə ilə səth arasındakı məsafədir.

Təcrübədə fotometr səthinin müxtəlif tərəfləri iki müxtəlif işıq mənbəyi vasitəsilə işıqlandırılır. Baxış borusu və ya göz vasitəsilə tərəflərin hər iki mənbə tərəfindən bərabər işıqlanması müşahidə edildikdə, birinci hissəni işıqlandıran mənbəyin işıq şiddəti I_1 , səthdən olan məsafəsi r_1 , işıqlanması E_1 , ikincinin uyğun göstəriciləri isə I_2 , r_2 və E_2 ilə işarə edilərsə, onda işıqlanma qanunundan istifadə edib aşağıdakını yazmaq olar:

$$E_1 = \frac{I_1}{r_1^2}; \quad E_2 = \frac{I_2}{r_2^2}$$

Baxılan halda

$$E_1 = E_2$$

olduğundan,

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

olur. (2) düsturuna daxil olan işıq şiddətinin biri məlum olarsa, uyğun

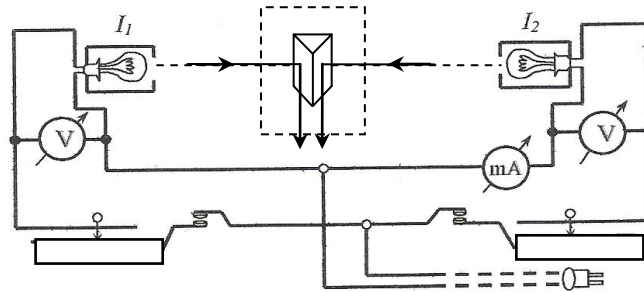
məsafələri ölçməklə o biri mənbəyin də işıq şiddətini hesablamaq mümkündür. Fərz edək ki, birinci mənbəyin işıq şiddəti məlumdur. Onda (2) düsturuna əsasən ikinci mənbəyin işıq şiddəti üçün aşağıdakı düstur alınır:

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

Optikada bu ifadə *fotometrik düstur* adlanır.

Praktikada xarici görünüşünə və quruluşuna görə bir-birindən fərqlənən çoxlu sayda fotometrlərdən istifadə olunur. Bu fotometrlərdən ən sadəsi Colen fotometridir. Colen fotometri iki tərəfdən pəncərəsi və bir tərəfdən baxış qapısı olan dəmir qutu içərisində yerləşdirilmiş üçbucaqlı prizmadan ibarətdir. Prizma (R) qutusu içərisində yerləşdirilir. Səthin parlaqlığı gözü qamaşdırmasın deyə baxış qapısının qarşısına tutqun şüşə lövhə qoyulur.

Təcrübəni aparmaq üçün mənbələr qarşı-qarşıya qoyulur. Mənbələrin aralarına isə fotometr elə yerləşdirilir ki, prizmanın bir üzü birinci, o biri üzü isə ikinci mənbə ilə işıqlansın. Bu zaman səthdən qayıdan şüalar bir-birinə paralel şəkildə gözü düşür. Təcrübədə istifadə olunan qurğunun prinsipal quruluşu 1.-ci şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 1.

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

İşin gedişi

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.

2. Mənbələri və ya fotometri nəzərdə tutulan xəyali düz xətt boyunca hərəkət etdirməklə prizmanın səthlərinin bərabər işıqlanmasına nail olmalı.

3. Uyğun məsafələri ölçüb, məlum 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.

LABORATORIYA İŞİ № 5

FOTOELEMENTİN HƏSSASLIĞININ TƏYİNİ

Ləvazimat: optik skamya, fotoelement, həssas qalvanometr və ya mikroampermetr, işıq mənbəyi, ölçü xətkəsi, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

İşığın maddə ilə qarşılıqlı təsiri 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, işıq təsiri ilə öz yüklərini itirmirlər. Yalnız mənfəi yüklə yüklənmiş cisimlər işıq təsiri ilə öz yüklərini itirir.
2. Fotoeffekt hadisəsi ultrabənövşəyi şüalarda daha effektiv olur.
3. Işığın təsiri nəticəsində əmələ gələn fotocərəyanın qiyməti düşən işıq seli ilə düz mütənasibdir.

Fotoeffekt, 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 nəinki atom sahəsini, hətta maddəni də tərk edə bilər. Eynşteyn 1905-ci ildə Plank hipotezindən istifadə edərək fotoeffekt hadisəsini izah etmişdir. O, göstərmişdir ki, $\varepsilon = h \nu$ enerjisində malik olan foton maddə tərəfindən udulur və öz enerjisini metalda olan sərbəst elektrona verir. Məlumdur ki, elektronun metalı tərk etməsi üçün onu metalda saxlayan qüvvələrə qarşı iş görməlidir. Fotonun udulması nəticəsində onun enerjisi bütünlüklə 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, enerji

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

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

Düsturdan görünür ki, katod üzərinə düşən işıq kvantının enerjisi, elektronun çıxış işinə və onun kinetik enerjisinin yaranmasına sərf olunur.

Əgər $E_k = m\vartheta^2/2 = 0$ olarsa, onda $h\nu = A$ olar. Bu isə fotoeffektin yaranma sərhədidir. Bu sərhədə *fotoeffektin qırmızı sərhədi* deyilir. Onda fotoeffekt yarada bilən işığın minimal 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. İşığın təsiri ilə elektronlar maddədən kənara çıxarsa, buna *xarici fotoeffekt*, maddə daxilində-atomlararası fəzada qalarsa, buna *daxili fotoeffekt* deyilir. Yarımkeçiricilərlə metalların və ya müxtəlif yarımkeçiricilərin toxunma sərhədində işığın təsiri ilə qapayıcı təbəqənin yaranması isə *ventil fotoeffekt*i adlanır.

Daxili fotoeffekt əsasında hazırlanmış fotoelementlər *ventil fotoelementləri* adlanır. Ventil fotoelementlərə misal olaraq, selen fotoelementini göstərmək olar. Selen fotoelementi üstü nazik selen təbəqəsi ilə örtülmüş dəmir lövhədən ibarətdir. Selen təbəqəsinin üstü isə yarımşəffaf qızıl təbəqəsi ilə örtülür. Düşən işıq kvantları selen ilə dəmirin sərhədindəki bağlayıcı təbəqədə udulur 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 məsafədə olan və düşən şüalara perpendikulyar qoyulmuş səthin işıqlanması $E = I/R^2$ olduğundan, (1) düsturunu

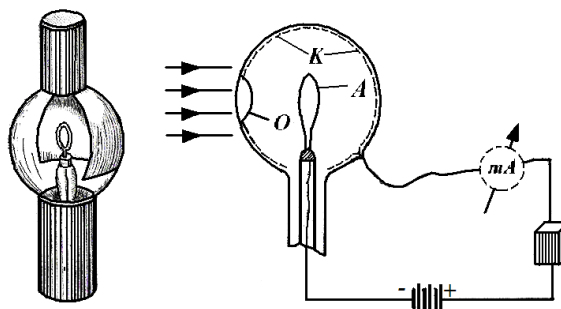
$$i = k \cdot \frac{IS}{R^2} \quad (2)$$

kimi yazmaq olar. Burada, I - işıq şiddəti olub, kandella ilə ölçülür. Onda fotoelementin həssaslığı üçün aşağıdakı düstur alınır:

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

Fotoelementin həssaslığını təyin etmək üçün istifadə olunan ölçü qurğusunun prinsipial quruluşu 1.-ci şəkildə göstərilmişdir.

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



Şəkil 1.

İşin gedişi

1. Ventil fotoelementini işıq mənbəyindən müəyyən məsafədə qoyub onu işıq şiddəti məlum olan mənbə ilə işıqlandırmalı.

2. Lüksmetrlə işıqlanmanın qiymətini (E), mikroampermetrlə fotocərəyanı ölçüb, $i = f(E)$ asılılığını 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.

LABORATORIYA İŞİ № 6

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

Ləvazimat: Nyuton halqasının alındığı qurğu, millimetrlik kağız, stolüstü lampə və lupa.

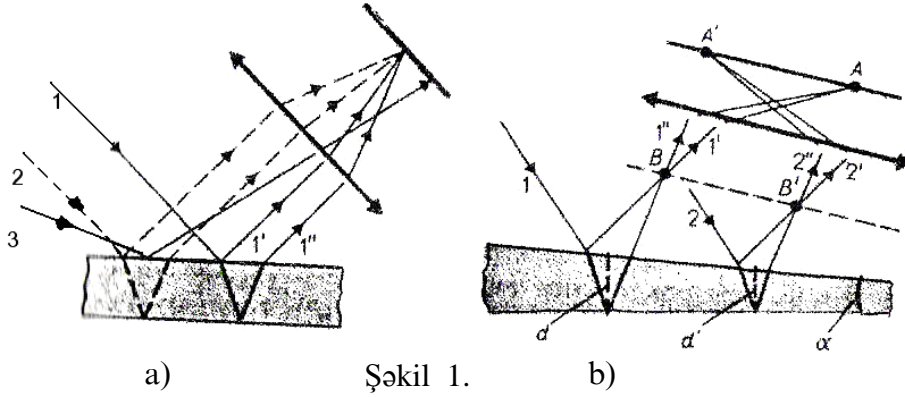
Qısa nəzəri məlumat

Sənayedə müxtəlif əmtəə mallarının üzərinə çəkilən şəffaf lak təbəqəsinin qalınlığının dəqiq təyində, suyun üzərinə dağılmış yağ və neft layının qalınlığının ölçülməsində, ümumiyyətlə nazik təbəqələrin qalınlığının təyində interferensiya hadisəsindən istifadə olunur.

Eyni tezlikli və sabit fazalar fərqi ilə rəqs edən mənbədən gələn iki işıq şüasının görüşməsi nəticəsində bir-birinin intensivliyini gücləndirməsi və ya zəiflətməsi hadisəsinə işığın interferensiyası deyilir. İnterferensiya hadisəsinin yaranması üçün əsas şərtlərdən biri, görüşən işıq dalğalarının koherent olmasıdır.

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

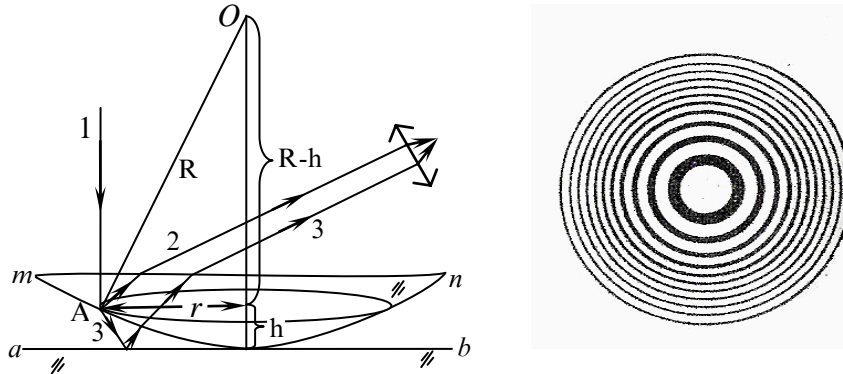
Təbiətdə interferensiya hadisəsinin ən çox yayılmış və təbii şəraitdə müşahidə olunan halı onun nazik təbəqələrdə müşahidə olunan mənərəsidir. Belə interferensiya hadisələrinə misal olaraq, sabun köpüyündən, su üzərində üzən nazik yağ və neft təbəqələrindən baş verən interferensiyayı misal göstərmək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



Şəkil 1.

Bərabər qalınlıqların interferensiyasının xarakterik mənzərəsi Nyuton halqalarıdır.

Nyuton halqalarını müşahidə etmək üçün bir üzü müstəvi şəkilli və əyrilik radiusu R olan qabarıq linza müstəvi güzgü üzərinə şəkildəki kimi qoyulur və onun üzəri monoxromatik işıq şüası ilə işıqlandırılır (şəkil 2.).



Şəkil 2.

Qabarıq linza ilə müstəvi lövhə arasında müxtəlif qalınlıqlı hava qatları əmələ gəlir. Perpendikulyar düşən şüa D nöqtəsinə çatdıqda oradan qismən qayıdır ($1'$), qismən isə hava qatından keçərək A_1 nöqtəsinə düşür və oradan yenidən qismən qayıdaraq $1'$ şüası istiqamətində yayılır. $1'$ və $2'$ şüaları koherent olduqlarından, onlar görüşdükdə interferensiya yarıdrlar. 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.

Hər hansı hava qatının h_n qalınlığına uyğun gələn n -ci zolağın radiusu r_n -ni şəkil 4.-dən istifadə edib hesablayaq. $\triangle CBD'$ üçbucağından

$$(BD')^2 = R^2 - (OC - OO')^2$$

olduğunu alarıq. $BO' = r_n$; $OO' = h_n$ və $OC = R$ olduğunu nəzərə alsaq, onda

$$r_n^2 = R^2 - (R - h_n)^2$$

Buradan isə

$$r_n^2 = 2h_n R - h_n^2$$

alınır.

Əgər $h_n \ll R$ olduğunu qəbul etsək, onda h_n^2 -ni nəzərə almamaq olar. Bu halda

$$r_n = \sqrt{2Rh_n} \quad (1)$$

olar.

Bir-birilə görüşərək interferensiya əmələ gətirən dalğaların optik yollar fərqi Δ ilə işarə etsək və hava qatından əks olunan zaman yarım dalğa artımı olduğunu nəzərə alsaq, yazı 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:

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

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

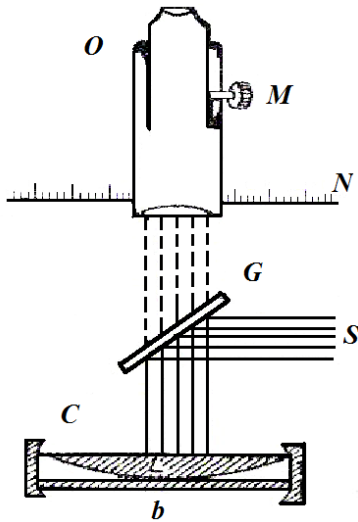
Sıfırıncı tərtib zolaq üçün (Burada, $n=0$, $r_n=0$)

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

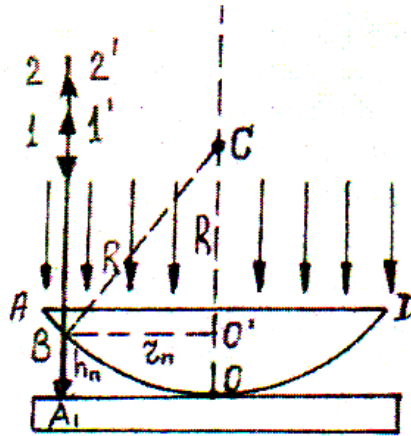
alınar.

Axırıncı ifadədən istifadə edərək işığın dalğa uzunluğunu və ya məlum dalğa uzunluğuna görə linzanın əyrilik radiusunu tapmaq olar. Bu məqsədlə təcrübədə istifadə olunan cihazın prinsipial sxemi şəkil 3.-də verilmişdir. Cihaz *S*-sferometrindən, *O*-okulyarından, *G*-yarımşəffaf güzgüdən, *S*-ışığı mənbəyindən ibarətdir.

İşıq mənbəyindən gələn şüalar güzgü 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.



Şəkil 3.



Şəkil 4.

İşin gedişi

1. İşıq mənbəyi vasitəsilə güzgünü işıqlandırılmalı.
2. Güzgünün 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 məlumdursa, onda (5) ifadəsinə görə düşən işığın dalğa uzunluğunu tapmalı.

7. Təcrübəni 3-5 dəfə təkrar edib, uyğun şüalar və linzanın əyrilik radiusu üçün orta qiymət tapmalı.

LABORATORİYA İŞİ № 7

DİFRAKSİYA QƏFƏSİ VASİTƏSİLƏ İŞIĞIN DALĞA UZUNLUĞUNUN TƏYİNİ

Ləvazimat: difraksiya qəfəsi, optik stol, ortasında kiçik yarığı olan millimetr bölgülü xətkəş, işıq mənbəyi, ölçü xətkəşi.

Qısa nəzəri məlumat

İşıq şüalarının dalğa təbiətli olmasını təsdiq edən hadisələrdən biri də işığın difraksiyasıdır. *İşıq şüalarının, qeyri-şəffaf maneəyə rast gəldikdə öz düzxətli yayılma istiqamətindən meyil etməsi hadisəsi işığın difraksiyası adlanır.* Huygens işıq dalğalarının difraksiyasını izah etmək üçün 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 çəkilmiş toxunan səth dalğa yeni cəbhəsinin həmin andakı vəziyyəti olacaqdır. Lakin sırf həndəsi xarakter daşıyan bu prinsip vasitəsilə rəqsin müəyyən müşahidə nöqtəsində rəqsin amplitudunu tapmaq mümkün deyil. Frenel «ikinci dalğaların interferensiyası» anlayışı ilə Huygens prinsipini tamamlayaraq difraksiya hadisəsinin 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. *Bir-birindən eyni uzaqlıqda və eyni müstəvidə yerləşmiş çoxlu sayda paralel yarıqlar sisteminə difraksiya qəfəsi deyilir.* Difraksiya qəfəsini şüşədən də düzəltmək olar. Bu məqsədlə şəffaf şüşə lövhə üzərinə bir-birinə çox yaxın, eyni məsafədə yerləşmiş paralel cizgilər çəkmək lazımdır. Cizgilər olan yerlər qeyri-şəffaf, cizgilərarası yerlər isə şəffaf olur. Adətən laboratoriyada istifadə olunan difraksiya qəfəsinin hər millimetrində 50 və ya 100 yarıq olur.

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

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

verilmiş qəfəs üçün sabit olan d qəfəs sabiti, yaxud qəfəs periodu adlanır.

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

Paralel şüalar cizgilərdə sınıraq φ bucağı qədər meyil edir və ekran üzərində mərkəzdəki "0" nöqtəsində toplanır. Nəticədə meyil etmiş şüalar

arasında yollar fərqi yaranır. Yollar fərqi təyin etmək üçün B nöqtəsindən φ bucağı qədər meyil etmiş şüa istiqamətinə perpendikulyar çəkilir. Şüalar arasındakı yollar fərqi $\Delta=CA$ olur. ΔABJ -dən

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

və

$$AB=d=a+b$$

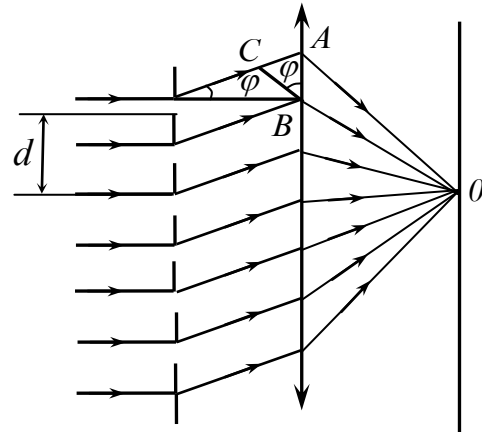
olduğundan,

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

olunur. Deməli, yollar fərqi difraksiya bucağının sinusu ilə düz mütənasibdir. Əgər yollar fərqi $\Delta=\pm \kappa \lambda$ olarsa, onda ekranda maksimum işıqlanma alınır. Burada, κ - maksimumların tərtibi (sayı) olub, natural qiymətlər alır: $\kappa=1;2;3;\dots$ Maksimumluq şərti üçün $\pm \kappa \lambda = d \sin \varphi$ alınır.

Verilmiş qəfəs üçün $k/d = \text{const}$ olduğundan, dalğa uzunluğu artdıqca difraksiya bucağı da böyüyür. Deməli, spektrin tərtibini, qəfəs sabitini və difraksiya bucağını bilərək dalğa uzunluğunu təyin etmək olar.

Difraksiya qəfəsi üzərinə ağ işıq düşdükdə, o, tərkib hissələrinə-rənglərə ayrılır. Bu mənzərə difraksiya spektri adlanır. Ekran üzərində sıfır maksimumunun (mərkəzi) hər iki tərəfində təkrar olunan əlvan spektrlər müşahidə olunur. Difraksiya qəfəsi vasitəsilə işığı öz tərkib hissələrinə ayırmaq və işıq şüalarının dalğa uzunluğunu təyin etmək olur. (3) düsturundan dalğa uzunluğu üçün aşağıdakı düstur alınır:



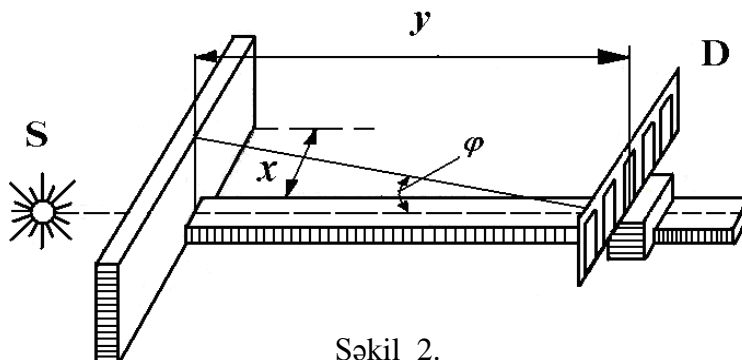
Şəkil 1.

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

Bu ifadədən görünür ki, işığın dalğa uzunluğunu hesablamaq üçün difraksiya bucağını təyin etmək lazımdır. Bu məqsədlə laboratoriya işində istifadə olunan təcrübə qurğusu optik kürsüdən, difraksiya qəfəsindən və ortasında kiçik yarığı olan millimetr bölgülü xətkəşdən ibarətdir (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.



Şəkil 2.

Qəfəsdən xətkəşə baxan şəxs, xətkəşin yarığının hər iki tərəfində təkrar olunan difraksiya maksimumlarını müşahidə edə bilər. 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)-düsturunu (4) ifadəsində nəzərə aldıqda dalğa uzunluğu üçün

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

alınır.

İşin gedişi

1. Şkalanın yarığı qarşısında qoyulmuş difraksiya qəfəsinə işıq mənbəyi vasitəsi ilə işıqlandırılmalıdır.

2. Difraksiya qəfəsindən, qəfəslə işıq mənbəyi arasında qoyulmuş şkalaya (xətkəşə) baxaraq $\kappa = 1, 2, 3, 4$ -cü sırada karandaşla bir neçə işıqlı zolaq qeyd etməli.

3. Qəfəslə ekran arasındakı y məsafəsinə, yarıqdan karandaşla nişanlanmış nöqtələrə qədər olan $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ məsafələrini ölçməli.

4. Qəfəsi ekrandan müxtəlif məsafələrdə yerləşdirməklə təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməli.

5. Alınan nəticələri (6) ifadəsində yazaraq dalğa uzunluğunu təyin edib, təcrübənin mütləq və nisbi xətasını təyin etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 8

SAXAROMETR VASİTƏSİLƏ MƏHLULLARIN KONSENTRASIYASININ TƏYİNİ

Lavazimat: SU-3 tipli saxarometr, işıq mənbəyi, müxtəlif konsentrasiyalı (yoxlanılan və məlum konsentrasiyalı) qənd məhlulları.

Qısa nəzəri məlumat

Maksvelin işığın elektromaqnit nəzəriyyəsi ilə təsvir etdiyi kimi, ayrı-ayrı atomlar tərəfindən buraxılan işıq şüaları elektromaqnit təbiətli olub, elektrik (E) maqnit (H) vektorlarının qarşılıqlı perpendikulyar istiqamətdə rəqsindən ibarətdir. Başqa sözlə, E və H vektorlarının rəqsləri qarşılıqlı perpendikulyar müstəvilərdə baş verir. İşığın elektromaqnit təbiətliliyi isə onun eninə dalğa olduğunu göstərir. İşığın eninə dalğa olduğunu əyani surətdə sübut edən hadisə işığın polyarlaşması hadisəsidir. Işıq 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 də bizə elə gəlir ki, fəzanın bütün istiqamətlərində işığın intensivliyi eynidir və zaman keçdikcə dəyişir. 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 ola 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, yəni polyarlaşacaqdır. Təbii şüaları polyarlaşdıran kristala polyarizator deyilir. Verilmiş 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 borusundan 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 qanununun 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 görüldüyü kimi, $I = 0$ olar, yəni polyarlaşmış şüa analizatorun keçmir və baxış borusunda tam qaranlıq alınır.

Əgər $\alpha = 0$ olarsa, $I = I_0$ olar, yəni ekranda maksimum intensivlik alınır. Təbiətdə elə maddələr vardır ki, bunlardan polyarlaşmış işıq şüası keçdikcə, şüanın polyarlaşma müstəvisi bir qədər dönür. Belə maddələr optik fəal maddələr deyilir. Bu cür maddələrlə misal olaraq kvarsı, qənd kristalını və qənd məhlulunu, skipidarı, sirkə turşusunu və bir sıra üzvi birləşmələri göstərmək olar. Polyarlaşma müstəvisini saat əqrəbinin istiqamətində (işığın 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 müstəvisinə dönmə dərəcəsi isə əsasən şüanın keçdiyi mühitin qalınlığından və məhlulun konsentrasiyasından asılıdır, yəni

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

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 $l=1$ 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 α və b 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,

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

olar. Vahid həcmli məhlulda şəkərin miqdarı $\alpha = \frac{\rho}{V} = \frac{\rho d}{100}$ olduğunu nəzərə alsaq,

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

alırıq. Əgər l -in ölçüsünü desimetrlərlə, c -nin ölçüsünü isə q g /100 sm^3 götürmüş olsaq, (5) ifadəsini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

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

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

Beləliklə, təcrübədən l -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 məlum olan (c_1) və konsentrasiyası məlum olmayan (c_2) iki məhlul hazırlanır. Bu məhlulların hər biri üçün (6) ifadəsini yazıb, onları tərəf- tərəf bölsək,

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

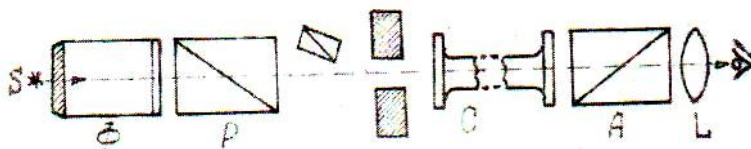
alırıq. Tədqiq olunan məhlulun konsentrasiyasını (7) ifadəsindən təyin edərək, onun xüsusi fırlatma bucağını

$$\alpha = \frac{\theta_1 \cdot 100}{c_2 \cdot l} \quad (\text{sm}^2/\text{dm} \cdot \text{q}) \quad (8)$$

İfadəsindən tapmaq olar.

Cihazın 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 prinsipal 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 polarizatorundan keçərək polarlaşır. Polarlaşmış işıq şüası 1 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 $a = 90^\circ$ isə, onda Malyus qanununa əsasən borunun görüş sahəsi qaranlıq olacaqdır. Polarizatorla analizator arasına içərisində qənd məhlulu olan 1 uzunluqlu şüşə qab daxil edildikdə isə görüş sahəsi qismən də olsa işıqlanmış olacaqdır. Bu onu göstərir ki, qənd məhlulu polarlaşmış şüanın rəqş 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.

İşin gedişi

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. Analiza- torun 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 məlum 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 məlum konsentrasiyalı məhlulun fırlatma bucağını θ_1 -i təyin etməli.

6. Təcrübəni eyni qayda ilə naməlum konsentrasiyalı (c_2) qənd məhlulu üçün də təkrar edərək onun fırlatma bucağını ($\theta_2 - \theta_0 = \theta_1$) hesablamalı.

7. Məlum θ_1 , θ_2 və c_1 -in qiymətlərinə əsasən (7) ifadəsindən yoxlanılan məhlulun konsentrasiyasını (c_2) təyin etməli.

8. Tapılmış c_2 -nin məlum qiymətinə əsasən, yoxlanılan məhlulun xüsusi fırlatma bucağını (a_2) (8) ifadəsindən hesablamalı.

Qeyd: Əgər yoxlanılan məhlul üçün xüsusi fırlatma bucağı verilmişsə, onda yalnız $\theta = \theta_2 - \theta_1$ fırlatma bucağını ölçməklə (6) düsturundan həmin məhlulun konsentrasiyasını tapmaq olar.

LABORATORİYA İŞİ № 9

MAYELƏRİN SINDIRMA ƏMSALININ ABBE REFRAKTOMETRİ VASİTƏSİLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: İRF-22 tipli refraktometr, sındırma əmsalı təyin olunacaq mayelər, damcıladıcı, pambıq.

Qısa nəzəri məlumat

Sındırma əmsalı mayeni xarakterizə edən əsas göstəricilərdən biri olub, mayenin kimyəvi quruluşundan, onun konsentrasiyasından və sıxlığından asılıdır.

Mayelərin sındırma əmsalının təyini işığın tam daxili qayıtma hadisəsinə əsaslanmışdır. Məlumdur ki, işıq şüası optik sıxlığı çox olan mühitdən optik sıxlığı az olan mühitə keçdikdə sınaq normaldan uzaqlaşır. Düşmə bucağının müəyyən qiymətində düşən şüa sınaq iki mühiti ayıran səth boyunca sürüşür. Bu halda sınaq bucağı 90° -yə bərabər olur.

Tam daxili qayıtma baş verən düşmə bucağının ən kiçik qiymətinə tam daxili qayıtmanın *limit bucağı* deyilir.

Şüa limit bucağından böyük bucaq altında düşdükdə o, ikinci mühitə keçməyib düşdüyü mühitə qayıdaraq burada yayılır.

Sınaq qanununa görə $\frac{\sin \alpha_n}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$ olar.

Bu halda tam daxili qayıtmanın limiti bucağın belə təyin olunur:

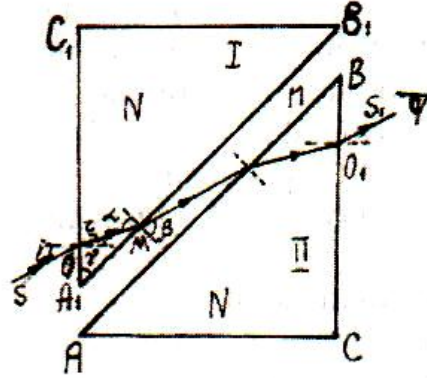
$$\sin \alpha_n = \frac{n_2}{n_1}$$

Laboratoriya şəraitində mayelərin sındırma əmsalını təyin etmək üçün refraktometr adlanan xüsusi cihazdan istifadə olunur. Müxtəlif tipli refraktometrlər mövcuddur. Onlardan ən çox istifadə olunanı İRF-22 tipli refraktometrdir. Bu refraktometr həmçinin Abbe tipli refraktometr də adlanır.

İRF-22 tipli refraktometr vasitəsilə sındırma əmsalları 1,33-1,72 intervalında olan mayelərin sındırma əmsalını təyin etmək olar. Refraktometrin əsas hissəsi sındırma əmsalı böyük olan ($n > 1,72$) eyni şüşədən hazırlanmış iki düzbucaqlı prizmalardan ibarətdir. Üstdəki prizma ölçücü, altdakı prizma isə işıqlandırıcı adlanır. Işıqlandırıcı prizmanın səthi

tutqun, ölçən prizmanın səthi isə yaxşı cilalanmışdır.

Prizmalar elə hazırlanır ki, onların diaqonal boyunca olan üzleri bir-birinə toxunduqda orta hissəsində 0,1 mm qalınlıqda hava təbəqəsi qalır. Bu iki səthin arasına tədqiq olunan mayedən 1 -5- 2 damcı tökülür. Monoxromatik işıq dəstəsi refraktometrin I prizmasının A_1S_1 səthindən A_1S_1 tutqun səthinə düşür və buradan da müxtəlif istiqamətli şüalar maye qatından keçərək II prizmasının AB səthinə düşür. Mayenin sındırma əmsalı II prizmasının sındırma əmsalından kiçik olduğundan maye üzünə düşən şüalar II prizmaya keçir (şək. 1).



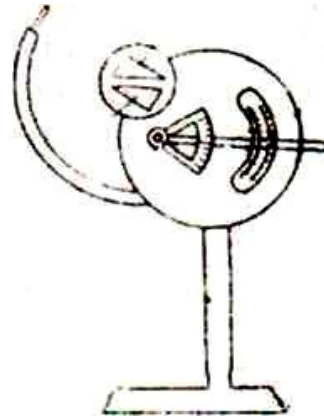
Şəkil 1.

Sınma qanununa əsasən

$$\frac{\sin \alpha_n}{\sin \beta} = \frac{n}{N}$$

yaza bilərik. Burada n - tədqiq olunan mayenin, N - prizmanın sındırma əmsalı, β - düşmə bucağı, α - sınma bucağıdır. Əgər düşmə bucağı $\beta = 90^\circ$ olarsa, şüa AB səthi boyunca sürüşər və bu halda $n = N \sin \alpha$ olar.

Prizmanın sındırma əmsalı sabit kəmiyyət olduğundan mayenin sındırma əmsalını təyin etmək üçün tam daxili qayıtmanın limit bucağını hesablamaq lazımdır. Limit bucağından böyük bucaq altında düşən bütün şüalar tam daxili qayıtmaya uğrayaraq ABS prizmasının daxilinə qayır. Limit bucağından kiçik bucaqlar altında düşən şüalar isə mayedən və altdakı prizmadan keçərək $O_1 S_1$ istiqamətində gedər və baxış borusuna düşər. Deməli, baxış borusundakı dairəvi ekranda limit bucağından böyük bucaqlar altında düşüb, tam daxili qayıtmaya uğrayan şüaların yeri qaranlıq, limit bucağından kiçik bucaqlar altında düşən şüaların yeri isə işıqlı oblast olur. Limit bucağı altında düşən şüaların yeri isə işıqlı və qaranlıq oblastlar arasında ayırıcı düz xətt olur.



Şəkil 2.

Nəticədə dairəvi ekranın yarısı qaranlıq, yarısı isə işıqlı olur və

bunları kəskin sərhəd xətti ayırır. Görüş sahəsindəki sərhəd xətti mayenin sındırma əmsalından asılı olaraq müxtəlif yerlərdə alınacaq. Baxış borusu vasitəsilə görüş sahəsinə baxdıqda sərhəd xətti görüş sahəsindəki perpendikulyar xəttlərin kəsişməsinə salınmalıdır.

Cihazdakı şkala etalon maddənin (1,72) sındırma əmsalına əsasən dərəcələndir. Düşmə bucağı sabit qaldıqda müxtəlif mayelərin sındırma əmsalından asılı olaraq ekran da qaranlıq və işıqlı oblastları bir-birindən ayıran düz xətt uyğun olaraq şkala boyunca yerini dəyişəcəkdir.

Refraktometrin ümumi görünüşü şəkl. 2-də verilmişdir.

İşin gedişi

1. Üst prizmanı alt prizmadan ehtiyatla aralayaraq damcıladıcı vasitəsilə 2÷3 damcı tədqiq ediləcək mayedən prizmanın üzərinə damcıladaraq prizmaları bir-birinə sıxmalı.
2. Baxış borusunun okulyarından baxaraq cihazdakı xüsusi vint vasitəsilə görüş sahəsində kəskin işıqlı və qaranlıq zona əmələ gələndə qədər onu fırlatmalı.
3. Əgər iş zəman ağ işıqdan istifadə edilərsə, yandakı vint vasitəsilə dispersiyanı yox etməli.
4. Cihazdakı xüsusi vinti fırlatmaqla sərhəd xəttini baxış borusundakı çarpaz xətlərin kəsişdiyi nöqtəyə salmalı.
5. Baxış borusunda solda yerləşmiş ekrandakı şkaladan tədqiq olunan mayenin sındırma əmsalını 0,001 dəqiqliyi ilə götürməli.
6. Prizmaları aralayaraq onların səthini pambıqla təmiz sildikdən sonra başqa mayedən 2-3 damcı prizma üzərinə töküüb yuxarıda göstərilən qaydada təcrübəni təkrar etmək.
7. Hər maye üçün təcrübəni 3-5 dəfə aparıb, uyğun maye üçün sındırma əmsalının orta qiymətini tapmalı.

LABORATORIYA İŞİ № 10

İŞIĞIN UDULMASINA GÖRƏ MEYVƏ ŞİRƏLƏRİNİN KONSENTRASIYASININ TƏYİNİ

Ləvazimat: FEK-M tipli fotoelektrokalorimetr, gərginliyi 8V olan mənbə, həssas qalvanometr, yoxlanılan meyvə şirələri və məhlullar, həlledici maye (və ya su), küvetlər.

Qısa nəzəri məlumat

Məlumdur ki, işıq şüası elektromaqnit təbiətli olub, enerjiyə malikdir. Əgər işıq şüası müəyyən bir mühit daxilindən keçirsə, onun daşdığı enerjinin bir hissəsi həmin mühiti təşkil edən atomlar tərəfindən udulduğundan, nəticədə mühitdən çıxan şüanın intensivliyi zəifləmiş olur. Bu zəifləmədən ərzaq məhsullarının keyfiyyətinin öyrənilməsində geniş istifadə olunur.

Əmtəə məhsullarının keyfiyyət göstəricilərinin müəyyən edilməsi həmin məhsulların spektral xarakteristikalarına - şüaəksetdirmə, şüaudma və şüalandırma qabiliyyətlərinin təyin edilməsinə əsaslanır. Bu spektral xarakteristikalar düşən şüanın dalğa uzunluğundan, maddənin qalınlığından və nəmliyindən asılı olaraq dəyişdiyindən bütün yeyinti məhsullarının və xammalların keyfiyyət göstəricilərinin tapılması məhz bu əsasda təyin olunur.

Ərzaq məhsullarının keyfiyyətinin tədqiqatında geniş tətbiq olunan cihazların iş prinsipi əsasən maddə daxilində işığın udulması hadisəsinə əsaslanır. Məsələn, belə cihazlar süd məhsullarındakı yağın miqdarının təyin olunmasında istifadə olunur. Onların iş prinsipi işığın udma əmsalının südün tutqunlaşma dərəcəsinin və işığın əksetdirmə qabiliyyətinin dəyişməsinə əsaslanır.

Ümumiyyətlə, rəngli məhlulların konsentrasiyasının təyini üsulları bilavasitə işığın verilmiş maddədən keçərkən onun udulması hadisəsinə əsaslanır. İşığın maddə daxilində udulmasının elementar nəzəriyyəsinə ilk dəfə Buger vermişdir.

Fərz edək ki, L qalınlıqlı maddə üzərinə I_0 intensivlikli işıq şüası düşür. Onda nümunənin dl qalınlığında işığın intensivliyinin azalması

$$dI_0 = -kI_0 dl \quad (1)$$

olar. Burada k - udma əmsalı adlanır və o uducu qatın kimyəvi tərkibindən, onun halından və şüanın dalğa uzunluğundan asılıdır. Mənfi

işarəsi işıq intensivliyinin azalmasını göstərir. Buradan

$$\frac{dI_0}{I_0} = -kdl$$

olar. Bu ifadəni işıq intensivliyinin I_0 -dan I qiymətinə və qalınlığın isə sıfırdan L qiymətinə qədər olan qiymətləri üçün inteqrallasaq, alarıq ki,

$$\ln I - \ln I_0 = -kL$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -kL$$

$$\text{Buradan isə } I = I_0 e^{-kL} \quad (2)$$

olar. Bu qanun Buger-Bayer qanunu adlanır. Buger müəyyən etmişdir ki, udma əmsalı maddənin konsentrasiyası ilə düz mütənasibdir, yəni

$$k = \beta \cdot C \quad (3)$$

Burada C - maddənin konsentrasiyası, β isə maddənin konsentrasiyasından asılı olmayıb, yalnız həmin maddəni təşkil edən molekulların növündən asılı olan əmsalıdır.

Udma əmsalının bu qiymətini (2)-də nəzərə alsaq

$$I = I_0 \cdot e^{-\beta CL} \quad (4)$$

olar. (4) ifadəsinə daxil olan I , I_0 intensivliklərini maddəyə düşən və ondan çıxan işıq selləri ilə əvəz edib, onları loqarifimləsək:

$$\ln \frac{\Phi}{\Phi_0} = \beta \cdot CL, \quad (5)$$

yaxud

$$\ln \frac{\Phi_0}{\Phi} = \beta CL \quad (6)$$

alarıq.

$$\frac{\Phi}{\Phi_0} = \tau \text{ ilə işarə edək. } \ln \frac{\Phi_0}{\Phi} = D \text{ isə həmin məhlulun optik sıxlığı}$$

adlanır. Bu işarələmələri (5) və (6)-da nəzərə alsaq, onda

$$\ln \tau = -\beta CL \text{ və ya } D = \beta CL \quad (7)$$

alarıq. Sonuncu ifadələrdən $\ln \tau = -D$ və ya $D = \ln \frac{1}{\tau}$ olar. (7)

ifadəsindən görünür ki, sabit qalınlıqlı maddə üçün optik sıxlığın qiyməti həmin maddənin konsentrasiyası ilə düz mütənasibdir. Optik sıxlığa görə konsentrasiyanın təyininə əsaslanan cihazlardan biri də FGKM-tipli fotoelektroklorimetrdir.

İşin gedişi

1. Yoxlanılan məhlulu küvetə doldurub, onu fotoelektro- kalorimetrin sağ tərəfindəki işıq şüası qarşısına qoymalı. Sol tərəfdəki işıq şüasının qarşısına isə həmin ölçüdə həl ledici ilə doldurulmuş küveti yerləşdirməli.
2. Sol barabanda optik sıxlıq şkalasını sıfır bölgü şkalasına gətirməklə diafraqma yarığını tam vəziyyətdə açmalı. Bu halda fotoelementin üzərinə düşən işıq seli müxtəlif ol- duğundan qalvanometr əqrəbi öz sıfır vəziyyətindən müəyyən qədər meyil edəcəkdir.
3. Cihazın kənarlarındakı tutacaqların köməyi ilə neytral pazı işə salmaqla qalvanometr əqrəbini sıfır bölgüsü üzərinə gətirməli.
4. Sağ hissədəki yoxlanılan məhlul boşaldılaraq onun yerinə həmin ölçüdə həlledici ilə doldurulmuş küvet daxil . etməli. Bu halda qalvanometr göstərişi yenidən düşəcəkdir.
5. Diafraqma yarığının enini dəyişməklə qalvanometr göstərişini yenidən sıfır vəziyyətinə gətirməli. Alınmış optik sıxlığın qiymətini sol baraban üzərindən götürməli.

Məhlulun konsentrasiyasını aşağıdakı qayda ilə təyin etməli

1. Eyni həll olunan və eyni həlledicidən məlum konsentrasiyalı məhlullar hazırlamalı.
2. Konsentrasiyalı məlum olan bu maddələrin optik sıxlıqlarını yuxarıdakı qayda ilə toplamalı.
3. Konsentrasiya ilə sıxlıq arasındakı asılılığı əks etdirən qrafik qurmalı. Bu qrafik eyni həll olunan və eyni həlledicinin ixtiyari qarışığından alınmış məhlulun konsentrasiyasını tapmağa imkan verir.
4. Konsentrasiyası məlum olmayan məhlulun cihazla optik sıxlığını qrafikdən tapıb, həmin sıxlığa uyğun konsentrasiyanı tapmalı.
5. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar edib konsentrasiya üçün orta qiymət tapmalı, mütləq və nisbi xətalara hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 11

RƏNGLİ PARÇA VƏ BOYAQLARIN İŞIĞI ƏKSETDİRMƏ QABİLİYYƏTİNİN TƏDQIQI

Ldvazimat: Müxtəlif rəngli parçalar, fotoelement, işıq mənbəyi, nümunələri bərkitmək üçün ştativ.

Qısa nəzəri məlumat

Məhsulun xarici görünüşündə əsas rol oynayan xassələrdən biri də parçanın boyandığı rəngdir. Hər bir parçanın rəngi ondan əks olunan işığın spektral tərkibi ilə xarakterizə olunur. Görünən işıq dalğa uzunluğu 400÷800 mkm intervalına uyğundur. Təcrübə göstərir ki, müxtəlif dalğa uzunluqlu şüalar gözə müxtəlif cür təsir göstərir. Ona görə də rənglərin çoxlu çalarları vardır. Praktikada görünən işığın dalğa uzunluqları işıq çalarlarına görə aşağıdakı kimi qruplaşdırılır.

Təbiətdə və texnikada müşahidə olunan müxtəlif rəng çalarları gözə təsir edən şüaların enerjisinin dalğa uzunluğuna görə müxtəlif cür paylanması ilə əlaqədardır. Təcrübə göstərir ki, özündən enerji şüalandırmayan cisimlər onların səthindən əks olunan şüalara görə müxtəlif rəng çalarları verirlər.

Parçaların boyanmasında istifadə olunan əsas boyaqların udma xassəsində də rənglərə görə seçilmə vardır. Məsələn, göy rəngin bəzi çalarları üzərinə düşən şüalardan qırmızı, narıncı və sarı şüalar udulur və qalanları isə udulmadan keçir. Məhz göy rəngin uyğun çalarlarının yaranması da bununla əlaqədardır.

N ^o	Gözün hiss etdiyi rəng	Dalğa uzunluğu intervalı (mkm)
1	qırmızı	760-620
2	narıncı	620-590
3	sarı	590-560
4	sarı-yaşıl	560-530
5	yaşıl	530-500
6	göy	500-410
7	mavi	420-430
8	bənövşəyi	430-380

Təbii işığın parça üzərindən tam qayıtması gözdə ideal ağ işıq təsiri, onun parça tərəfindən tam udulması isə mütləq qara cisim təsiri yaradır. Məsələn, praktikada müxtəlif boyaq maddələrinin tərkibinə daxil olan barium- oksidi, maqnezium-oksidi onlar üzərinə düşən işığın 0,29 % əks etdirir. Ona görə qara məxmərə mütləq qara cisim kimi baxmaq olar.

Metallarda işığın udulması parçalardan fərqlidir. Onlardan işığın əks olunması metaldakı optik elektronların rəqsi ilə əlaqədardır. Məsələn, qızıl metal üzərinə düşən bütün şüaları deyil, üzərinə düşən şüaların bəzilərini əks etdirmək xassəsinə malikdir. Ona görə bu metal -başqa metallardan fərqlənir. O, əsasən sarı -narıncı şüaları əks etdirir. Təcrübə göstərir ki, güclü konsentrasiyalı boyalar da işığın əks olunmasında şüanı seçmə qabiliyyətinə malikdirlər.

Anilin tərkibli rənglər metal parlaqlıqlı yaşıl rəngə malikdir və müəyyən həlledici o yaşılın çoxlu çalarlarını verir. Məsələn, qırmızı rəng bənövşəyi və ya göy rənglə qarışdıqda yeni rəng alınır (purpur rəng). İnsan gözü 30 yaxın rəng çalarlarını ayırd etmə qabiliyyətinə malikdir. Spektral və «purpur» rənglər qırmızı xromatik rənglər adlanır. Udma və əks etmə seçməsi olmayan cisimlər ağ işıqla işıqlandırıldıqda axromatik rəng verir.

Rəng tonu rəngin spektri ilə xarakterizə olunur. Rəngin təmizliyi monoxromatik şüalanmanın parlaqlığının ümumi şüalanmanın parlaqlığına olan nisbəti ilə xarakterizə olunur və faizlərlə ifadə olunur. Məsələn, gözə civə lampasının göstərdiyi təsir dalğa uzunluğu 489 mkm olan monoxromatik şüalanmanın ağ işıqla 7:18 nisbətində qarışması ilə alınan işığın təsiri ilə eynidir. Əmtəəşünaslıqda rəngin keyfiyyəti həmçinin rəngin təmizliyi ilə xarakterizə olunur. Civə lampasının rəng fonu dalğa uzunluğu $\lambda = 465$ mkm olan monoxromatik şüalanmaya uyğundur və bu halda rəngin təmizliyi:

$$\gamma = \frac{7 \cdot 100}{7 + 18} \cdot 100\% = 28\%$$

olar.

Rəngli şüaların gözə təsiri həmçinin ətraf mühitin parlaqlığından da asılıdır. Məsələn, ətrafın zəif işıqlanmasında sarı işıq bənövşəyi görünür, boz rəng isə ağ fonda daha çox tünd, tünd fonda isə daha işıqlı görünür.

Əmtəəşünaslıqda işığın təmizliyini təyin etmək üçün istifadə olunan cihaz kolorometr adlanır (latın dilində kolor - rəng deməkdir).

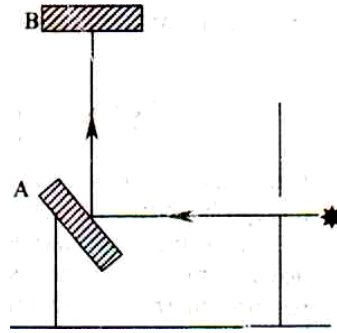
Rəngin əks olunması təkcə parçanın səthində deyil, onun dərin qatlarından da baş verir. Əks olunma əmsalı K əks olunan işığın F

intensivliyinin, düşən işığın F_0 intensivliyinə olan nisbəti ilə xarakterizə olunur və faizlə ifadə olunur.

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

Əks olunma əmsalını təyin etmək üçün istifadə olunan cihaz şəkil 1-dəki kimidir.

Optik masa üzərinə tədqiq olunan parça (A) 45°-lik bucaq altında qoyulur. Parçadan əks olunan işığın müəyyən hissəsi fotoelement (B) üzərinə düşür. Düşən işığın və əks olunan işığın intensivliyi fotoelementlə təyin olunur. Parça üzərinə düşən işıq ağ işıqdır və onun intensivliyi dəyişmir. Parçanın əks etdirmə qabiliyyəti (1) ifadəsi ilə təyin olunur.



Şəkil 1.

İşin gedişi

1. Üzərində parça olan lövhəni 45°-lik bucaq altında dayağa bərkitməli.
2. S - işıq mənbəyi qarşısına fotoelementi (FCK-1) qoyub onun maksimal işıqlanmasını almalı və mik-roampermetrin I_0 - göstərişini qeyd etməli.
3. Fotoelementi əks olunan şüanın qarşısına qoyub mikroampermetrin I - göstərişini qeyd etməli.
4. Alınan nəticələri

$$K = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%$$

ifadəsində yerinə yazıb K əks olunma əmsalını təyin etməli.

5. Təcrübəni 3 dəfə təkrar edib K-nın orta qiymətini tapmalı, mütləq və nisbi xətaləri hesablamalı.

V BÖLMƏ

ATOM VƏ NÜVƏ FİZİKASI

LABORATORİYA İŞİ № 1

XARİCİ FOTOEFFEKTİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: FGU-1 markalı vakuum fotoelementi, voltmetr, monoxromator, luksmetr, optik oturajaq, B7-21 markalı universal voltmetr, VUP-2 markalı cərəyan mənbəyi, reostat (500 Om)

Qısa nəzəri məlumat

XIX əsrin axırlarında klassik fizikanın izah edə bilmədiyi fiziki hadisələrdən biri fotoeffektidir.

Alman alimi H.Hers elektromaqnit rəqslərinin generasiyasını tədqiq edərkən yüklü metal kürələrdən birini ultrabənövşəyi dalğalarla şüalan-dırarkən onun boşaldığını müşahidə etmişdir. Hersin apardığı tədqiqatlar bir sıra alimlərin diqqətini cəlb etmişdir.

Rus alimi A.Q.Stoletov Hersin apardığı təcrübəni təkmilləşdirərək müəyyən qanunauyğunluqlar əldə etdi. Alınan nəticələri Stoletov «Aktinoelektrik tədqiqatlar» (o, fotoeffekti belə adlandırmışdır) adlı əsərin-də vermişdir.

- 1)Ən böyük təsirə ultrabənövşəyi şüalar malikdir.
- 2)Lövhənin şüalanması artdıqca dövrədəki cərəyan şiddəti artır.
- 3)İşığın təsiri ilə qopan zərrəciklər mənfə yükə malikdir.

Bu mənfə yükləri «elektron» adlandıran irland fiziki J.Stoney onların ən elementar elektrik yükü, ədədi qiymətinin isə

$$e = \frac{F}{N_A} = \frac{96500 \text{ Kl/mol}}{6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$$

olduğunu iddia etdi.

Zərrəciyin özünü isə təcrübə olaraq ingilis fiziki J.Tomson katod şüalarının təbiətini öyrənərkən kəşf etdi.

Yalnız bundan sonra, alman fiziki F.Lenard işığın təsiri ilə metalı tərk edən zərrəciklərin xüsusi yükünü ölçməklə fotocərəyanın elektron təbiətli olduğunu sübut etdi.

Lenard təcrübə olaraq göstərdi ki, fotoelektronların kinetik enerjisi işıq selindən deyil, işığın tezliyindən asılıdır.

Xarici fotoeffekt qanunlarını müəyyən etmək üçün F.Lenard və C.Tomson vakuüm fotoelementinin 1-ci şəkildə göstərilən qurğuda volt-ampere xarakteristikasını (VAX) aldılar. Fotoelementin VAX-nı çıxararkən aşağıdakı hallara baxaq.

1.Katoda düşən işıq selini (F) və (v) sabit saxlamaqla fotocərəyanın anod-katod gərginliyindən asılılığı 2-ci şəkildə göstərilmiş kimi alınır.

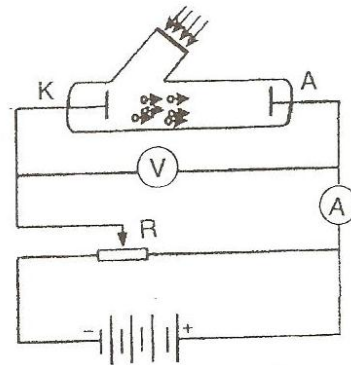
Qrafikdən görüldüyü kimi, gərginliyin artması ilə fotocərəyan da artır və müəyyən bir C_d qiymətində bu artım dayanır. Bu onunla izah edilir ki, katod ətrafında emissiya olunmuş bütün elektronlar anoda çatır.

Anod-katod gərginliyinin sıfır qiymətində fotocərəyanın sıfırdan fərqli olması onunla əlaqədardır ki, fotoelement cərəyan mənbəyinə qoşulmadıqda belə, katod ətrafında formalaşan elektron buludundakı elektronların bir hissəsi istilik qarşılıqlı təsir nəticəsində aldığı enerji hesabına anoda çatır.

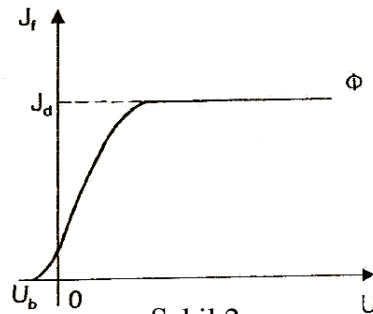
VAX-dakı üçüncü xarakteristik nöqtə fotocərəyanın sıfıra bərabər olduğu nöqtədir. Qrafikdən görüldüyü kimi, bu anod-katod gərginliyinin mənfi qiymətində mümkündür. Doğrudan da, Stoletovun göstərdiyi kimi, katoddan qopan zərrəciklər mənfi yüklü olduğundan anoda verilən mənfi potensial bu zərrəcikləri itələyərək oraya düşməyə qoymur və cərəyan sıfıra bərabər olur. Gərginliyin bu qiymətinə bağlayıcı gərginlik deyilir.

Aparığımız təhlil göstərir ki, fotoelementin VAX-nın bu variantını klassik fizika izah edir.

2.İndi biz bu kəmiyyətlərdən birini (tezliyi) sabit saxlamaqla digərini dəyişək və VAX-nı izah edək. Bu zaman 2-ci şəkildə göstərilən əyri işıq selinin dəyişməsi ilə əyrilər ailəsinə (şəkil 3.) çevrilir.



Şəkil 1.



Şəkil 2.

İşıq selinin müxtəlif qiymətlərində, katod-anod gərginliyinin eyni intervalında fotocərəyanın doyma qiymətinin işıq selindən düz mütənasib olaraq artması müşahidə edilir.

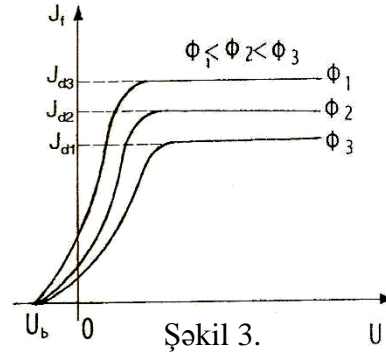
3.İndi isə katoda düşən işıq selini və işığın tezliyinin dəyişərək 4-cü şəkildən görüldüyü kimi, düşən işığın tezliyini artırıqda əvvəlki haldan fərqli olaraq bağlayıcı gərginliyin mütləq qiyməti də artır.

Bu faktı artıq klassik fizika izah edə bilmədi. Yalnız Plankın qəbul etdiyi hipotez bu faktı izah etməyə imkan verdi. Plank hipotezinə görə, işıq fasiləsiz deyil, kvantlarla şüalanır və ya udulur. Katoda düşən kvantın enerjisi $E = h\nu$ ifadəsi ilə müəyyən edilirsə, bu fakt izah olunur. Doğrudan da, tezlik artdıqca katoda düşən fotonun enerjisi artdığından o, katoddan daha böyük sürətlə qopan elektronları anoda istiqamətləndirəcək. Ona görə də, bu zərrəciklərin anoda düşməsi üçün daha böyük bağlayıcı gərginlik lazım gələcək. Eyni zamanda tezliyin qiymətini azaltmaqla verilmiş katod üçün onun elə bir qiymətini tapmaq olar ki, həmin tezlikli foton katoddan elektron qopara bilməz və ya, qopmuş elektron anoda çataraq fotocərəyan yarada bilməz. İşıq tezliyinin bu qiymətinə fotoeffektin qırmızı sərhəddi deyilir.

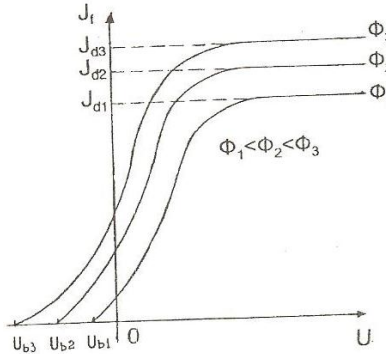
1905-ci ildə A.Eynşteyn bütün yuxarıda göstərilən təcrübi faktlardan və enerjinin saxlanması qanunundan istifadə etməklə fotoeffekt üçün aşağıdakı tənliyi vermişdir:

$$h\nu = A + \frac{m\mathcal{G}^2}{2} \quad (1)$$

Burada $h\nu$ katoda düşən fotonun enerjisi. A-elektronun katoddan çıxış işi, $\frac{m\mathcal{G}^2}{2}$ katoddan qopub anoda istiqamətlənmiş elektronların kinetik enerjisidir.



Şəkil 3.



Şəkil 4.

Enşteyn tənliyindən görünür ki, fotonun enerjisinin A hissəsi udan elektronlar katod ətrafında electron buludu yaradır. Emissiya etmiş elektronlar $h\nu - A$ qədər enerji sərf etməklə anoda çatır. Əks halda fotocərəyan yaranma bilməz. Deməli, anoda maksimal kinetik enerjiyə bərabər mənfi gərginlikli sahə yaratmalıyıq ki, elektronlar anoda düşə bilməsin. Başqa sözlə, bağlayıcı gərginlik

$$\frac{m g_{\max}^2}{2} = eU_b \quad (2)$$

şərtini ödəməlidir.

(2) tənliyini (1)-də nəzərə alsaq, Eynşteyn tənliyini

$$h\nu = A + eU_b \quad (3)$$

kimi yazmaq olar. Buradan bağlayıcı gərginlik üçün

$$U_b = \frac{h\nu}{e} - \frac{A}{e} \quad (4)$$

bərabərliyini alarıq. (4) ifadəsi göstərir ki, U_b gərginliyi tezlikdən xətti asılıdır. Onun qrafiki 5. şəklindəki kimidir. U_b -nı iki hal üçün yazsaq,

$$U_{b_1} = \frac{h\nu_1}{e} - \frac{A}{e} \quad (5)$$

və

$$U_{b_2} = \frac{h\nu_2}{e} - \frac{A}{e} \quad (6)$$

olar. (5) və (6) ifadələrini tərəf-tərəfə çıxsaq, Plank sabiti üçün

$$h = e \frac{U_{b_2} - U_{b_1}}{\nu_2 - \nu_1} \quad (7)$$

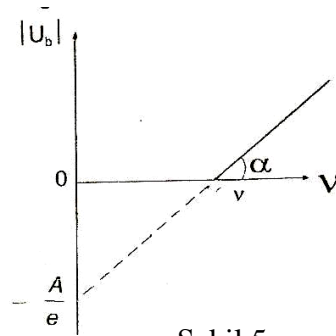
alarıq. Plank sabitinin hesablanması bu üsulu *Lukirski metodu* deyilir.

Elektronun metaldan çıxış işi isə

$$A = e \frac{U_2\nu_1 - U_1\nu_2}{\nu_2 - \nu_1} \quad (8)$$

düsturu ilə hesablanır.

Yuxarıda haqqında danışdığımız fotoeffekt *birfotonlu fotoeffekt* idi. Yəni səthdən qopan elektron bir fotonun enerjisini udaraq fotoelektrona çevrilir. Lakin lazerlərin kəşfindən sonra *çoxfotonlu fotoeffekt*, yəni bir



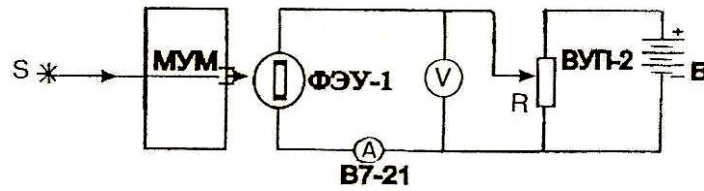
Şəkil 5.

deyil, bir neçə elektronun qopması ilə baş verən fotoeffekt müşahidə etmək mümkün oldu. Çoxfotonlu fotoeffekt üçün Eynşteyn tənliyi

$$nh\nu = A + \frac{m_0c^2}{2} \quad (9)$$

şəklində ifadə olunur.

Vakuüm fotoelementinin (FGU-1 markalı fotoelementin) volt-ampər, lüks-ampər və spektral xarakteristikalarını çıxarmaq üçün əsasını MUM monoxromatoru təşkil edən qurğudan istifadə olunur. Ölçmələri aparmaq üçün FGU-1 fotoelementindən keçən cərəyan şiddətini ölçmək üçün B7-21 universal voltmetrini fotoelementə ardıcıl, onun uclarından gərginliyi ölçmək üçün voltmetri paralel birləşdirmək lazımdır. VUP-2 sabit cərəyan mənbəyindən fotoelementin çıxışlarına verilən gərginliyi artırır-azaltmaq üçün R potensiometrindən istifadə etmək lazımdır (şəkil 6).



Şəkil 6.

İşin gedişi

Çalışma 1: Vakuüm fotoelementinin volt-ampər xarakteristikasının çıxarılması.

1.S mənbəyindən gələn ağ işıq dəstəsini linzalar sistemi vasitəsi ilə monoxromotorun giriş yarığına fokuslamalı.

2. FGU-1 fotoelementi yerləşdirilmiş qeyri-şəffaf qutunu monoxromotorun çıxışına bərkitməli.

3.Monoxromotorun göstərişini 400nm, 500 nm və 600 nm dalğa uzunluğuna gətirməli.

4.R potensiometrinin köməyi ilə fotoelementin çıxışlarına verilən gərginliyi 0-150V arasında 10V artımı ilə dəyişməli.

5.Gərginliyi hər bir qiymətinə uyğun fotocərəyanın qiymətini B7-21 universal voltmetrində qeydə alıb cədvələ yazmalı.

6.Cədvəldəki qiymətlərə əsasən $J_f = f(U_0)$ asılılığını qurmalı.

Çalışma2: Fotoelementin lüks-ampər xarakteristikasının çıxarılması.

1.R potensiometri vasitəsi ilə fotoelementin çıxışlarına sabit gərginlik (80V,90V,100V) verməli.

2.Fotoelementi optik skamyaya üzərində hərəkət etdirməklə işıqlanmanı dəyişməli.

3.Fotoelementin işıqlanmasını lüksmetrlə, fotocərəyanı B7-21 universal voltmetrində qeydə alıb cədvələ yazmalı.

4.Cədvəldəki qiymətlərə əsasən $J_f = f(\lambda)$ asılılığını qurmalı.

Çalışma 3: Fotoelementin spektral xarakteristikasının çıxarılması.

1. R potensiometri vasitəsi ilə fotoelementin çıxışlarına sabit gərginlik (50V; 70V; 90V) verməli.

2. Monoxromotorun göstərişini 10nm intervalı ilə artırıb fotocərəyanın qiymətini B7-21 voltmetrindən qeydə almalı.

3.Gərginliyin hər bir qiymətinə uyğun tərtib edilmiş $J_f = f(\lambda)$ asılılığını qurmalı.

LABORATORIYA İŞİ № 2

MÜTLƏQ QARA CİSİMLƏRİN ŞÜALANMA QANUNLARININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: *Optik pirometr, mütləq qara cisim, cərəyan mənbəyi, ampermetr, voltmeter, reostat, müxtəlif diametrlə diafraqmalar, transformator*

Qısa nəzəri məlumat

XIX əsrin axırlarında, U.Tomsonun (lord Kelvinin) sözləri ilə desək, klassik fizikanın aydın səmasında iki kiçik bulud görsənir. Bunlardan biri dünya efiri məsələsi, digəri mütləq qara cismin şüalanması idi.

Mütləq qara cisim anlayışını elmə daxil edən və onun şüalanma qanunlarını öyrənməyə cəhd edən ilk alim alman fiziki Q.Kirxhof olmuşdur.

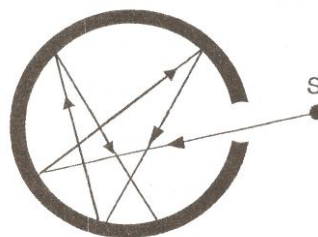
Kirxhof müəyyən etdi ki, termodinamik tarazlıqda olan cisimlərin şüaburaxması qabiliyyətinin onların şüaudma qabiliyyətinə olan nisbəti bu cisimlərin təbiətindən asılı olmayıb tezliyin və temperaturun universal funksiyasıdır.

$$\frac{E(\nu, T)}{A(\nu, T)} = f(\nu, T) \quad (1)$$

Burada $E(\nu, T)$ və $A(\nu, T)$ cisimlərin şüaburaxma və şüaudma qabiliyyəti, $f(\nu, T)$ isə Kirxhofun universal funksiyasıdır. Mütləq qara cisimlər üzərinə düşən bütün şüaları udduqlarından qəbul edilir və $A(\nu, T) = 1$ və $E(\nu, T) = f(\nu, T)$ olur. Əslində təbiətdə mütləq qara cisim yoxdur. Məsələn, dəliyi çox kiçik olan, daxili divarına his hopdurulmuş kürəni (şəkil 1.) mütləq qara cisim hesab etmək olar. Həmin dəlikdən kürəyə daxil olan şüalar onun daxili səthində çoxsaylı əks olunaraq tamamilə udulur və dəlikdən geri qayıtmır.

Kirxhof mütləq qara cisimləri tədqiq edərkən $f(\nu, T)$ universal funksiyasının aşkar şəklini tapa bilməyib və onun yalnız bəzi xassələrini müəyyən etmişdir.

Xəssə1: Mütləq qara cismin şüaburaxma qabiliyyəti Kirxhofun universal funksiyasına bərabərdir.



Şəkil 1.

Xəssə2: Mütləq qara cisim hansı tezlikdə şüa udursa, həmin tezlikdə şüa buraxır.

Universal funksiyanın aşkar şəklini tapmaq üçün Avstriya fiziki Y.Stefan təcrübi yolla müəyyən etdi ki, cismin integral şüaburaxma qabiliyyəti temperaturun dördüncü dərəcəsi ilə mütənasibdir:

$$\varepsilon(T) = \int_0^{\infty} \varepsilon(\nu, T) d\nu = \sigma T^4 \quad (2)$$

Burada σ -mütənasiblik əmsalı olub, ədədi qiyməti təcrübədən tapılmışdır: $\sigma = 5,672 \cdot 10^{-8} \text{ Wt/m}^2 \cdot \text{K}^4$

Stefandan fərqli olaraq digər Avstriya fiziki A.Bolsman termodinamik metodla nəzəri olaraq (2) ifadəsini aldı. Ona görə də, (2) düsturuna *Stefan-Bolsman* düsturu deyilir.

Ancaq Stefan-Bolsman düsturu universal funksiyanın aşkar şəklini tam müəyyənləşdirmədi. Hər şeydən əvvəl həmin ifadədən görünür ki, burada cismin şüaburaxma qabiliyyəti tezlikdən asılı olmayıb yalnız temperaturun funksiyasıdır.

Alman fiziki V.Vin termodinamik və elektrodinamik metodlarla Kirxhof funksiyanın aşağıdakı şəklini aldı:

$$E(\nu, T) = \alpha \nu^3 F\left(\frac{\nu}{T}\right) \quad (3)$$

Burada α -sabit kəmiyyət, $F\left(\frac{\nu}{T}\right)$ isə aşkar şəkli məlum olmayan funksiyadır. (3) düsturunu tezliklərlə deyil, dalğa uzunluqları ilə ifadə etsək,

$$E(\lambda, T) = \frac{c^4}{\lambda^5} F\left(\frac{c}{\lambda T}\right) \quad (4)$$

alırıq. (4) düsturundan λ -ya görə törəmə alıb sıfıra bərabərləşdirsək, ekstremum şərtindən:

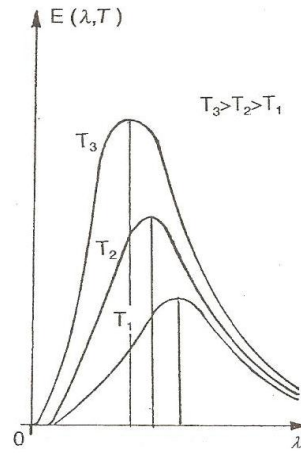
$$\lambda_m \cdot T = b \quad (5)$$

alınar. Burada b -Vin sabiti adlanır. Onun ədədi qiyməti təcrübi olaraq tapılmışdır: $b = 2,9 \cdot 10^3 \text{ m} \cdot \text{K}$, λ_m isə mütləq qara cismin verilmiş temperaturda şüaburaxma qabiliyyətinin maksimumuna uyğun (şəkil 2.) dalğa uzunluğudur.

Qrafikdən görüldüyü kimi temperatur artdıqca funksiyanın maksimumu dalğa uzunluğunun azalması istiqamətində sürüşür.

Aparılan çoxsaylı təcrübələr göstərdi ki, Vin düsturu yalnız böyük tezliklərdə doğrudur.

Əvvəlki tədqiqatçılardan fərqli olaraq, ingilis fiziki J.Reley məsələni termodinamik deyil, statistik metodla həll etməyə cəhd göstərdi. Reley şüalanmaya qapalı həcmdəki durğun dalğalar kimi baxdı. Həmin durğun monoxromatik dalğalar iki sərbəstlik dərəcəsinə malikdir və enerji sərbəstlik dərəcələrinə görə bərabər paylanmışdır. Onda termodinamik tarazlıq halında hər bir monoxromatik dalğaya $h\nu$ qədər enerji düşür. Bu prinsiplərə əsasən Reley 1900-cü ildə mütləq qara cismin şüaburaxma qabiliyyəti üçün



Şəkil 2.

$$E(\nu, T) \sim \nu^2 \cdot kT \quad (6)$$

düsturunu almışdır. Burada k -Bolsman sabitidir. 1905-ci ildə Releyin ideyalarından istifadə edən digər ingilis fiziki J.Cins daha dəqiq hesablamalar aparmaqla mütənasiblik əmsalını tapdı.

$$E(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT \quad (7)$$

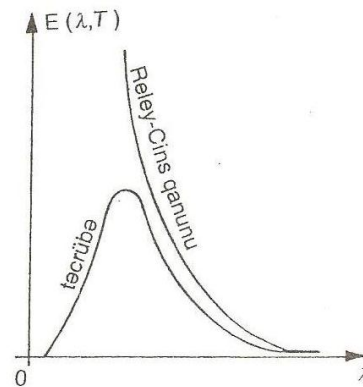
(7) ifadəsinə Reley-Cins düsturu deyilir.

Aparılan çoxsaylı təcrübələr göstərdi ki, Reley-Cins düsturu kiçik tezliklərdə, yəni böyük dalğa uzunluqlarında (şəkil 3.) doğrudur. (7) düsturunu Stefan-Bolsman düsturunda nəzərə alsaq,

$$E(T) = \int_0^{\infty} \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \cdot kT d\nu = \infty \quad (8)$$

olar. Alınan bu absurd nəticəni Avstriya fiziki P.Erenfest «ultrabənövşəyi fəlakət» adlandırmışdır. (8) ifadəsinə görə şüalanma ilə şüalandırıcı cisim arasında tarazlıq ancaq mütləq sıfır temperaturunda baş verməlidir. Bu isə təcrübəyə ziddir.

Beləliklə, dünya fiziklərinin qırx ildən artıq bir müddətdə mütləq qara cismin şüalanmasını xarakterizə edən Kirxhofun universal funksiyasının (bütün spektral oblastlarda doğru olan) aşkar şəklini tapmaq cəhdi müvəffəqiyyətsizliklə nəticələndi.



Şəkil 3.

Bu ziddiyətli vəziyyətdən çıxış yolunu alman fiziki M.Plank tapdı. Bunun üçün o, sadə modeldən istifadə etdi. Planka görə mütləq qara cisim daxili divarları güzgü əksətdirici olan və bütün mümkün məxsusi tezliklərə malik sərbəst harmonik ossilyatorlardan ibarət sistemdir. Burada fasiləsiz şüaburaxma və şüaudma nəticəsində ossilyatorlar termodinamik tarazlıq halında olur. Termodinamik tarazlıq halı üçün Plank yarımempirik yolla Kirxhof funksiyasının aşağıdakı şəklini almışdı:

$$E(\nu, T) = \frac{a_1 \nu^3}{\left(e^{\frac{a_2 \nu}{T}} - 1 \right)} \quad (9)$$

(9) ifadəsini nəzəri olaraq əsaslandırmaq üçün Plank klassik fizikaya zidd olan hipotez irəli sürdü. Bu hipotezə görə, elektromaqnit şüalanması porsiyalar (kvantlar) şəklində baş verir. Şüalanmanın enerjisi isə tezliklə mütənasibdir:

$$E = h \nu \quad (10)$$

burada h mütənasiblik əmsalı olub *Plank sabiti* adlanır. Onun ədədi qiyməti $h=6,625 \cdot 10^{-34}$ C·san-dir.

(10) ifadəsini nəzərə alaraq Plank Kirxhof funksiyası üçün aşağıdakı düsturu almışdır:

$$E(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (11)$$

Plank düsturunu bütün spektral oblastlarda doğruluğu alman fizikləri Q.Rubens və İ.Karlbaum tərəfindən aparılan təcrübədə yoxlanılmışdır.

Beləliklə, Plank tərəfindən verilən cəsarətli hipotez nəinki mütləq qara cismin şüalanma qanunlarını kompleks həll etməyə imkan verdi, həm də fizikanın inkişaf tarixində yeni eranın yaranıb təşəkkül tapmasına səbəb oldu.

Bütün qızdırılmış cisimlər özlərindən elektromaqnit dalğaları şüalandırır. Aşağı temperaturu cisimlər infraqırmızı dalğalar şüalandırır. Temperatur 500°S -yə çatdıqda cismin şüalanma spektrinə görünən oblast əlavə olunur. Deməli, cisimlərin buraxdığı işıqın rəngi, daha dəqiq desək, dalğa uzunluğu (tezliyi) onların temperaturundan asılıdır. Cisimlərin şüalandırdığı işıqın rənginə görə onun temperaturunu müəyyən edən cihaz *optik pirometr* adlanır.

İşin gedişi

Çalışma1: Naməlum cismin temperaturunun təyini

1. 4-cü şəkildə göstərilmiş pirometrdə temperaturu ölçüləcək cismin xəyalını L_2 lenzası vasitəsi ilə lenzanın fokal müstəvisində, K lampasının teli olan yerdə almalı.

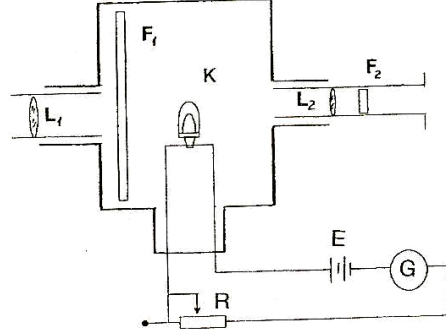
2. Cismin temperaturu 1000°S ətrafında olarsa, F_2 işıq süzgəcindən istifadə etməli.

3. Cismin temperaturu $1200-2000^{\circ}\text{S}$ intervalına təsadüf edərsə, F_2 süzgəci ilə yanaşı F işıq süzgəcindən də istifadə etməli.

4. R reostatı vasitəsi ilə K lampasının telinə E mənbəyindən elə gərginlik verməli ki, telin rəngi temperaturu ölçülən cismin rəngi ilə eyni olsun.

5. Lampasının telinin rəngi ilə temperaturu ölçülən cismin rənginin eyniliyini təmin etdikdən sonra qalvanometrın göstərişinə əsaslanaraq cismin temperaturunu təyin etməli.

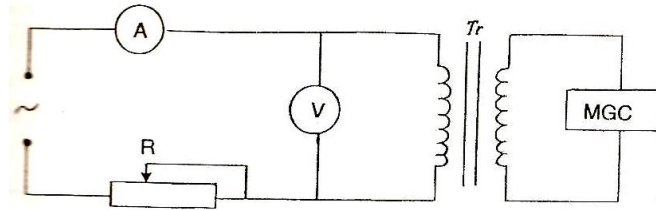
6. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməklə mütləq və nisbi xətaları hesablamalı.



Şəkil 4.

Çalışma2: Stefan-Bolsman qanununun yoxlanılması.

1. Stefan-Bolsman qanununu yoxlamaq üçün 5-ci şəkildə göstərilən sxemi qurmalı.



Şəkil 5.

2. Təcrübə müddətində voltmetr və ampermetrin göstərişlərinə əsaslanmaqla mənbədən mütləq qara cismə verilən istilik miqdarını $Q = 0,9J \cdot U \cdot t$ düsturu ilə təyin etməli.

3. Mütləq qara cismin S dəliyindən şüalandırdığı $E = \sigma(T^4 - T_0^4)S \cdot t$ ifadəsini $Q = 0,9J \cdot U \cdot t$ düsturu ilə bərabərliyindən Stefan-Bolsman sabiti üçün alınmış

$$\sigma = \frac{0,9 \cdot J \cdot U}{(T^4 - T_0^4)S}$$

bərabərliyinə əsasən σ -nı hesablamalı. Burada S-diafraqmanın sahəsi, T- mütləq qara cismin temperaturu, T_0 -ətraf mühitin temperaturudur.

4. Təcrübəni bir neçə dəfə aparmaqla mütləq və nisbi xətanı hesablamalı, alınmış nəticəni nəzəri qiymətlə müqayisə etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 3

HİDROGEN ATOMU SPEKTRİNDƏ SPEKTRAL QANUNAUYGUNLUQLARIN ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: UM-2 monoxromatoru, hidrogen lampası, cərəyan mənbəyi, linzalar sistemi.

Qısa nəzəri məlumat

Aparılan çoxsaylı təcrübələr göstərdi ki, hər bir kimyəvi element və ya birləşmə özünəməxsus spektrə malikdir. Spektrlər quruluşca üç yerə bölünür: *bütöv, xətti və zolaqlı*.

Bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olan atomların şüalanma spektri ayrı-ayrı spektral xətlərdən ibarətdir. Ona görə də atomar quruluşa malik maddələr xətti spektrə malikdir.

Atomların şüalanma spektrlərinin öyrənilməsi atomun quruluşu haqqında fikir söyləməyə imkan verir. Qeyd etmək lazımdır ki, atomların spektrindəki xətlər ixtiyari deyil, müəyyən qruplarla düzülür. *Düzülişlərində və intensivliklərində müəyyən qanunauyğunluq olan spektral xətlər yığımına spektral seriyalar deyilir.*

Bildiyimiz kimi, dövri sistemdə ən sadə element hidrogendir. Deməli, hidrogen spektri də ən sadə spektr olmalıdır. İlk dəfə olaraq, İsveçrə fiziki İ. Balmer məhz hidrogen atomunda, spektrin görünən oblastında spektral xətlərin dalğa uzunluğu üçün aşağıdakı qanunauyğunluğu müəyyən etdi:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad (1)$$

Burada, λ - verilmiş spektral xəttin dalğa uzunluğu, λ_0 - sabit kəmiyyət, n - isə ikidən böyük tam ədəddir.

Bir neçə ildən sonra digər İsveçrə spektroskopisti İ. Ridberq müəyyən etdi ki, (1) ifadəsi ümumiləşmiş halda:

$$\frac{1}{\lambda} = A - \frac{R}{(n+a)^2} \quad (2)$$

şəklində ödənilir. Burada, a və n seriyadan asılı olan sabitlər, R - isə Ridberq sabitidir.

(1) ifadəsini spektral xətlərin dalğa ədədi üçün yazsaq,

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (3)$$

alarıq. Burada, $R = 1.09 \cdot 10^7 m^{-1}$ - Ridberq sabitidir.

(3) *düsturu Balmer düsturu, ona uyğun hidrogen atomu seriyası Balmer seriyası adlanır.* Balmer seriyasındakı spektral xətlər spektrin görünən oblastına aiddir. Hidrogen atomunun spektrinin sonrakı tədqiqi göstərdi ki, belə seriyalar ultrabənövşəyi və infraqırmızı dalğa oblastında da müşahidə olunur. Ultrabənövşəyi oblastdakı seriya Layman seriyası, infraqırmızı oblastdakı seriyalar isə müvafiq olaraq, Paşen, Brekket və Pfund seriyaları adlanır:

$$\nu = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 2, 3, 4 - \text{Layman seriyası};$$

$$\nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 4, 5, 6 - \text{Paşen seriyası};$$

$$\nu = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad n = 6, 7, 8 - \text{Pfund seriyası}.$$

Ümumiləşmiş halda hidrogen atomunda bütün seriyaların spektral xətlərinin dalğa ədədi üçün

$$\tilde{\nu} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (4)$$

düsturunu vermək olar.

Nəhayət, alman fiziki V.Rits tədqiqatların nəticələrini ümumiləşdirərək aşağıdakı düsturu təklif etdi:

$$\nu = T(m) - T(n) \quad (5)$$

$T(m) = \frac{R}{m^2}$ ifadəsi *term* adlanır. (3) ifadəsinə *Ritsin kombinasiya*

prinsipi deyilir. Ritsin kombinasiya prinsipinə görə eyni bir seriyanın iki spektral xəttinin dalğa ədədləri məlum olarsa, onların fərqi həmin atomun digər seriyasına aid olan spektral xəttin dalğa ədədini verir. Təcrübədən alınan, sonradan ümumiləşdirilən bu seriyadakı qanunauyğunluqları atomun planetar modeli izah edə bilmədi.

Yaranmış ziddiyyətli vəziyyətdən çıxış yolunu Danimarka fiziki N.Bor tapdı. Balmer düsturu ilə tanış olan Bor qısa zamanda hidrogen atomunun nəzəriyyəsini yaratmaqla qanunauyğunluqları izah etdi. Bor nəzəriyyəsinin əsasını iki *postulat* təşkil edir:

1. Atomda elə dayanıqlı (stasionar) orbitlər vardır ki, elektron bu orbitlərdə hərəkət edəndə elektromaqnit dalğası şüalandırmır. Bu stasionar orbitlərə uyğun hərəkət miqdarı momenti

$$m_e \mathcal{G} r_n = n\hbar \quad (6)$$

kimi təyin edilir. Burada, $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ - Plank sabiti, m_e - elektronun kütləsi, \mathcal{G} - sürəti, r - orbitin radiusu və $n=1, 2, 3, \dots$ - tam ədəddir.

2. Elektron stasionar orbitlərin birindən digərinə keçdikdə atom işıq kvantı şüalandırır və ya udur. Işıq kvantının enerjisi stasionar enerjilərin fərqi bərabərdir:

$$h\nu = E_n - E_m \quad (7)$$

Borun birinci postulatı və elektronun stasionar orbitdə hərəkət tənliyindən

$$m_e \mathcal{G} r_n = n\hbar \quad (8)$$

$$\frac{m_e \mathcal{G}^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n^2} \quad (9)$$

istifadə etməklə atomun enerjisini hesablamaq olar. Bunun üçün (8) və (9) ifadələrindən stasionar orbitlərin radiusunu tapsaq, onun ifadəsi

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{m_e e^2} \cdot n^2 \quad (10)$$

olar. (10) ifadəsi stasionar orbitlərin radiuslarının da kvantlandığını göstərir.

Elektronun stasionar orbitdə hərəkəti zamanı malik olduğu tam enerji

$$W = W_k + W_p = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{\epsilon r_n} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n} = -\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n} \quad (11)$$

olar. (10) ifadəsini (11)-də nəzərə alsaq, enerji üçün

$$W_n = \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (12)$$

düsturunu alırıq. Burada, m_e - elektronun kütləsi, ϵ_0 - dielektrik sabiti, ϵ - dielektrik nüfuzluğu, h - Plank sabiti, $n=1, 2, 3, \dots$ - baş kvant ədədidir.

Deməli, atomda nəinki stasionar səviyyələrin radiusları, həm də həmin səviyyələrdəki elektronların enerjilərinin də kvantlandığı müəyyən olur.

Borun ikinci postulatına görə atomun işıq kvantı şüalandırması və ya udması üçün

$$h\nu = \frac{m_e \cdot e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (13)$$

şərtinin ödənilməsi zəruridir. (13) düsturundan isə şüalanan və ya udulan kvantın tezliyini hesablamaq olur

$$\nu_{nm} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (14)$$

Burada, m və n - tam ədədlərdir.

Bor nəzəriyyəsiindən alınan (13) düsturundakı əmsal üçün

$$R = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \quad (15)$$

ifadəsini alırıq. Burada, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kq- elektronun kütləsi, $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Kl – elektronun yükü, $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m- dielektrik sabiti, $h = 6.625 \cdot 10^{-34}$ J·san- Plank sabitidir. Həmin sabitləri (15) düsturunda yerinə qoyub Ridberq sabiti üçün.

$$R = 3.29 \cdot 10^{15} \text{ san}^{-1}$$

qiymətini alırıq.

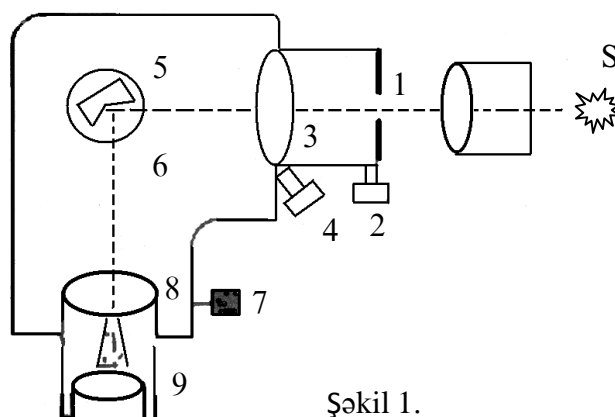
Ridberq sabitinin Bor nəzəriyyəsiindən alınan qiymətlə üst-üstə düşməsi onu göstərir ki, Bor nəzəriyyəsi yarımklassik, yarımkvant nəzəriyyə olub, hidrogen atomunda baş verən fiziki prosesləri izah etmiş və atomdaxili prosesləri izah edə biləcək kvant nəzəriyyəsinin yaranmasında mühüm rol oynamışdır.

Hidrogen atomunun spektrindəki seriyaları müşahidə etmək üçün UM-2 monoxromatorunu dərəcələmək lazımdır. Bu işdə etalon kimi civə lampasından istifadə edilir.

Monoxromator spektral xətləri 0.35÷1.0 mkm oblastında tədqiq etməyə imkan verir. UM-2 monoxromatorunun sxemi 1-ci şəkildə göstərilmişdir. Girişdən monoxromatora işıq 1 yarığı vasitəsilə daxil olur. Adətən işıq yarığın eni 0.02÷0.03mm seçilir, 2 vinti vasitəsi ilə tənzim edilir. 5 prizması isə 6 altlığı vasitəsi ilə fırlanır. Bu altlıq 7 barabanına bağlıdır. Barabanın üzərində dərəcə bölgüsü olan spiralşəkilli cızıq vardır. Baraban fırlandıqca dərəcə göstəricisi bu cızıq üzrə sürüşür. Barabanın fırlanması ilə paralel 5 prizması da 6 altlığı ilə bərabər dönür. Prizmadan 90° bucaq altında sınıan şüa 8 obyektiv və 9 okulyarından ibarət optik sistemə düşür.

Lazım gəldikdə, 9 okulyarı çıxış yarığı ilə əvəz edilir. Baraban fırlandıqca monoxromatik şüalar bu yarıqdan müşahidə edilir. Barabanın

üzərində ədədlər monoxromatorun çıxışında alınan rənglərin dalğa uzunluğuna uyğun gəlmədiyindən, UM-2 monoxromatorunu dərəcələmək zərurəti yaranır. Dərəcələnməni aparmaq üçün civə lampasından istifadə edilir. Bu lampanın verdiyi spektral xətlərin dalğa uzunluğu və nisbi parlaqlıq dərəcəsi aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.



Şəkil 1.

Dərəcələnmənin koordinat sisteminin X oxunda monoxromatorun barabanındakı ədədlər, Y oxunda isə müvafiq spektral xəttin dalğa uzunluğu qeyd edilir. Dərəcələnmə əyrisi iri ölçülü millimetr bölgüsü olan kağızda aparılmalıdır.

Xətlərin rəngi	Nisbi parlaqlıq	Dalğa uzunluğu, nm
Sarı	10	579,07
Sarı	8	576,96
Yaşıl	10	546,07
Mavi	1	491,60
Göy	8	435,83
Bənövşəyi	1	407,87
Bənövşəyi	2	404,66

Civə lampası vasitəsi ilə UM-2 monoxromatorunu dərəcələdikdən sonra hidrogen lampasının verdiyi spektral xətlərin dalğa uzunluğunu ölçmək olar. Bunun üçün civə lampasını hidrogen lampası ilə əvəz etmək və monoxromatorun linzalar sistemini bu lampaya uyğun fokuslamaq lazımdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, hidrogen lampasının spektrində atomar hidrogenlə yanaşı, molekulyar hidrogenin də spektral xətləri müşahidə

edilir. Ona görə də axtarışı daha parlaq olan qırmızı H_α xəttindən başlamaq lazımdır. İkinci xətt- yaşıl-mavi rəngli H_β xəttidir. H_α və H_β spektral xətləri arasında bir neçə zəif qırmızı-sarı və yaşıl zolaqlar müşahidə edilir ki, bunlar da molekulyar hidrogenlə bağlıdır.

Atomar hidrogenin üçünjü spektral xətti bənövşəyi rəngli H_γ xəttidir. Dördüncü xətt isə bənövşəyi rəngli H_δ xəttidir. Ancaq dördüncü xətt çox zəif olduğundan, onu həmişə müşahidə etmək olmur.

Bu xətləri vizual müşahidə etdikdən sonra onların dalğa uzunluğunu dərəcələnməmiş monoxromator vasitəsi ilə qeyd etmək lazımdır.

İşin gedişi

1. Hidrogen lampasını cərəyan mənbəyinə birləşdirib lampanın işıqlanmasını təmin etməli.

2. Linzalar sistemi vasitəsi ilə hidrogen lampasının işığını monoxromatorun giriş yarığına fokuslamalı.

3. 6 altlığı vasitəsi ilə 5 prizmasını fırladaraq 8 baxış borusunda hidrogen atomunun spektral xətlərini müşahidə etməli.

4. Müşahidə olunan spektral xətlərinin dalğa uzunluğunu (tezliyini) dərəcələnməmiş şkalaya görə təyin etməli.

5. Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməklə alının nəticələrin mütləq və nisbi xətalərini hesablamalı.

6. Bor nəzəriyyəsiindən alınan (13) ifadəsinə görə hidrogen atomunun baş kvant ədədinin $n=1,2,3,4,5\dots$ qiymətlərinə uyğun enerji diaqramını qurmali.

7. Alınmış enerji diaqramında Layman, Balmer və Paşen seriyalarına uyğun enerji keçidlərini göstərməli.

LABORATORIYA İŞİ № 4

FRANK - HERS TƏCRÜBƏSİ

Ləvazimat: LM-2 markalı qaz lampası, sabit cərəyan mənbələri, voltmetr, qalvanometr, potensiometr, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

İngilis fiziki J.Tomson katod şüalarını tədqiq edərkən elektronu kəşf etdi, 1903-cü ildə isə atomun ilk modelini təklif etdi. Tomsona görə, atom müsbət yüklü kürədən və onun daxilində rəqsi hərəkətdə olan elektronlardan ibarət sistemdir. Bu model atomun elektroneytrallıq şərtini ödəyib ölçüsünü (atomun radiusu $\sim 10^{-10}$ m-ə bərabərdir) düzgün müəyyən etsə də, özünü doğrultmadı. Belə hadisələrdən biri yüklü zərrəciklərin atomdan səpilməsi idi: -Bu məsələyə aydınlıq gətirmək üçün digər ingilis fiziki E.Rezerford daha mükəmməl model olan atomun planetar modelini təklif etdi. Bu modelə görə, elektronlar müsbət yüklü nüvə ətrafında hərəkət edir. Klassik elektrodinamika qanunlarına görə təcillə hərəkət edən elektronlar özlərindən şüa buraxaraq nüvənin üzərinə düşməli idi. Əslində isə bu hadisə baş vermir, yəni atom dayanıqlı sistem olub stabil halda yaşama müddəti sonsuzdur. Bu ziddiyətli vəziyyətdən çıxış yolunu Danimarka fiziki N.Bor tapdı.Bor iki postulat verməklə atomun quruluşu haqqında yeni nəzəriyyə yaratdı. Bu postulatlarla görə atom istənilən halda deyil, yalnız stasionar halda ola bilər. Bir stasionar haldan digərinə keçdikdə şüa udulur və ya buraxılır. Bu keçidlər atomun zərrəciklərlə toqquşması nəticəsində də baş verə bilər.

Borun kvant nəzəriyyəsinin yaranmasından əvvəl alman fizikləri J.Frank və H.Hers atomların ionlaşma enerjisini təyin etmək üçün müəyyən təcrübələr qoymuşdular. Atomun ionlaşma enerjisi dedikdə, valent elektronlarından birini və ya bir neçəsini qoparmaq üçün lazım olan enerji başa düşülür. Onlar öz təcrübələri isə, Bor postulatlarını təsdiq edən nəticələr əldə etdilər.

Frank-Hers təcrübəsinin sxemi 1-ci şəkildə göstərilmişdir.

Termoelektron emissiyası nəticəsində K katodundan qopan elektronlar qazın daxilindən keçdikdə qaz atomları ilə toqquşur. Atomların elektronu udub mənfi iona çevrilməməsi üçün təsirsiz qazlardan və ya

metal buxarlarından istifadə edilmişdir. Frank-Hers təcrübəsində istifadə olunan civə buxarının təzyiqi ~ 24 mm c.st. olmuşdur.

K katodu ilə T toru arasında elektronlar xarici sahənin təsiri ilə sürətləndirilir. Balon daxilində elektrodlar elə yerləşdirilir ki, elektronların civə atomları ilə toqquşması ancaq katod ilə anod arasındakı fəzada baş verir.

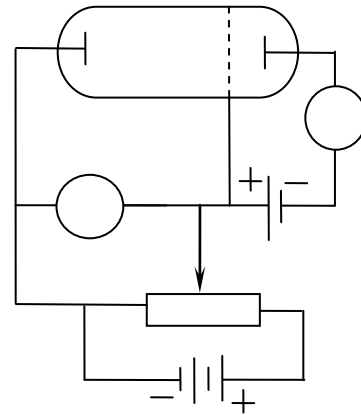
Müəyyən edilmişdir ki, elektron-atom qarşılıqlı təsiri iki cür olur: elastiki və qeyri-elastiki. Elastiki toqquşma zamanı elektronla atom arasında heç bir enerji mübadiləsi baş vermir və atomun daxili halı dəyişmir. Qeyri-elastiki toqquşma zamanı isə atomun daxili halı dəyişir və o bir enerji səviyyəsindən digərinə keçir.

Bor nəzəriyyəsinə görə qazdan keçən elektronların kinetik enerjisi müəyyən qiymətdən böyük olmalıdır ki, toqquşma qeyri-elastiki olsun.

Elektronlarla atomlar arasındakı toqquşma elastiki olduqda, elektronlar heç bir enerji itirmədən A elektroduna çatır. Ona görə də R potensiometri vasitəsilə gərginliyi artırıdığca G qalvanometrindən keçən cərəyan da (OA əyrisi) artacaq.

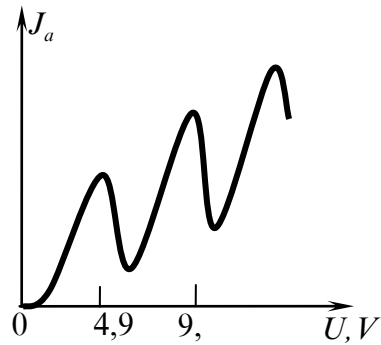
Gərginliyin sonrakı artımında elektronların sürəti, həm də kinetik enerjisi artdığından, elektron-atom qarşılıqlı təsiri qeyri-elastiki xarakter alır. Elektronlar enerjinin bir hissəsini atomlara verdiyindən, onların əksəriyyəti qeyri-elastiki toqquşmadan sonra tor ilə arasındakı bağlayıcı sahəni dəf edə bilməyib tor dövrəsinə daxil olur. Ona görə də cərəyan şiddəti kəskin azalır. Elastiki toqquşmaya məruz qalan və bağlayıcı sahəni dəf edən elektronlar tordən ötərək qalvanometr dövrəsinə daxil olur. Bu səbəbdən də cərəyan sıfıra enmir.

Qeyri-elastiki toqquşmadan sonra enerjisini itirən elektronlar gərginliyin artması ilə yenidən kinetik enerjisini artırır. Gərginliyin $4,9V+4,9V=9,8V$ qiymətinə qədər (BC əyrisi) elektron-atom toqquşması yenidən elastiki xarakter daşdığından, cərəyan şiddəti artmağa başlayır. Qeyri-elastiki toqquşma C nöqtəsindən yenidən təkrarlanır. $9,8V$ -dan böyük gərginliklərdə enerjisini itirmiş elektronlar yenidən tor tərəfindən tutulur və cərəyan şiddəti kəskin azalır.



Şəkil 1.

Beləliklə, cərəyan maksimumları gərginliyin 4,9V qiymətinin tam misillərinə uyğun gəlir (Şəkil 2.). Gərginliyin 4,9 V qiymətinə *birinci böhran* və ya *birinci rezonans potensialı* deyilir. Qeyd etmək lazımdır ki, laboratoriya işində tətbiq edəcəyimiz helium atomu üçün birinci rezonans potensialı 21V-a bərabərdir.



Şəkil 2.

Frank-Hers təcrübəsi atomun quruluşu haqqında Bor nəzəriyyəsinin əsasını təşkil edən postulatları təsdiq edən tutarlı faktlardan biri oldu.

İşin gedişi

1. Əsas elementi LM-2 markalı qaz lampasını 1-ci şəkildə göstərilən elektrik dövrəsinə qoşmalı.
2. R potensiometrindən istifadə etməklə katod gərginliyini 35V-a qədər artırmalı.
3. Cədvəl qurmaqla anod cərəyanının katod gərginliyindən asılılıq qrafikini qurmalı.
4. Funksional asılılığını qurarkən cərəyanın azalma oblastına xüsusi diqqət verməli.
5. Alınmış qrafikə əsasən helium atomunun birinci həyəcanlanma enerjisini təyin etməli.

LABORATORİYA İŞİ № 5

LAZER ŞÜALARININ ÖYRƏNİLMƏSİ

Ləvazimat: Optik skamyaya, biri digərinin üzərində hərəkət edən perpendikulyar xətkəşlər sistemi, lazer, difraksiya qəfəsi.

Qısa nəzəri məlumat

XX əsrin ikinci yarısında tətbiqi fizikada edilən ən böyük kəşflərdən biri optik kvant generatorunun-lazerin kəşfidir. Lazerin iş prinsipinin fiziki əsasını induksiyanmış, başqa sözlə, məcburi şüalanma təşkil edir.

Atom bir energetik haldan digərinə keçdikdə özbaşına elektromaqnit dalğası şüalandırırsa, belə şüalanma *spontan şüalanma* adlanır. Spontan şüalanmada atomlar bir-birindən asılı olmadan şüalanma verdiyindən bu, qeyri-koherent şüalanmadır.

A.Eynşteyn nəzəri olaraq göstərmişdir ki, xarici elektromaqnit sahəsinin təsiri ilə elektronlar yuxarı energetik səviyyəyə «qovula» bilər. Qovulmuş elektronların aşağı energetik səviyyəyə keçidi isə şüalanma ilə müşayiət olunur ki, belə şüalanma *məcburi və ya induksiyanmış şüalanma* adlanır.

Məcburi şüalanmanın məxsusi tezliyi xarici sahənin tezliyi ilə üst-üstə düşdükdə onun başvermə ehtimalı kəskin artır. Nəticədə fotonun həyəcanlanmış atomla toqquşması nəticəsində eyni enerjiyə və istiqamətə malik iki foton yaranır. Deməli, yeni yaranan fotonlar eyni tezliyə və sabit fazalar fərqinə malikdir. Məcburi şüalanmanı öz-özünə şüalanmadan fərqləndirən əsas cəhəti də onun koherent olmasıdır. Lazerin əsasını da bu xassə təşkil edir.

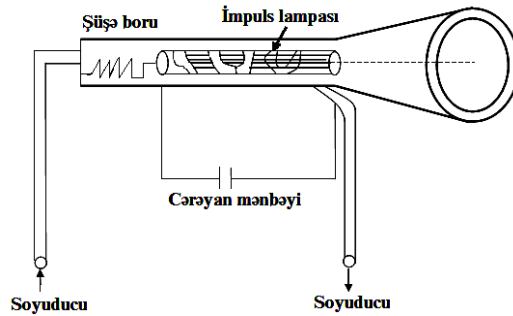
Məcburi şüalanmanın baş verməsi, yəni maddədən çıxan işığın intensivliyinin maddəyə düşən işığın intensivliyindən çox olması üçün həyəcanlanmış halda olan atomların sayı əsas halda olan atomların sayından çox olmalıdır. *Maddənin bu halı inversiyanmış hal adlanır.* Bu zaman maddəyə düşən işıq orada udulmaq əvəzinə güclənərək çıxır.

İnversiyanmış halda olan maddə elektromaqnit dalğalarını şüalandırmaqla yanaşı, həm də generasiya edir. N.T.Basov, A.M.Proxorov və onlardan asılı olmayaraq, amerikalı alimləri Ç.Tauns və C.Veber santimetrlik diapazonda işləyən molekulyar generator –mazer hazırladılar. «Mazer» sözü ingiliscə- Microvave Amplification by Stimulated Emission

of Radiation-mikrodalğaların məcburi şüalanma yolu ilə gücləndirilməsi sözlərinin baş hərflərindən götürülmüşdür.

Digər amerikan fiziki T. Meyman optik diapazonda (0,7mkm) işləyən analogi cihaz-lazer yaratdı. «Lazer» sözü ingiliscə Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation- işığın məcburi şüalanma yolu ilə gücləndirilməsi sözlərinin baş hərflərindən götürülmüşdür.

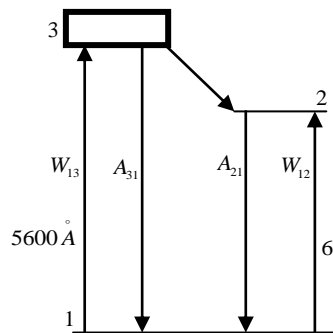
İlk lazerlərdə aktiv mühit kimi 0,05% Cr atomları ilə aşqarlanmış yaqut (Al_2O_3) kristalı götürülmüşdür. Yaqut kristalı – (1) silindr formalı olub diametri 0,4 – 2sm, uzunluğu 3-20 sm (şəkil 1.) ölçüsündə seçilmişdir.



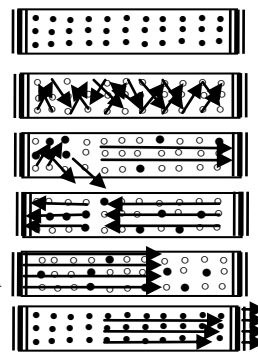
Şəkil 1.

Silindrin paralel olan 3 və 4 səthlərinə gümüş təbəqəsi çəkilmişdir. Səthlərdən biri üzərinə düşən işığın 92%-ni qaytarır və 8%-ni buraxır. Yaqut kristalı spiralsəkilli –2 lampasının daxilində yerləşdirilir. Cr atomları lampanın şüalanma spektrindəki 560 nm-lik dalğaları udaraq 2-ci həyəcanlanmış səviyyəyə keçir. (şəkil 2.).

Atomların bu səviyyədə yaşama müddəti çox az- 10^{-7} - 10^{-8} san. tərtibində olub 3 metastabil səviyyəyə keçir. 3-1 keçidi nəticəsində həyəcanlanmış atomlar əsas hala qayıdaraq dalğa uzunluğu 6943-nm olan monoxromatik işıq şüalandırır. Yüksək intensivliyi və monoxromatrikiyi ilə seçilən bu şüa dəstəsinin alınma ardıcılığı 3-cü şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 2.



Şəkil 3.

2 lampasının gücü kifayət qədər böyük olduqda, metastabil səviyyədəki atomların sayı əsas haldakı atomların sayından çox olur. Bir atom metastabil haldan əsas hala keçərsə, bu proses selşəkili davam edir. Bütün xrom atomlarının şüalanma prosesi 10^{-8} - 10^{-9} san. müddətində baş verir. Yaqut lazeri impuls rejimində işlədiyindən, kristal yüksək temperatura qədər qızır. Bunun qarşısını almaq üçün o, maye azot vasitəsi ilə soyudulur.

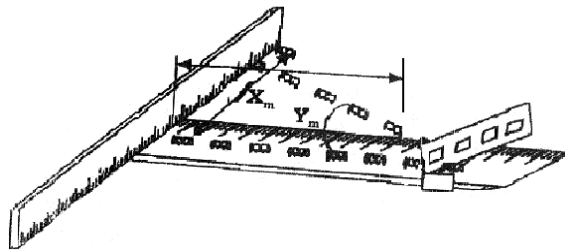
Amerikan fiziki A.Cavan (milliyyətə azərbaycanlıdır) helium və neon qarışığından təşkil olunmuş rezonatorlu lazer, iki il sonra isə yarımkeçirici rezonatorlu lazer hazırladı. Hal-hazırda qaz, maye və bərk rezonatorlu, müxtəlif güclü və dalğa uzunluqlu lazerlər yaradılmışdır.

Lazerlərin şüalandırdığı işıq adi işıqdan a) yüksək monoxromatikliyi, b) zaman və fəza koherentliyi, c) böyük intensivliyi, d) dağılmazlığı ilə seçilir. Lazer şüalanmasının bu keyfiyyətindən radiorabitə, tibb, qaynaq işləri, holoqrafiya, kompüter texnikası və s. sahələrdə istifadə edilir.

İşin gedişi

Tapşırıq 1: Lazer işığının dalğa uzunluğunun difraksiya qəfəsi ilə təyini

Lazer işığının dalğa uzunluğunu təyin etmək üçün optik skamyadan, ortasında yarığı olan millimetrlərə bölünmüş xətkəşdən və difraksiya qəfəsindən istifadə olunur. Xətkəş optik skamyanın bir ucunda ona perpendikulyar olaraq bərkidilir.



Şəkil 4.

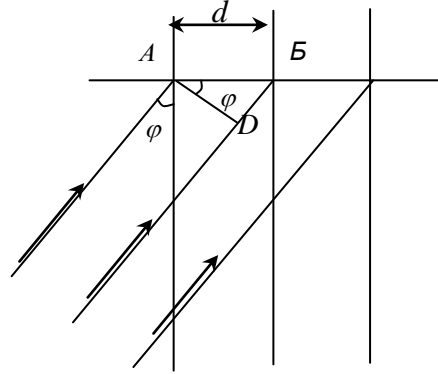
Difraksiya qəfəsində isə xətkəş yarığa paralel olaraq oturajaq üzərindəki sıxaca qoyulur. Yarıq arxa tərəfdən lazer şüası ilə işıqlandırılır. Difraksiya qəfəsindən işıqlı yarığa baxdıqda yarığın sağ və sol tərəflərində difraksiya maksimumları görünür. m -ci maksimumun yarığın mərkəzindən olan məsafəni X_m , yarıqla difraksiya qəfəsi arasındakı məsafəni Y ilə işarə etsək, 4.-cü şəkildən görüldüyü kimi,

$$\sin \varphi_m = \frac{X_m}{\sqrt{X_m^2 + Y^2}} \quad (5)$$

alarıq.

Digər tərəfdən, 5-ci şəkildən görüldüyü kimi, difraksiya qəfəsinə düşən işıq öz istiqamətini dəyişir. $\triangle ABD$ -dən difraksiya bucağının sinusu

$$\sin \varphi = \frac{BD}{AB} \quad (6)$$



Şəkil 5.

olacaq. Burada, AB məsafəsi difraksiya qəfəs sabitidir: $AB = d$. BD isə qəfəsə düşən şüaların yollar fərqi. Maksimumluq şərtinə görə

$$BD = 2m \frac{\lambda}{2} \quad (7)$$

olmalıdır. Yəni,

$$\sin \varphi_m = \frac{2m \frac{\lambda}{2}}{d} \quad (8)$$

olacaq. (5) və (8) ifadələrinin bərabərliyindən aşağıdakı ifadə alınır:

$$\lambda = \frac{d \cdot X_m}{m \sqrt{X_m^2 + Y^2}} \quad (9)$$

$X_m < Y$ olduğundan şüanın dalğa uzunluğunu

$$\lambda = \frac{d \cdot X_m}{m \cdot y} \quad (10)$$

düsturu ilə hesablamaq olar.

Nəzəri hissədə qeyd etmişdik ki, lazer şüalarının adi şülardan fərqləndirən cəhətlərindən biri onların az səpilməsidir. Lakin bu xassə mütləq mənə daşımır. Ona görə də, kiçik də olsa, lazer şüalarının dağılma dərəcəsinin ölçülməsi praktiki baxımdan maraqlıdır.

Lazer şüalarının dağılma dərəcəsi

$$\varphi = 1.22 \frac{\lambda}{D} \quad (11)$$

düsturu ilə hesablanır. Burada, λ - lazer şüalarının dalğa uzunluğu, D - işıq dəstəsinin diametridir.

Bildiyiniz kimi, işıq kvantının, o cümlədən, lazer şüaları kvantının enerjisi

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda} \quad (12)$$

düsturu ilə hesablanır. Burada, $h=6.625 \cdot 10^{-34}$ C ·san – Plank sabiti, $c=3 \cdot 10^8$ m/san – işığın vakuumdakı sürətidir. 1-ci tapşırıqdan λ -nı tapıb, (12) düsturuna qoymaqla lazer şüaları kvantının enerjisini

$$E = h \cdot \frac{c \cdot 1.22}{\varphi \cdot D} \quad (13)$$

düsturu vasitəsi ilə hesablamaq olar.

İşin gedişi

1.Şkalanın yarığı qarşısında qoyulmuş difraksiya qəfəsini lazer vasitəsi ilə işıqlandırmaq.

2.Qəfəslə ekran arasındakı məsafəsini, yarıqdan qeyd edilmiş $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ məsafələrini ölçməli.

3.Qəfəsi ekrandan müxtəlif məsafələrdə yerləşdirməklə təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməli.

4.Ölçmələrin nəticələrini (10) düsturuna yazmaqla lazer şüasının dalğa uzunluğunu hesablamaq.

5. D işıq dəstəsinin diametrini təcrübədən ölçməklə (11) düsturu vasitəsi ilə lazer şüalarının dağılma dərəcələrini təyin etməli.

6. Lazer şüasının dalğa uzunluğu ölçüldükdən sonra (12) düsturu vasitəsi ilə lazer şüaları kvantının enerjisini hesablamaq.

7.Təcrübənin müxtəlif rəngli lazer şüaları üçün aparmaqla mütləq və nisbi xətanı hesablamaq.

LABORATORIYA İŞİ № 6 ELEKTRONUN XÜSUSİ YÜKÜNÜN MAQNETRON ÜSULU İLƏ TƏYİNİ

Ləvazimat: Selenoid, silindrşəkilli anoda malik iki elektrodlu elektron lampası, milliampmetr, voltmetr, cərəyan mənbələri, teslametr, birləşdirici naqillər.

Qısa nəzəri məlumat

Fizikada müasir elmi təsəvvürlərin formalaşmasına və kvant fizikasının yaranıb inkişaf etməsinə təsir edən ən böyük hadisələrdən biri elektronun kəşfidir.

Elektrikin kəsilməz maye deyil, xüsusi zərrəciklərdən ibarət olması fikrini ilk dəfə elektroliz hadisələrini öyrənərkən məşhur ingilis alimi M.Faradey söyləmişdi.

Məlum olmuşdur ki, birvalentli maddədən elektrodun üzərinə 1 mol maddə yığılarkən elektrolitdən 96500 Kl elektrik yükü keçir. Maddə ikivalentli olduqda elektrolitdən keçən elektrik yükü iki dəfə, n valentli olduqda isə n dəfə çox olur. Deməli, çoxvalentli ionlar birvalentli ionlardan tam sayda fərqlənən elektrik yükünə malikdir.

Avaqadro qanununa görə bir mol maddə miqdarındakı zərrəciklərinin sayının $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ -ə bərabərdir. Onda bir zərrəciyə düşən yük, daha dəqiq desək, elementar elektrik yükü

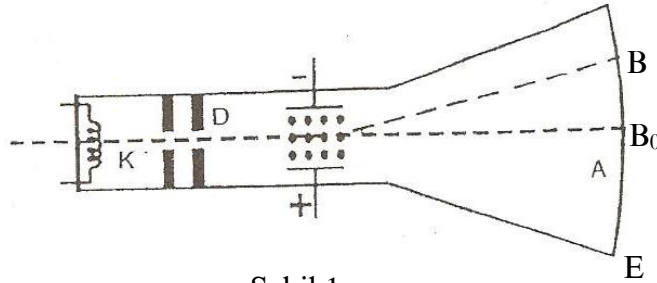
$$e = \frac{F}{N_A} = \frac{96500 \text{ Kl} / \text{mol}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,6 \cdot 10^{19} \text{ Kl}$$

bərabər olur.

İrland fiziki Q.Stoney elementar yükü nəzəri olaraq hesablamaqla, onu elektron adlandırdı. İlk dövrdə bu fikir elmi ictimaiyyət tərəfindən layiqincə qiymətləndirilmədi. Yalnız ingilis fiziki J.Tomsonun rəhbərliyi altında işləyən alimlər qrupu daha dəqiq eksperimentlər qoymaqla elektronun varlığını sübut etdilər. Rentgen şüalarının təbiətini öyrənərkən Tomson şagirdi İ.Rezerfordla birlikdə müəyyən etdilər ki, rentgen şüalarının təsiri ilə qazların elektrik keçiriciliyi artır. Bu şüaların təsiri kəsildikdən sonra da elektrik keçiriciliyi öz qiymətini saxlayır. Deməli, rentgen şüaları qaz molekullarına təsir edərək onu yüklü hissəciklərə parçalayır. Bu yüklü hissəciklərin nə olduğunu, onların kütləsini, yükünü

müəyyən etmək üçün Tomson katod şüalarını öyrənməyə başladı. Çünki katod şüaları da yüklü zərrəciklərdən ibarət idi.

Elektronun xüsusi yükünü təyin etmək üçün Tomson 1.-ci şəkildə göstərilən yüksək vakuumlu elektron-şüa borusundan istifadə etmişdi. K katodu temperaturu 2000 K olan volfram telidir. A anodu isə diafraqma şəklində hazırlanmışdır ki, K katodundan qopan elektronlar oradan və D diafraqmasından keçərək dar zərrəcik seli kimi üzərinə lüminator təbəqəsi çəkilmiş E ekranına düşsün. Kondensatorun lövhələri maqnit sarğac daxilində yerləşdiyindən hərəkət edən yüklü zərrəciklərə Lorens qüvvəsi təsir edir. Bu qüvvənin təsiri altında yüklü zərrəcik B nöqtəsinə deyil, B₁ nöqtəsinə düşərək ekranın həmin nöqtəsində parıltı yaradır.



Şəkil 1.

Maqnit sahəsinin təsiri nəticəsində yüklü zərrəciyin trayektoriyası əyilirsə, bu zərrəciyə mərkəzəqaçma qüvvəsi təsir edir. Ona görə də zərrəciyin hərəkəti üçün

$$e\mathcal{G}B = \frac{m\mathcal{G}}{R} \quad (1)$$

olacaq. Burada e - katoddan qopan zərrəciyin yükü, m -kütləsi, \mathcal{G} -hərəkət sürəti, R -trayektoriyanın əyrilik radiusu, B -maqnit sahəsinin induksiyaasıdır. (1) ifadəsindən elektronun xüsusi yükü üçün

$$\frac{e}{m} = \frac{\mathcal{G}}{RB} \quad (2)$$

alırıq. \mathcal{G} sürətini ölçmək çətin olduğundan Tomson maqnit sahəsinə elektrik sahəsi ilə kompensasiya etmişdi: $e\mathcal{G}B = eE$. Burada $\mathcal{G} = \frac{E}{B}$ olduğundan (2) düsturunu

$$\frac{e}{m} = \frac{E}{RB^2} \quad (3)$$

şəklində ifadə etmək olar. Deməli, elektron-şüa borusundakı kondensatorun lövhələri arasındakı E intensivliyini, maqnit sahəsinin B induksiyaasını və elektronun hərəkət trayektoriyasının əyrilik radiusunu

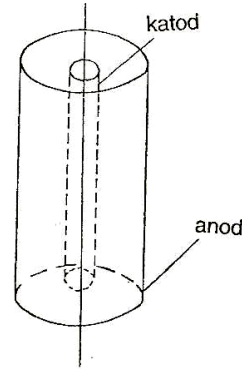
bilməklə elektronun xüsusi yükünü (e/m) hesablamaq olar. Bu yolla Tomsonun aldığı orta qiymət $e/m=2,3 \cdot 10^7$ SQSM olmuşdu. Əslində hissəciklərin atom, molekul və ya daha kiçik ölçülü zərrəcik olduğunu müəyyənləşdirmək lazım idi. Problemi həll etmək üçün Tomson katod şüalarını içərisinə müxtəlif qazlar (hava, hidrogen, karbon) doldurulmuş borularda tədqiq etməyə başladı. O, qazların borudakı təzyiqini və elektrodların hazırlandığı maddəni dəyişməklə $\frac{e}{m}$ nisbətini ölçdü.

Çoxsaylı təcrübələr bu nisbətin qazların təbiətindən və elektrod maddəsindən asılı olmadığını göstərdi.

Katod şüaları ionlardan ibarət olsaydı, onda boruya doldurulan qaz nisbətinə təsir edərdi. Deməli, elektrik boşalması zamanı maddə özünün «daha incə» quruluşlu olduğunu göstərdi. Bu ideyaya əsaslanmaqla Tomson və onun şagirdi H.Tausend daha dəqiq eksperimentlər qoymaqla katod hissəciklərinin xüsusi yükünü ölçdülər. Müəyyən olundu ki, katod hissəcikləri hidrogen ionundan $\sim 10^3$ dəfə kiçik kütləyə malikdir.

Beləliklə, maddədə elementar hissəciyin mövcudluğu fikri şəkildə təsdiq olundu. J.Tomson, H.Tausend, V.Kaufman, F.Lenard, A.Şuster və başqa fiziklər katod hissəciklərinin xüsusi yükünü ölçmək üçün müxtəlif üsullar təklif etdilər. Bu üsullardan biri maqnetron üsulu idi.

Maqnetron üsulu ilə elektronun xüsusi yükünü təyin edən qurğunun əsasını selenoid içərisində yerləşən, silindr şəkilli anoda malik iki elektrodlu elektron lampası-diod (şəkil 2.) təşkil edir.



Şəkil 2.

Selenoidi cərəyan mənbəyinə qoşsaq, onun daxilində maqnit sahəsi yaranır. Bu istiqaməti lampanın oxuna paraleldir. Ümumiyyətlə, katoddan emissiya olunub anoda istiqamətlənən elektronlar həm elektrik, həm də maqnit sahəsinin təsiri ilə hərəkət edir. Ona görə də bu üsul maqnetron üsulu adlanır. Elektronu təsir edən elektrik qüvvəsi

$$F = eE \quad (4)$$

maqnit qüvvəsi isə

$$F = e\mathcal{G}_\varphi B \quad (5)$$

düsturları ilə hesablanır. Burada e -elektronun yükü, E -elektrik sahəsinin intensivliyi, \mathcal{G}_φ -elektronun φ bucağı altındakı sürəti, B -induksiyasıdır.

Elektronun diodun katodundan qopub anoda çatması üçün xarici sahənin gördüyü iş

$$eU = \frac{1}{2} m \mathcal{G}^2 = \frac{m}{2} (\mathcal{G}_r^2 + \mathcal{G}_\varphi^2) \quad (6)$$

ifadəsi ilə müəyyən olunur. Burada \mathcal{G}_r -elektronun radius boyunca hərəkət sürəti-radial sürəti, \mathcal{G}_φ - elektronun φ bucağı altındakı hərəkət sürətidir.

$$\mathcal{G}_r = \frac{dr}{dt} \quad (7)$$

$$\mathcal{G}_\varphi = r \frac{d\varphi}{dt} = \frac{reB}{m} \quad (8)$$

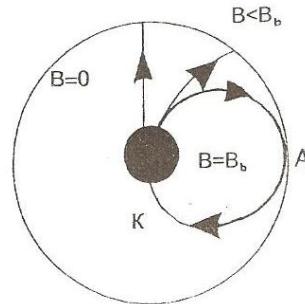
ifadələrini (6)-da nəzərə alsaq,

$$eU = \frac{m}{2} \left[\left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + \left(\frac{reB}{m} \right)^2 \right] \quad (9)$$

alarıq.

(9) tənliyi elektronun lampə axilində hərəkətini tam ifadə edir.

Elektronun hərəkətinə aydınlıq gətirmək üçün əvvəlcə ona maqnit sahəsi olmadıqda baxaq. Anodla katod arasında U_a gərginliyi olduqda (şəkil 3.) elektron radius boyunca hərəkət etdərək anoda düşəcək. Lampəni dövrəyə qoşulmuş selenoidə daxil etsək, elektronun hərəkətinə maqnit sahəsi təsir edəcək. Bu sahənin istiqaməti, sol əl qaydasına görə, elektronun hərəkətinə perpendikulyar olduğundan trayektoriyasının əyilməsi baş verəcək. Maqnit induksiyasının elə bir qiyməti vardır ki, verilmiş şəraitdə elektronun trayektoriyası o qədər əyilir ki, elektron anoda düşməyib yenidən katoda qaydır. Maqnit induksiyasının bu qiymətinə onun böhran



Şəkil 3.

qiyməti deyilir. Böhran halında $r = r_a$, $\frac{dr}{dt} = 0$ və $U = U_a$, $B = B_b$ olduğundan anod gərginliyi

$$U_a = \frac{eB_b^2 r_a^2}{2m} \quad (10)$$

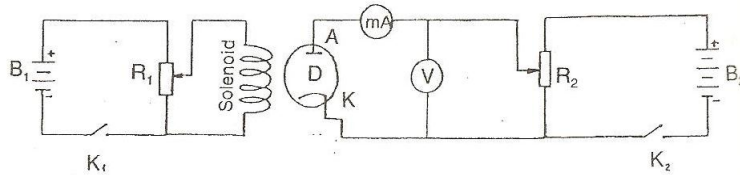
kimi təyin edilir. Buradan elektronun xüsusi yükü üçün

$$\frac{e}{m} = \frac{2U_a}{B_b^2 r_a^2} \quad (11)$$

ifadəsini alırıq. Burada U_a -anod gərginliyi, B_b -maqnit induksiyasının böhran qiyməti, r_a -anodun radiusudur.

İşin gedişi

1.Elektronun xüsusi yükünü təyin etmək üçün 4.-cü şəkildə göstərilən elektrik sxemini qurmali.



Şəkil 4.

2.D diodunu K_2 açarı vasitəsi ilə dövrəyə qoşub mA milliampmetri vasitəsi ilə anod cərəyanını müəyyən qiymətini almalı.

3.Diodu solenoidə daxil edib K_1 açarı vasitəsi ilə solenoidin dolaqlarına cərəyan verməli.

4. R_1 reostatı vasitəsi ilə solenoidə verilən gərginliyi elə dəyişmək lazımdır ki, mA-in göstəricisi sıfır olsun.

5. Diodu solenoiddən çıxarıb teslametr vasitəsi ilə solenoidin daxilində maqnit sahəsinin induksiyasını ölçməli.

6.Anodun radiusunu lampanın texniki pasportundan, U_a gərginliyini V voltmetri, solenoidin daxilindəki maqnit sahəsinin induksiyasını teslametr vasitəsi ilə ölçməklə elektronun xüsusi yükünü (11) düsturu vasitəsi ilə hesablamalı.

7.Təcrübəni bir neçə dəfə təkrar etməklə mütləq və nisbi xətanı hesablamalı.

LABORATORIYA İŞİ № 7

γ-ŞÜALARIN UDULMA ƏMSALININ TƏYİNİ

Ləvazimat: Radiometr, radioaktiv preparat (məsələn, C_0^{60} izotopu), müxtəlif qalınlıqlı alüminium və mis lövhələr, saniyəölçən, Heyger sayğacı,

Qısa nəzəri məlumat

Maddədən keçən γ -şüalar həmin maddəni təşkil edən atom və molekulları tərəfindən udulmaya və səpilməyə məruz qalır.

Maddəyə düşən γ -şüaların intensivliyini J_0 , ondan çıxan işığın intensivliyini isə J ilə işarə edək. (şəkil 1.) dx qalınlıqlı lövhədən keçən γ -şüaların intensivliyi

$$dJ = -\mu dx \quad (1)$$

qədər zəifləyir. Burada μ -xətli zəifləmə əmsalı, dx -zəiflədici təbəqənin qalınlığıdır. (1) ifadəsini dəyişənlərə ayıraraq inteqrallasaq,

$$J = J_0 e^{-\mu x} \quad (2)$$

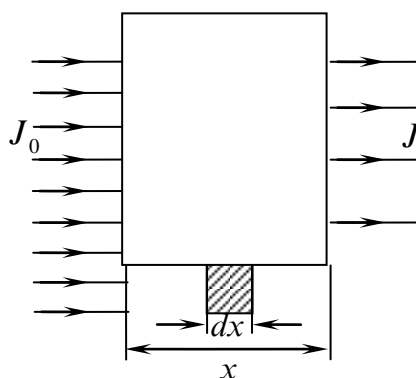
düsturunu alarıq. Burada J_0 - mühitə düşən işığın intensivliyi, μ -xətli zəifləmə əmsalı, x -mühitin qalınlığı, J -mühitdən çıxan γ -şüaların intensivliyidir.

Mühitdə γ -şüaların zəifləmə əmsalı dörd komponentdən ibarətdir:

$$\mu = \mu_N + \mu_f + \mu_k + \mu_c \quad (3)$$

(3) bərabərliyinə daxil olan μ_N - γ -şüaların atom nüvələri ilə qeyri-elastiki toqquşması ilə bağlı udulma əmsalı, μ_f - γ -şüaların atomdakı elektronlarla toqquşaraq enerji itkisi ilə bağlı udulma əmsalı, μ_k -mühitdə baş Kompton səpilməsi ilə bağlı səpilmə əmsalı, μ_c - γ -şüaların mühitdə qarşılıqlı təsir nəticəsində elektron-pozitron cütlərinin yaranması ilə bağlı zəifləmə əmsalıdır.

Doğrudanda, yüksək tezlikli elektromaqnit dalğaları olan γ -şüaları çox böyük nüfuz etmə qabiliyyətinə malikdir. Məhz bu səbəbdən γ -şüalar



Şəkil 1.

atoma nüfuz edərək onun nüvəsi ilə toqquşur. Bu toqquşma qeyri-elastiki olduqda onlar enerjisinin bir hissəsini və ya hamısını atom nüvəsinə verərək annihilyasiya olunur. γ -şüaların mühitdə intensivliyinin bu səbəbdən zəifləməsi μ_N əmsalı ilə ifadə olunur.

γ -şüaların bir hissəsi atomdakı elektronlarla toqquşaraq elektronu atomdan qoparır. Daxili fotoeffektlə bağlı intensivliyin zəifləməsi μ_N əmsalı ilə ifadə olunur.

γ -şüalar yüksək tezlikli elektromaqnit dalğaları olduğundan mühitdəki sərbət və ya zəif rabitəli elektronlar tərəfindən səpilir. Bu hadisə Kompton effekti adlanır və bununla bağlı intensivliyin zəifləməsi μ_k ilə ifadə olunur. γ -şüaların intensivliyinin zəifləməsinin digər səbəbi onların mühitdə elektron-pozitron cütlərinə parçalanmasıdır:



İntensivliyin zəifləməsinin bu göstəricisi μ_c ilə ifadə olunur. Ancaq apardığımız təcrübədə bu əmsalların faiz nisbətini təyin etmək mümkün deyildir. Ona görə də, təcrübi olaraq

$$\mu = \frac{\ln \frac{N_0}{N}}{x} \quad (5)$$

yekun zəifləmə əmsalı hesablanır.

(5) düsturuna daxil olan N_0 -mühitə düşən γ -zərrəciklərin sayı, N -mühitədən çıxan γ -zərrəciklərin sayıdır. Doğrudan da, şüalanmanın intensivliyi vahid zamanda mühitə düşən zərrəciklərin sayı və ya impulsu ilə mütənasibdir.

İşin gedişi

1. Radiometri işçi vəziyyətinə gətirib korusunu yerlə birləşdirməli.
2. C_0^{60} radioaktiv preparatı nəzərdə tutulmuş yerdə quraşdırmalı.
3. Radioaktiv preparat ilə radiometrə qoşulmuş Heyger sayğacı arasında heç bir maneə qoymadan bir dəqiqə müddətində impulsların N_0 sayını qeydə almalı.
4. Radioaktiv preparat ilə Heyger sayğacı arasında müxtəlif qalınlıqlı alüminium lövhələr yerləşdirməklə bir dəqiqə müddətində impulsların N sayını qeydə almalı.

5. Alüminium lövhələr üçü x qalınlığından asılılıq qrafikini qurmalı.

6. Alınan xəttin absis oxu ilə əmələ gətirdiyi bucağın tangensinə görə γ -şüalarının xətti udulma əmsalını təyin etməli.

7. Eyni təcrübəni müxtəlif qalınlıqlı mis lövhələr üçün təkrar edib mis lövhələrdə γ şüaların xətti udulma əmsalını təyin etməli.

Ə L A V Ə L Ə R

Maddələrin otaq temperaturunda sıxlığı ($\times 10^3$ kq/m³ vahidləri ilə)

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	Alüminium	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	Konstantan	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 (4 ⁰ S-də)	1,00	15	Neft	0,73-0,94
3	Dəniz suyu	1,01-1,05	16	Civə (0 ⁰ S-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	Günəbaxan 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 turşusu	1,83	26	Reaktiv təyyarə üçün yanacaq T-1 T-2	0,80-0,82 0,775

Müxtəlif coğrafi en dairələri üçün sərbəstdüşmə təcili (sm/san²)

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

Müxtəlif planetlərin səthində ağırlıq qüvvəsi təcili, m/san²

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 toxunan 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 ($\times 10^{-6} K^{-1}$)

1	Alüminium	24,5	13	Ağac (pəhd)	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	Kərpij	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 ($\times 10^{-3} N/m$)

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, mkPa·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	Hidrojen	11
8	Torf	10,5-14,7	18	Barıt (ov üçün)	2,8
9	Nüvə yanacağı	$7,4 \cdot 10^7$	19	Barıt (hərb üçün)	5
10	Benzin	44-47	20	Trotıl	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	Manqanin	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 spirti	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	Vakuüm	1	34	Su (0 ⁰ S-də)	88
16	Hidrogen	1,0003	35	Hava (1 atm.-də)	1,006
17	Buz (-18 ⁰ 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 üfüqi toplananı
(SQSM vahidləri ilə)**

Şimal en dairəsi (dərəcə ilə)										
45 ⁰	46 ⁰	47 ⁰	48 ⁰	49 ⁰	50 ⁰	51 ⁰	52 ⁰	53 ⁰	54 ⁰	55 ⁰
0,22	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18	0,176	0,172

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	Polistirool	10 ¹³ -10 ¹⁵	30	Eskapon	10 ¹³ -10 ¹⁵
10	Polietilen	10 ¹³ -10 ¹⁵	31	Epoksid	10 ¹¹ -10 ¹³
11	Alüminium	2,7·10 ⁻⁸	32	Volfram	5,3·10 ⁻⁸
12	Dəmir	9,9·10 ⁻⁸	33	Qızıl	2,2·10 ⁻⁸
13	Konstantan	4,7·10 ⁻⁷	34	Bürünc	6,3·10 ⁻⁸
14	Manqanin	3,9·10 ⁻⁷	35	Mis	1,68·10 ⁻⁸
15	Nikelin	4,2·10 ⁻⁷	36	Nikel	7,3·10 ⁻⁸
16	Nixrom	1,05·10 ⁻⁶	37	Qalay	1,13·10 ⁻⁷
17	Osmium	9,5·10 ⁻⁸	38	Platin	1,03·10 ⁻⁷
18	Reotan	4,5·10 ⁻⁷	39	Civə	9,54·10 ⁻⁷
19	Qurğuşun	2,07·10 ⁻⁷	40	Gümüş	1,58·10 ⁻⁸
20	Kömür	(4,0-5,0)·10 ⁻⁵	41	Fexral	1,1·10 ⁻⁶
21	Sink	5,95·10 ⁻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

Mayelər

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	Celatin	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	1,51
				Yüngül kron	1,77
				Flint	1,77

Tam daxili qayıtmanın limit bucağı

1	Almaz	24 ⁰	4	Etil spirti	47 ⁰
2	Su	49 ⁰	5	Müxtəlif şüşə	30-42 ⁰
3	Qliserin	43 ⁰	6	Etil efiri	47 ⁰

Müxtəlif mühitlərdə işığın yayılma sürəti (km/san)

1	Vakuüm	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	169000
				Ağır flint S-18	190000
				Yüngül kron S-24	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 xətləri

Xəttin işarəsi	λ, nm	Günəş spektrində intervalı	Xəttin işarəsi	λ, nm	Günəş spektrində intervalı
A	759,4	tünd qırmızı	F	486,1	Mavi
B	687,0	tünd qırmızı	G [^]	434,0	bənövşəyi
C	656,3	qırmızı	G	430,8	bənövşəyi
D ₁	589,6	narıncı	H	396,8	tünd bənövşəyi

D_2	589,0	narıncı	K	393,4	tünd bənövşəyi
E	527,0	Yaşıl			

Bəzi maddələr üçün fotoeffektin qırmızı sərhədi (nm)

1	Barium	484	7	Platin	190
2	Volfram	272	8	Rubidium	573
3	Germanium	272	9	Gümüş	261
4	Mis oksid	239	10	Seziyum	662
5	Nikel	249	11	Volfram üzərində seziyum	909
6	Barium oksid	1235			

FİZİKİ ƏMSAL VƏ SABİTLƏR

Ümumdünya cazibə (qravitasiya) sabiti

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kq^2}$$

Yer səthində qravitasiya sahəsinin intensivliyi
(sərbəstdüşmə təcili)

$$g = 9,81 \frac{m}{san^2}$$

Birinci kosmik sürət

$$v_I \approx 7,9 \frac{km}{san}$$

İkinci kosmik sürət

$$v_{II} \approx 11,2 \frac{km}{san}$$

Üçüncü kosmik sürət

$$v_{III} \approx 16,3 \frac{km}{san}$$

Avaqadro sabiti

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$$

Bolsman sabiti

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{C}{K}$$

Universal qaz sabiti

$$R = 8,31 \frac{C}{kq \cdot K}$$

Kulon sabiti

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{kq^2}$$

Elektronun sükunət kütləsi

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} kq$$

Elementar elektrik yükü

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl$$

Elektronun xüsusi yükü

$$\frac{e}{m_e} = 1,7 \cdot 10^{-13} \frac{Kl}{kq}$$

Dielektrik sabiti

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{kq^2}{N \cdot m^2}$$

Faradey ədədi

$$F = 96500 \frac{Kl}{mol}$$

Maqnit sabiti

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Hn}{m}$$

İşığın vakuumdakı sürəti

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{san}$$

Plank sabiti

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} C \cdot san \quad \text{və ya} \quad \hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} C \cdot san$$

Ridberq sabiti

$$R = 3,29 \cdot 10^{15} Hs \quad \text{və ya} \quad R = 1,09 \cdot 10^{-7} m^{-1}$$

Elektron üçün Kompton dalğa uzunluğu

$$\lambda_c = 2,42 \cdot 10^{-12} m$$

Stefan-Bolsman sabiti

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Vt}{m^2 \cdot K^4}$$

Vin sabiti

$$b = 2,29 \cdot 10^{-3} m \cdot K$$

Hidrogen atomu üçün birinci Bor radiusu

$$r_0 = 0,529 \cdot 10^{-10} m$$

Protonun sükunət kütləsi

$$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} kq$$

Neytronun sükunət kütləsi

$$m_n = 1,674 \cdot 10^{-27} \text{ kq}$$

Elektronun klassik radiusu

$$r_e = 2,82 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

Elektronun maqnit momenti

$$\mu_e = 9,28 \cdot 10^{-24} \frac{\text{C}}{\text{T}\ell}$$

Protonun maqnit momenti

$$\mu_p = 1,41 \cdot 10^{-26} \frac{\text{C}}{\text{T}\ell}$$

Neytronun maqnit momenti

$$\mu_n = 0,97 \cdot 10^{-26} \frac{\text{C}}{\text{T}\ell}$$

Nüvə maqnetonu

$$\mu_N = 5,05 \cdot 10^{-27} \frac{\text{C}}{\text{T}\ell}$$

Elektromaqnit sahəsinin incə quruluş sabiti

$$\alpha = \frac{1}{137}$$

ƏDƏBİYYAT

1. Y.Q.Nurullayev, R.F.Babayeva, M.M.Tağiyev, R.M.Rzayev
- 2.N.M. Qocayev. Ümumi fizika kursu.Mexanika. B,2007
- 3.F.A.Əhmədov. Ümumi fizika kursu. Mexanika və molekulyar fizika. B,2006
- 4.E.Ə.Eyvazov, Ş.X.Xəlilov, S.Ş.Qurbanov. Molekulyar fizika və termodinamika. B,2007
- 5.V.İ.Nəsirov, G.A.Aslanlı. Elektrik və maqnetizm. B,2007
- 6.N.M.Qocayev. Optika. B,2009
- 7.N.M.Qocayev. Molekulyar fizika və termodinamika. B,2008
- 8.V.V.Yusifov. Optika. B,2007
- 9.M.İ.Murquzov. Atom fizikası. B,2011
- 10.S.Q.Adulvahabova. Nüvə fizikası. B,2003
- 11.X.Abdullayev. Nüvə fizikası. B.20

M Ü N D Ə R İ C A T

Ön söz	3
I.Fizika laboratoriyasında təhlükəsizlik texnikası üzrə ümumi tələblər	4
II.Fizika kursundan laboratoriya işlərinin yerinə yetirilmə qaydaları	5
III.Laboratoriya təcrübələrində xətalara hesablanması	6

I BÖLMƏ MEXANİKA

Laboratoriya işi №1. Piknometrlə bərk cisimlərin və mayelərin sıxlığının təyini.....	11
Laboratoriya işi № 2. Hidrostatik tərəzi vasitəsilə bərk və maye cisimlərin sıxlığının təyini.....	15
Laboratoriya işi № 3. Halqa formalı bərk cismin ətalət momentinin təyini.....	18
Laboratoriya işi № 4. Maksvel rəqqası vasitəsilə ətalət momentinin təyini.....	22
Laboratoriya işi № 5. Bərabərtəcilli hərəkət qanunlarının yoxlanılması.....	25
Laboratoriya işi № 6. Elastiki yayın deformasiyası zamanı görülən işin hesablanması.....	28
Laboratoriya işi № 7. Oberbek rəqqası vasitəsi ilə ətalət momentinin təyini.....	31
Laboratoriya işi № 8. Dartılma üsulu ilə Yunq modulunun təyini.....	34
Laboratoriya işi № 9. Çarxın ətalət momentinin və fırlanma oxunun sürtünmə qüvvəsinin təyini	37
Laboratoriya işi № 10. Sərbəstdüşmə təcilinin riyazi rəqqas vasitəsi ilə təyini	41
Laboratoriya işi № 11. Əyilmə üsulu ilə Yunq modulunun təyini	45
Laboratoriya işi № 12. Səsin havada sürətinin təyin.....	48

II BÖLMƏ MOLEKULYAR FİZİKA VƏ TERMODİNAMİKA

Laboratoriya işi № 1. Qazların xüsusi istilik tutumlarının (J_p/J_v) nisbətinin Kleman-Dezorm üsulu ilə təyini	50
---	-----------

Laboratoriya işi № 2. Xüsusi istilik tutumunun kalorometr vasitəsilə təyini	55
Laboratoriya işi № 3. Mayelərin daxili sürtünmə əmsalının viskozometr vasitəsilə təyini	59
Laboratoriya işi № 4. Mayelərin daxili sürtünmə əmsalının Stoks üsulu ilə təyini	63
Laboratoriya işi № 5. Mayelərin səthi gərilmə əmsalının damcı üsulu ilə təyini	65
Laboratoriya işi № 6. Bərk cisimlərin xətti genişlənmə əmsalının təyini	68
Laboratoriya işi № 7. Suyun xüsusi buxarlanma istiliyinin təyini	71
Laboratoriya işi № 8. Hava molekullarının sərbəst yolunun orta uzunluğunun və effektiv diametrinin təyini.....	75
Laboratoriya işi № 9. İdeal qaz qanunlarının yoxlanılması....	78
Laboratoriya işi № 10. Qaynama zamanı suyun xüsusi buxarlanma istiliyinin təyini.....	81

III BÖLMƏ

ELEKTRİK VƏ MAQNETİZM

Laboratoriya işi №1. Ampermetrin dərəcələnməsi	84
Laboratoriya işi №2. Voltmetrin dərəcələnməsi	88
Laboratoriya işi №3. Müqavimətin Uitston körpüsü vasitəsilə təyini	91
Laboratoriya işi № 4. Mənbəyin elektrik hərəkət qüvvəsi və daxili müqavimətinin məlum müqavimətə görə təyini.....	94
Laboratoriya işi № 5. Xarici müqavimətdən asılı olaraq mənbəyin gücünün və faydalı iş əmsalının ölçülməsi.....	98
Laboratoriya işi № 6. Potensial düşgüsünə görə müqavimətin təyini.....	102
Laboratoriya işi №7. Müqavimətin ampermetr və voltmetr vasitəsilə təyini.....	104
Laboratoriya işi №8. Metalların müqavimətinin temperatur asılılığının təyini	106
Laboratoriya işi №9. Misin elektrokimyəvi ekvivalentinin təyini.....	110
Laboratoriya işi №10. Termocütün dərəcələnməsi və onun termoelektrik hərəkət qüvvəsinin təyini	113
Laboratoriya işi №11. Yerın maqnit sahəsi intensivliyinin üfüqi toplanmasının təyini	118

Laboratoriya işi № 12. Sabit cərəyan mənbəyinin daxili müqavimətinin təyini.....	122
Laboratoriya işi № 13. Transformatorun transformasiya və faydalı iş əmsalının təyini.....	124
Laboratoriya işi № 14. Öz-özünə induksiya əmsalının Juber üsulu ilə təyini.....	127
Laboratoriya işi № 15. Elektrik enerjisinin istilik ekvivalentinin təyini.....	130
Laboratoriya işi № 16. Yarımqeçiricilərin müqavimətinin temperatur asılılığının tədqiqi.....	132
Laboratoriya işi № 17. Termoelektron emissiya qanunlarının yoxlanılması və elektron çıxış işinin təyini.....	137
Laboratoriya işi № 18. Dəyişən cərəyan dövrəsi üçün Om qanununun yoxlanılması.....	143

IV BÖLMƏ OPTİKA

Laboratoriya işi № 1. Linzanın fokus məsafəsinin təyini.....	148
Laboratoriya işi № 2. Baxış borusunun böyütməsinin və görüş sahəsinin təyini	152
Laboratoriya işi № 3. Mikroskop vasitəsilə şüşə lövhənin sındırma əmsalının təyini	156
Laboratoriya işi № 4. Mənbənin işıq şiddətinin fotometr vasitəsilə təyini	159
Laboratoriya işi № 5. Fotoelementin həssaslığının təyini.....	162
Laboratoriya işi № 6. Işığın dalğa uzunluğu və linzanın əyrilik radiusunun Nyuton halqaları vasitəsilə təyini.....	165
Laboratoriya işi № 7. Difraksiya qəfəsi vasitəsilə işıq dalğa uzunluğunun təyini	170
Laboratoriya işi № 8. Saxarometr vasitəsilə məhlulların konsentrasiyasının təyini.....	173
Laboratoriya işi № 9. Mayelərin sındırma əmsalının ABBE refraktometri vasitəsilə təyini.....	178
Laboratoriya işi № 10. Işığın udulmasına görə meyvə şirələrinin konsentrasiyasının təyini.....	181
Laboratoriya işi № 11. Rəngli parça və boyaqların işığı əksətdirmə qabiliyyətinin tədqiqi.....	184

V BÖLMƏ
ATOM VƏ NÜVƏ FİZİKASI

Laboratoriya işi № 1. Xarici fotoeffektin öyrənilməsi.....	187
Laboratoriya işi № 2. Mütləq qara cisimlərin şüalanma qanunlarının öyrənilməsi	193
Laboratoriya işi № 3. Hidrogen atomu spektrində spektral qanunauyğunluqların öyrənilməsi	199
Laboratoriya işi № 4. Frank - Hers təcrübəsi	205
Laboratoriya işi № 5. Lazer şüalarının öyrənilməsi	208
Laboratoriya işi № 6. Elektronun xüsusi yükünün maqnetron üsulu ilə təyini	213
Laboratoriya işi № 7. γ -şüaların udulma əmsalının təyini.....	218
Əlavələr	221
Fiziki əmsal və sabitlər	229
Ədəbiyyat	232
Mündəricat	236

Nəşriyyatın müdiri	<i>Kamil Hüseynov</i>
Baş redaktor	<i>İsmət Səfərov</i>
Redaktor	<i>İsabə Hüseynova</i>
Korrektor	<i>Südəbə Manafova</i>
Kompyuter operatoru	<i>Təranə Baxşəliyeva</i>
Dizayner	<i>Vüqar İbrahimov</i>

f.r.e.d., prof. M.M.Tağıyev
f.ü.f.d. A.M.Əhmədova

Fizika praktikumu

Dərs vəsaiti

Çapa imzalanıb 11. 01. 2019. Kağız formatı 70x100 1/16.
Həcmi 14.3 ç.v. 18.4ş.ç.v. Sifariş 002 Sayı 50.

"İqtisad Universiteti" Nəşriyyatı
AZ 1001, Bakı, İstiqlaliyyət küçəsi, 6
