

Jora Awliýakuliýew

FIZIKADAN TEJRIBE IŞLERI

(Optika. Kwant fizikasy)

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

*Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasy
tarapyndan makullanylan*

**Aşgabat
“Ylym” neşirýaty
2010**

UOK 378:53

A 90

Awliýakuliýew J.

A 90 **Fizikadan tejribe işleri. (Optika. Kwant fizikasy)**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy. – A.:
“Ylym” neşirýaty, 2010.

TDKP № 288

KBK 74.265.1+74.58 ýa 73

© “Ylym” neşirýaty, 2010.

©Awliýakuliýew J., 2010



**TÜRKMENISTANYŇ PREZIDENTI
GURBANGULY BERDIMUHAMEDOW**



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET GERBI



TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET BAÝDAGY

TÜRKMENISTANYŇ DÖWLET SENASY

Janym gurban saňa, erkana ýurdum,
Mert pederleň ruhy bardyr köňülde.
Bitarap, garaşsyz topragyň nurdur,
Baýdagyň belentdir dünýäň öňünde.

Gaýtalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

Gardaşdyr tireler, amandyr iller,
Owal-ahyr birdir biziň ganymyz.
Harasatlar almaz, syndyrmaz siller,
Nesiller döş gerip gorar şanymyz.

Gaýtalama:

Halkyň guran Baky beýik binasy,
Berkarar döwletim, jigerim-janym.
Başlaryň täji sen, diller senasy,
Dünýä dursun, sen dur, Türkmenistanym!

SÖZBAŞY

Garaşsyz, baky Bitarap Türkmenistan Täze galkynyş we beýik özgertmeler zamanasynda Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedowyň baştutanlygynda täze ösüslere, belent sepgitlere tarap batly gadamlar bilen ynamly öňe barýar. Döwlet Baştutanymyzyň bilim ulgamyny düýpli kämilleşdirmek, özgertmek hakyndaky resminamalary Altyn asyryň altyn nesillerine döwrüň talabyna laýyklykda ylym, bilim we terbiýe bermäge uly badalga berdi.

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow ýurdumyzyň geljegi bolan türkmen ýaşlarynyň ylymly, bilimli we dünýä ünlülerine laýyk gelýän derejede sowatly bolmagy üçin atalyk aladasyňy edýär. Bu bolsa her bir bilim işgäriň Watan önündäki şahsy jogapkärçiligini has-da artdyrýar.

Bilim ulgamynyň ähli basgançaklarynda mugallymlary, talyp-lary we okuwçylary dünýä standartyna laýyk gelýän okuw mak-satnamalary, okuw kitaplary we okuw gollanmalary bilen üpjün et-mek gaýragoýulmasyz, döwlet ähmiýetli wezipeleriň biridir. Çünki bu ýurdumyzda bilim ulgamyny belende galdyrmagyň, öz işine ussat hünärmenleri taýýarlamagyň ilkinji zerur şerti hasap edilýär.

Mugallymçylyk institutynda fizikany okatmagyň häsiýetli aýra-tyňlyklarynyň biri, talyplar fizika boýunça özleşdirilen bilimlerini okuwçylaryň aňyna ýetirip bilmek başarnyklaryna we endiklerine eýe bolmalydygyndadyr. Mugallym okuwçylary watansöýüji, il-halkyna wepaly, ynsanperwer, arassa ahlak sypatly, giň syýasy düşünjeli milli ruhda terbiýelemegi başarmalydyr. Bu wezipeler geljekki mugal-lymlary taýýarlamak boýunça guralýan we geçirilýän ähli okuw-usu-ly işler ulgamynyň üsti bilen amala aşyrylýar.

Ýokary okuw mekdeplerinde umumy, amaly okuwlar bilen bir hatarda tejribe okuwlary geçilýär. Tejribe okuwlary nazary maglumatlar bilen gös-göni baglanyşykda bolup, olar mazmun taýdan bir-biriniň üstüni doldurýan, bir-biriniň içinden erş-argaç bolup geçýän derejede guralýar.

Gollanma Seyitnazar Seydi adyndaky Türkmen döwlet mugallymçylyk institutynyň umumy fizika dersiniň okuw maksatnamasynyň esasynda taýýarlanylýp, onda optika bölümüne degişli 12 sany we kwant fizikasyna degişli 8 sany tejribe işi beýan edilýär.

Her bir tejribe işde gerekli enjamlaryň sanawy, işe degişli gysgaça nazary maglumatlar, işiň gurnamasynyň gurluşy we işleýiş düzgüni, tejribe işiniň ýerine ýetiriliş tertibi we hasabat üçin soraglar yzygiderlilikde beýan edilýär. Gollanmada tejribe işler ýerine ýetirilende peýdalanylýan matematiki formulalar, tablisalar, latyn we grek elipbiýleri berilýär. Mundan başga-da fiziki ululyklaryň tablisalary, esasy fiziki hemişelikleriň san bahalary berilýär.

Okuw gollanmasy mugallymçylyk institutynyň mugallymlaryna we talyplaryna niýetlenilip taýýarlanylýan. Bu okuw gollanmasy umumy fizika okadylýan beýleki ýokary okuw mekdepleriniň mugallymlary we talyplary üçin hem gollanma bolup biler.

Tejribe işlerine taýýarlyk we olary ýerine ýetirmek boýunça maslahatlar

1. Tejribe işiniň maksadyny we ony ýerine ýetirmegiň usulyny doly özleşdirmeli.

2. Işň gysgaça nazary maglumatlaryny öwrenmeli. Işde peýdalanylýan aňlatmalary özbaşdak çykaryp öwrenmeli, düşünmedik ýerleriňizi mugallymdan soramaly.

3. Işde peýdalanylýan ölçeýji abzallaryň işleýiş düzgünini doly öwrenmeli. Gurnamanyň aýratynlyklaryny özleşdirmeli.

4. Mugallymyň rugsat bermegi bilen ölçeg geçirmäge başlamaly. Her ölçeg birnäçe gezek ýerine ýetirilmelidir.

5. Ölçegler esasynda absolýut, göräli ýalňyşlyklary tapmaly. Işde talap edilýän halatda alnan netijeleri grafik görnüşde aňlatmaly.

6. Işň hasabatyny mugallyma görkezmeli.

Fiziki ululyklaryň ortaça bahasy. Ölçegleriň absolýut we göräli ýalňyşlyklary

N ölçegler esasynda x ululygyň $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ bahalary alnypdyr diýeliň. Orta arifmetiki diýlip atlandyrylýan baha \bar{x}

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1).$$

aňlatma boýunça kesgitlenilýär.

Bu baha ölçenilýän ululygyň takyk bahasyna has ýakyndyr. Ol ölçegleriň gutarnykly netijesi hökmünde kabul edilýär. Her ölçegiň orta arifmetiki bahadan Δx gyşarmasyna ol ölçegiň absolýut ýalňyşlygy

diýilýär. $x - x_1 = \pm \Delta x_1$, $x - x_2 = \pm \Delta x_2, \dots$ haýsy ölçegiň absolýut ýalňyşlygy kiçi bolsa, şol ölçeme has takyk hasap edilýär. Orta arifmetiki bahadan uly gyşarmasy bolan ölçegleriň netijesi peýdalanylman taşlanýar.

Ölçegleriň orta arifmetiki absolýut ýalňyşlygy aşakdaky aňlatma boýunça tapylýar:

$$|\overline{\Delta x}| = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| + \dots + |\Delta x_n|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n} \quad (2)$$

Bu ýerde n – ölçegleriň sany; $|\Delta x_i|$ – i -nji ölçegiň absolýut ýal-

ňyşlygynyň absolýut ululygy; $\frac{|\Delta x_1|}{x_1}, \frac{|\Delta x_2|}{x_2}, \frac{|\Delta x_3|}{x_3}, \dots, \frac{|\Delta x_n|}{x_n}$ – gatna-

şyklar degişlilikde bir ölçegiň göräli ýalňyşlygyny häsiýetlendirýär.

Orta arifmetiki absolýut ýalňyşlygyň orta arifmetiki baha bolan gatnaşygyna ölçegleriň orta göräli ýalňyşlygy diýilýär we köplenç, görerimlerde (prosentlerde) aňladylýar:

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

Absolýut ýalňyşlygyň birligi ölçenilýän ululygyň birligi ýalydyr. Absolýut ýalňyşlyk ölçegleriň nähili takyklyk bilen ýerine ýetirilendigine göz ýetirmäge mümkinçilik bermeyär. Göräli ýalňyşlyk geçirilen ölçegleriň takyklygyna baha bermäge ýardam edýär.

Mysal üçin, uzynlygy $l=3 \text{ sm}$ bolan sim ölçenilende 0.06 mm absolýut ýalňyşlyk, Ýerden Aýa çenli $3.64 \cdot 10^5 \text{ km}$ aralyk ölçenilende 100 km absolýut ýalňyşlyk goýberilipdir diýeliň. Görälmäge simiň uzynlygy Ýerden Aýa çenli aralyga seredeniňde has takyk kesgitlenen ýaly. Emma ölçegleriň takyklyk derejesine diňe göräli ýalňyşlyklary kesgitläp we deňeşdirip göz ýetirip bolar. Degişlilikde, göräli ýalňyşlyklar:

$$E_1 = \frac{0.06mm}{30mm} \cdot 100\% = 0.2\% , \quad E_2 = \frac{100km}{364000km} \cdot 100\% = 0.03\% .$$

Görnüşü ýaly, Ýerden Aýa çenli aralyk simiň uzynlygy bilen deňeşdireniňde ýedi esse takyk kesgitlenipdir.

Köplenç ýagdaýlarda, gözlenilýän ululyk diňe bir sany fiziki ululygy gös-göni ölçemek arkaly tapylmaýar. Agtarylýan ululygyň bahasy birnäçe başga ululyklary ölçemek arkaly, ýagny gös-göni ölçegler esasynda däl-de, keseden (koswennyý) ölçegler bilen tapylýar. Şeýle ýagdaýlarda absolyút we göräli ýalňyşlyklar funksiýanyň görnüşine baglylykda aşakdaky ýaly kesgitlenilýär:

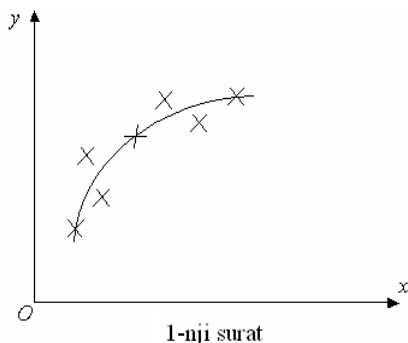
Matematiki funksiýa	Absolyút ýalňyşlyk	Göräli ýalňyşlyk
$x + y$	$\pm(\Delta x + \Delta y)$	$\pm \frac{\Delta x + \Delta y}{x + y}$
$x - y$	$\pm(\Delta x + \Delta y)$	$\pm \frac{\Delta x + \Delta y}{x - y}$
$x \cdot y$	$\pm(x \cdot \Delta y + y \cdot \Delta x)$	$\pm \left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \right)$
$x \cdot y \cdot z$	$\pm(yz \cdot \Delta x + xz \cdot \Delta y + xy \cdot \Delta z)$	$\pm \left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} + \frac{\Delta z}{z} \right)$
$\frac{x}{y}$	$\pm \frac{(y \cdot \Delta x + x \cdot \Delta y)}{y^2}$	$\pm \left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \right)$
x^n	$\pm n x^{n-1} \Delta x$	$\pm n \frac{\Delta x}{x}$
$\sqrt[n]{x}$	$\pm \frac{1}{n} \cdot x^{\frac{1}{n}-1} \cdot \Delta x$	$\pm n \frac{\Delta x}{x}$

$\sin x$	$\pm \cos x \cdot \Delta x$	$\pm \operatorname{ctgx} \cdot \Delta x$
$\cos x$	$\pm \sin x \cdot \Delta x$	$\pm \operatorname{tgx} \cdot \Delta x$
tgx	$\pm \frac{\Delta x}{\cos^2 x}$	$\pm \frac{2\Delta x}{\sin 2x}$
ctgx	$\pm \frac{\Delta x}{\sin^2 x}$	$\pm \frac{2\Delta x}{\sin 2x}$

Ölçegleriň netijeleriniň grafiki görnüşde aňladylyşy.

Ölçegleriň netijeleri, köplenç halatlarda, grafiki görnüşde aňladylyr, munuň sebäbi alnan netijeleriň özara baglanyşygy has äşgär ýüze çykyr. **Şu maksat üçin, köplenç, gönüburçly koordinatalar ulgamyndan peýdalanýarlar.**

Goý, x üýtgeýäniň dürli bahalaryna y funksiýanyň dürli bahalary degişli bolsun. Ol bahalar koordinata tekizliginde bellenilýär. Mysal üçin, matematiki maýatnigiň yrgyldy periodynyň maýatnigiň uzynlygyna baglylykda üýtgeýşiniň grafigini gurmak üçin tejribe esasynda maýatnigiň dürli uzynlyklaryna degişli yrgyldy periodlaryny kesgitlemeli. Maýatnigiň uzynlygyny absissa, yrgyldy periodyny ordinata okunda ýerleşdirmeli. Soňra tejribeden alnan bahalary grafikde nokatlar görnüşinde bellemeli. Ol nokatlaryň üstünden geçirilen egri (göni) çyzyk fiziki baglanyşygyň grafigini aňladar.



Ölçegler esasynda absolýut takyk netijeler alyp bolmaýar. Şonuň üçin ölçegleriň özara baglanyşygyny aňladýan egri ýa-da göni çyzygy alnan nokatlaryň üstünden simmetrik görnüşde geçirýärler, ýagny alnan netijeleri aňladýan nokatlar grafigiň iki tarapynda hem deňölçegli ýerleşmelidir (*surata seret*). Grafikler, köplenç,

millimetrlere bölünen kagyзда ýerine ýetirilýar. Şunlukda aşakdaky şertleri saklamak maslahat berilýär:

1. Grafiğiň iň kiçi kesgitläp bolýan aralygy ölçegiň absolýut ýalňyşlygyndan kiçi bolmaly däldir.

2. Koordinata oklary boýunça ýerleşdirilýän ululyklary islendik ölçeg gatnaşykda (masştabda) alyp bolar. Ölçeg gatnaşygy (masştaby) grafikde fiziki ululyklaryň özara baglanyşygy has aýdyň görner ýaly edip saýlap almaly.

3. Koordinatalar başlangyjy hökmünde ölçenilýän ululyklaryň nol bahasynyň alynmagy hökmän däldir. Koordinata başlangyjy deregine grafiğiň oňaýly bolmagyny üpjün edýän ölçegleriň islendik bahasy alnyp bilner. Grafikler gurlanda deňölçegli ölçeg gatnaşygyndan (masştabdan) başga-da ýarymlogarifmik we logarifmik ölçeg gatnaşyklaryndan peýdalanýarlar. Ýarymlogarifmik ölçeg gatnaşygynda (masştabda) iki ok boýunça hem sanlaryň natural logarifmleri ýerleşdirilýär.

BİRİNJİ BÖLÜM

OPTİKADAN TEJRİBE İŞLERİ

Fotometriýanyň käbir kanunlaryny öwrenmek

Gerekli enjamlar:

1. Fotometriýanyň kanunlaryny öwrenmek üçin ПЗФ kysymly abzal.
2. Linza.
3. Ýagtylandyryjy.
4. Mikroampermetr.

Gysgaça nazary maglumatlar

Ýagtylygyň göze ýa-da başga bir kabul edijä (fotoelemente, fotoýorka we ş.m) täsiri olara ýagtylyk tolkunynyň geçirýän energiýasynyň berilmegi bilen baglanyşyklydyr. Ak ýagtylygyň spektre dargamagy onuň dürli tolkun uzynlykly elektromagnit tolkunlardan ybaratdygyny aňladýar. Spektriň dürli tolkun uzynlyklarynyň çägene düşýän energiýasy dürlüdür. Energiýa akymynyň tolkun uzynlyklar boýunça paýlanmasy:

$$\varphi(\lambda) = \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \quad (1.1)$$

aňlatma arkaly häsiýetlendirilýär. Bu ýerde $d\Phi_e$ λ -den $(\lambda + d\lambda)$ -a çenli tolkun uzynlygynyň çägene düşýän energiýa akymy.

Ýagtylyk tolkunlarynyň ajaýyp häsiýetlerinden biri göze düşende görüş duýgusyny döretmegidir. Emma dürli tolkun uzynlykly ýagtylyklaryň birdeň energiýa akymynyň döredýän görüş duýgusy birmeňzeş däldir. Şoňa görä, gözüň şöhlenenmäni kabul ediş häsiýetini, ýagny spektr duýgurlygyny kesgitlemek zerur. Onuň üçin

şöhlemenäniň görünmesi ýa-da görünme diýlip atlandyrylýan ululyk girizilýär. Energiýa akymynyň bir birliginiň döredýän ýagtylyk akymynyň tolkun uzynlyga baglylygyny aňladýan ululyga, şöhlemenäniň görünmesi ýa-da görünme funksiýasy diýilýär. Ol V_λ ýaly belgilenip, lm/wt birlikde ölçenilýär (lýumen ýagtylyk akymynyň ölçeg birligi). Görünme funksiýasy tejribe arkaly kesgitlenip, adam gözüniň ortaça görüş ukybyny häsiýetlendirýär. Tejribeden alnan netijeler görünme funksiýasynyň iň uly bahasy tolkun uzynlygynyň $0,555\text{ }mkm$ -

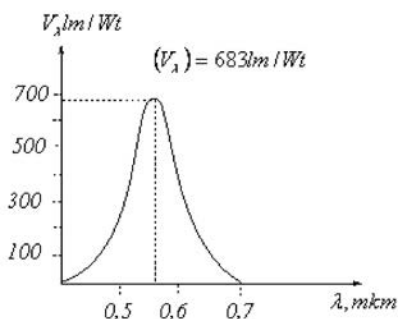
ne gabat gelip, san taýdan $(V_\lambda)_{iň\text{ uly}} = 683 \frac{lm}{wt}$ deňligini görkezýär. Bu

ululyga şöhlemenme kuwwatynyň ýagtylyk ekwiwalenti hem diýilýär. Ýagtylyk ekwiwalentiniň ters ululygy ýagtylygyň mehaniki ekwiwalenti diýlip atlandyrylýar we onuň san bahasy $A = \frac{1}{(V_\lambda)_{iň\text{ uly}}} = \frac{1}{683} = 0,00146 \frac{wt}{lm}$ deňdir. Görünme funksiýadan baş-

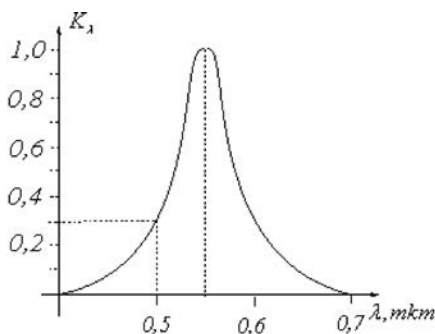
ga-da görüş duýgusyny häsiýetlendirmek üçin göräli görünme funksiýasy diýilýän ululyk girizilýär, ýagny:

$$K_\lambda = \frac{V_\lambda}{(V_\lambda)_{iň\text{ uly}}} \quad (1.2)$$

Aşakdaky 1.1-nji we 1.2-nji suratlarda $V_\lambda = f(\lambda)$ we $K_\lambda = f(\lambda)$ baglanyşyklar şekillendirilen:



1.1 -nji surat



1.2-nji surat

Käbir üstden wagt birliginde akyp geçýän, görüş duýgusy bilen kesgitlenilýän ýagtylyk energiýasyna ýagtylyk akymy diýilýär. Tolkun uzynlygynyň käbir $d\lambda$ çägi boýunça geçýän ýagtylyk energiýasy $d\Phi_\lambda$ we ýagtylyk akymynyň $d\Phi$ arasyndaky baglanyşyk aşakdaky ýalydyr:

$$d\Phi = V_\lambda \varphi(\lambda) d\Phi_\lambda \quad (1.3)$$

(1.1)-den peýdalanyp ýazsak:

$$d\Phi = V_\lambda \varphi(\lambda) d\lambda \quad (1.4)$$

Doly ýagtylyk akymyny görünme funksiýasynyň we energiýa akymynyň üsti bilen aňlatsak: $\Phi = (V_\lambda)_{\text{in ul}} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} K_\lambda \varphi(\lambda) d\lambda$. (1.5)

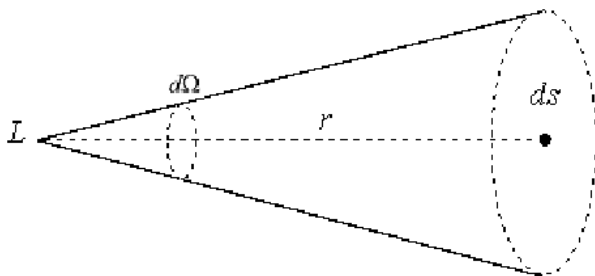
Islendik tolkun uzynlykly ýagtylygyň 1 lýumen akymy $\frac{A}{K_\lambda} W_t$ energiýa akymyna deňdir. Mysal üçin, $\lambda = 0,5 \text{ mkm}$ tolkun uzynlykly ýagtylygyň 1 lýumen akymyna degişli göräli görüme funksiýasynyň bahasy 1.2-nji suratdaky grafikden $K_\lambda = 0,3$ deň. Onda $1 \text{ lumen} = \frac{0,00146}{0,3} \approx 0,0487 W_t$. Şeýlelikde, fotometrik ululyk bolan

ýagtylyk akymy görüş duýgusy bilen baha berilýän ýagtylyk şöhlenmesiniň kuwwaty arkaly kesgitlenilip bilner.

Ýagtylyk üste düşende ony ýagtylandyrýar. Ýagtylandyryş diýlip, üste dik düşýän ýagtylyk akymynyň bu üstüň meýdanyna bolan gatnaşygy bilen kesgitlenen ululyga aýdylýar.

$$E_0 = \frac{d\Phi}{dS_n} \quad (1.6)$$

Goý, L nokatlanç ýagtylyk çeşmesinden ýagtylyk şöhleleri dS_n sferik üste dik düşýän bolsun. Çeşmeden dS_n - e çenli aralyk r -e deň bolsun diýip kabul etsek,



1.3-nji surat

onda jisim burça: $d\Omega = \frac{dS_n}{r^2}$ (1.7) bolar.

Ýagtylyk akymy:

$$d\Phi = Id\Omega = \frac{1}{r^2} dS_n \quad (1.8)$$

onda (1.6) aňlatma boýunça

$$E = \frac{d\Phi}{dS_n} \cos \varphi = \frac{I}{r^2} \cos \varphi \text{ ýa-da } E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi \quad (1.9)$$

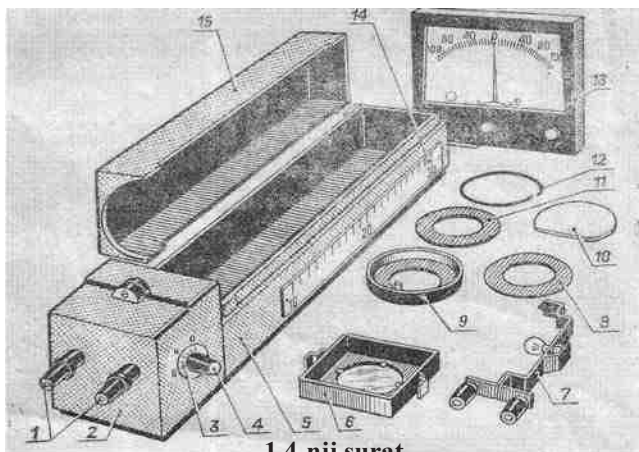
Bu aňlatma üstün ýagtylandyrylyşynyň çeşmäniň ýagtylyk güý-jüne, ýagtylygyň düşme burçuna we çeşme bilen üstün aradaşlygyna baglylygyny görkezýär.

Halkara birlikler ulgamynda ýagtylandyryşyň birligi lýukslerde (lk) ölçenilýär. Bir inedördül metr üste bir lýmnen ýagtylyk akymynyň deňölçepli paýlanmasy netijesinde döreýän ýagtylandyryş bir lýuks ýagtylandyryş diýip kabul edilen.

Abzallaryň gurluşy we işleýiş düzgüni

Abzal açylýan gönüburçly gapyrjak görnüşli synadan we kamera-dan ybarat. Kameranyň içinde selenli fotoelement ýerleşdirilen. Selen-li fotoelement ýörite gapyrjakda iň uly öwrülme burçunda (90°) oturdylan. Fotoelementi dürli burçlara öwürmek üçin sapjagaz kameranyň

gapdalynda, burç görkeziji boýunça öwrülip biler ýaly edilip oturdy-
lan. 1.4-nji suratda abzalyň ähli bölekleri şekillendirilen.



1.4-nji surat

*1 – gysgyç; 2 – kamera; 3 – burç görkeziji; 4 – sapjagaz; 5 – abzalyň syn-
asy; 6 – linza; 7 – ýagtylandyryjy çyra; 8 – 6 cm^2 deşikli germew; 9 – geýdirmе
halka; 10 – pytradyjy aýna; 11 – 3 cm^2 deşikli germew; 12 – berkidiji halka;
13 – mikroampermetr; 14 – aralyk görkeziji çyzgyç; 15 – abzalyň synasynyň
gapagy.*

Abzaly işe girizilmezden öň onuň gysgyçlaryna mikroamper-
metr birleşdirmeli. Abzalyň synasynda ýerleşdirilýän çyra öňe-yza
süýşmek mümkinçiligine eýedir.

Abzalyň elektrik çyrasy “B-24M” kysymly göneldiji arkaly iý-
mitlendirilýär. Çyra fotoelemente ýakynlaşdyrylanda ampermetriň
görkezýäni artýar, daşlaşdyrylanda bolsa kiçelýär.

Işin ýerine ýetirilişi

1. Ýagtylandyrylyşyň ýagtylyk çeşmesine çenli aralyga bagly-
lygyny derňemek. Ýagtylandyryjydan, reostatdan, woltmetrden yba-
rat bolan elektrik zynjyryny düzmeli. Mikroampermetri fotoelemente
birikdirmeli.

Selen fotoelementi abzalyň okuna perpendikulýar ýerleşdirmeli. Bu ýagdaýda fotoelementiň sapjagazy burç görkezijiniň nolunjy çyzygynda durar.

Ýagtylyk çeşmesi abzalyň görkeziji çyzygyjynyň 10-njy bölüminde ýerleşdirmeli. Bu ýagdaýda mikroampermetriň görkezýänini (I_1) ýazyp almaly.

Ýagtylyk çeşmesini abzalyň görkeziji çyzygyjynyň 20-nji, 30-njy bölümünde ýerleşirip, mikroampermetriň görkezýänini (I_2 , I_3) ýazyp almaly. Alnan ululyklary aşakdaky tablisada ýerleşdirmeli:

№	Ýagtylyk çeşmesinden fotoelemente çenli aralyk (sm)	Mikroampermetriň görkezýän tok güýji (mkA)
1.	$R_1=10$	$I_1=$
2.	$R_2=20$	$I_2=$
3.	$R_3=30$	$I_3=$

Nokatlanç ýagtylyk çeşmesiniň R aralykda ýerleşen üstünde döredýän ýagtylandyryşy:

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{R^2} . \quad (1.10)$$

Ýagtylyk akymy fotoelementiň üstüne düşýän bolsa, onda fotoelementde döreýän elektrik akymynyň güýji ýagtylandyryşa göni proporsionaldyr, onda (1.10) aňlatmany

$$i = \frac{I \cdot \cos \alpha}{R^2}$$

görnüşde ýazyp bolar. Şol bir ýagtylyk çeşmesi üçin elektrik akymynyň we naprýaženiýäniň üýtgemeyän bahasynda ýagtylyk güýji hemişelikdir.

Onda ýagtylyk çeşmesi dürli aralykda ýerleşdirilende fotoelementiň üstüniň ýagtylandyryşynyň gatnaşygy aşakdaky ýaly bolar:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}; \quad \frac{E_1}{E_3} = \frac{i_1}{i_3} = \frac{R_3^2}{R_1^2}; \quad \frac{E_2}{E_3} = \frac{i_2}{i_3} = \frac{R_3^2}{R_2^2}$$

Şu deňligiň adalatlydygyny tejribe arkaly subut etmeli.

2. Dürli ýagtylyk çeşmesiniň ýagtylyk güýjüni deňeşdirmek. Ýagtylyk güýji dürli bolan çeşmeler üstde şol bir ýagtylandyrylyş döredýän bolsa, onda ol çeşmelerden üste çenli aralyk dürli bolar.

$$E_1 = \frac{I_1 \cdot \cos \alpha}{R_1^2}, \quad E_2 = \frac{I_2 \cdot \cos \alpha}{R_2^2}$$

Eger-de $E_1 = E_2$ bolsa, onda

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

Bu deňligi derňemek üçin naprýaženiýesi 2.5 we 3.5 W bolan iki sany elektrik çyrasyndan peýdalanmaly. Ilki 3.5 W çyra bilen tejribe geçirmeli. Çyrany fotoelementden 25 *sm* aralykda ýerleşdirmeli, mikroampermetriň görkezen elektrik akymyny ýazyp almaly. Soňra 2.5 W çyrany ulanmaly we ony fotoelemente tarap süýşürüp, fotoelementiň görkezýäni 25 *sm* aralykda ýerleşdirilen 3.5 W çyranyňky bilen birdeň bolmagyny gazanmaly. Bu ýagdaýda çyradan fotoelemente çenli aralygy (R_2) ýazyp almaly we ýokardaky gatnaşygy derňemeli. Eger I_1 belli bolsa, I_2 kesgitläp bolar.

3. Ýagtylandyrylyşyň şöhläniň düşme burçuna baglylygy. Üstüň ýagtylandyrylyşy şöhläniň düşme burçuna $E = E_0 \cdot \cos \alpha$ baglydyr. Bu ýerde E_0 $\alpha = 0$ bolan ýagdaýynda üstüň ýagtylandyrylyşy. Bu baglanyşygy derňemek üçin fotoelement şöhlä perpendikulýar ýerleşdirilýär (onuň burç görkezijisi nolunjy çyzygynda durmaly). Fotoelementiň üstüne şöhle parallel düşse gowy bolýar, ony gazanmak üçin linzadan peýdalanmaly. Linza çeşmeden $70 \div 80$ *mm* aralykda ýerleşdirilmeli. 3.5 W çyrany ýakmaly, reostatyň kömegi bilen naprýaženiýeni tä mikroampermetr iň uly gymmaty görkezýänçä art-dyrmaly. Mikroampermetriň bu görkezen ululygyny ýazyp almaly. Soňra tejribedäki beýleki zatlary üýtgetmezden diňe fotoelementiň üstüne şöhläniň düşme burçuny $30^\circ \div 45^\circ$ üýtgedip, mikroampermetriň görkezenini ýazyp almaly.

№	Ýagtylygyň düşme burçy	Mikroampermetriň görkezeni	Formula boýunça hasaplanan fototok
1.	0^0	$I_0 =$	$I_0 =$
2.	30^0	$I_1 =$	$I_1 = i_0 \cos \alpha_1 =$
3.	45^0	$I_2 =$	$I_2 = i_0 \cos \alpha_2 =$

4. Fotoelektrik akymynyň fotoelementiň ýagtylandyrylan üstüne baglylygy. Bu gönükmäni ýerine ýetirmek üçin 3-nji bölümde ulanylan gurnamadan peýdalanylýar. Ýöne fotoelement şöhlä perpendikulýar ýerleşdirilmeli. Fotoelementiň önünden 6 sm^2 meýdanly diafragma görnüşli ekran ýerleşdirilýär. Çyrazyň napryženiýesini artyryp, mikroampermetriň peýkamynyň in uly gyşarmasyny gazanmaly. Mikroampermetriň bu görkezegini (I_0) ýazyp almaly. Soňra hiç zady üýtgetmezden, meýdany 3 sm^2 bolan diafragmany ýerleşdirmeli we mikroampermetriň görkezegini (I_1) ýazyp almaly. Alnan netijeler fotoelektrik akymynyň fotoelementiň ýagtylandyrylýan meýdana göni proporsionaldygyny görkezýär.

Hasabat üçin soraglar:

1. Ýagtylandyrylyşyň aňlatmasyny ýazmaly.
2. Ýagtylyk güýjüniň aňlatmasyny ýazmaly.
3. Abzalyň gurluşyny we işleýşini düşündirmeli.
4. Işni ýerine ýetirilişini gürrüň bermeli.

Ýygnaýjy we dargadyjy linzalaryň baş fokus aralygyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Optiki oturgyç.
2. Ýygnaýjy linza.
3. Dargadyjy linza.
4. Ýagtyltgyç.
5. Linzany we ekranı berkitmek üçin 2 sany süýşgüç.

6. Ekran.

7. Millimetrlik çyzgyç.

Gysgaça nazary maglumatlar

Iki sany sferik üstler bilen çäklenen, döwme görkezijisi daşky gurşawyň döwme görkezijisinden tapawutly bolan durý madda linza diýilýär. Linza gaty jisim, suwuklyk, gaz (howa), hatda wakuum hem bolup biler.

Islendik linzanyň içinden ýagtylyk geçende, umumy görnüşde aşakdaky kanun boýunça (ýagtylyk) döwülýär:

$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = (N - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{F} = D \quad (2.1)$$

Muňa linzanyň aňlatmasy diýilýär. Bu ýerde a_1 – ýagtylyk çeşmesinden (predmetden) linza çenli aralyk, a_2 – linzadan ýagtylyk çeşmesiniň (predmetiň) şekiline çenli aralyk, N – linzanyň maddasynyň göräli döwme görkezijisi, R_1 – linzanyň birinji üstüniň egrilik radiusy, R_2 – linzanyň ikinji üstüniň egrilik radiusy, F – linzanyň baş fokus aralygy, D – linzanyň optiki güýji.

Käbir ýagdaýlarda linzanyň doly däl aňlatmasyny peýdalanmak ýeterlik bolýar, ýagny:

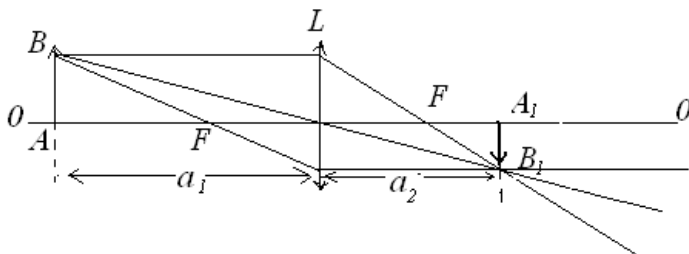
$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = \frac{1}{F} \quad (2.2)$$

Linzanyň aňlatmalaryndan peýdalanylanda alamatlar düzgüni ýatdan çykarylmalý dälidir.

Linzadan ýagtylygyň ýaýraýyş ugry boýunça ölçenen kesimler položitel, linzadan ýagtylygyň ýaýraýyş ugruna garşy ölçenen kesimler otrisatel alamat bilen alynmalydyr.

Mysal üçin:

Berlen çyzgyda a_2 we F kesimler linzadan ýagtylygyň ýaýraýyş ugruna ölçenýär. Diýmek, položitel alamat bilen alynmalydyr, a_1 kesim bolsa linzadan ýagtylygyň ýaýraýyş ugruna garşy ölçenýär. Diýmek, otrisatel alamat bilen alynmaly.

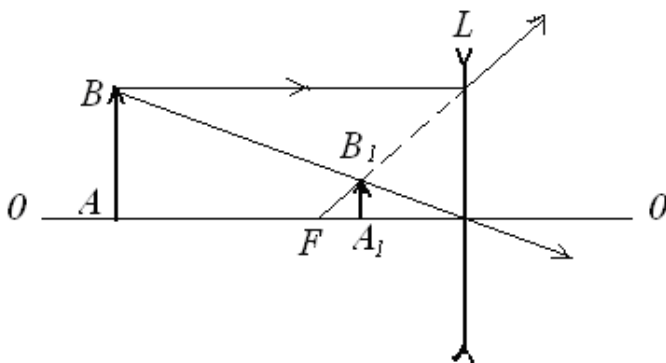


2.1-nji surat

Bu ýagdaý üçin linzanyň aňlatmasy

$$\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_1} = \frac{1}{F} \quad (2.3)$$

görnüşe eýe bolar.



2.2-nji surat

Ýene-de bir mysala seredeliň (2.2-nji surat).

Bu suratda a_1 , a_2 we F kesimleriniň üçüsi-de linzadan ýagtylygyň ýaýraýyş ugruna garşy ölçenýärler. Diýmek, olar otrisatel alamat bilen alynmaly.

Onda bu ýagdaý üçin (2.2) aňlatma

$$\frac{1}{a_1} - \frac{1}{a_2} = -\frac{1}{F} \quad (2.4)$$

görnüşe eýe bolar.

Linzanyň baş fokus aralygyny kesgitlemekligiň birnäçe usuly bar:

1-nji gönükme

Ýygnaýjy linzanyň baş fokus aralygyny kesgitlemek

Birinji usul

Linzanyň baş fokus aralygyny kesgitlemek üçin a_1 we a_2 ululyklary tejribe arkaly tapmak.

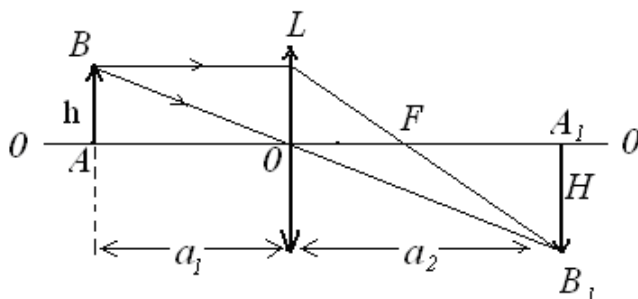
Işň ýerine ýetirilişi:

1. Linzany ýagtylyk çeşmesi bilen ekranyň arasynda ýerleşdirmeli.
2. Linzany süýşürp, ekranda predmetiň (ýagtyltgyjyň öňünde ýerleşdirilen peýkamyň) anyk şekilini almaly.
3. Predmet bilen linzanyň aralygyny a_1 we linza bilen ekranyň aralygyny a_2 (millimetrlik çyzgyç boýunça) ölçäp almaly.
4. Tejribäni birnäçe gezek gaýtalamaly we a_1 , a_2 hasaplamaly.
5. Bu ululyklary (3) aňlatmada goýup, F-i kesgitlemeli.
6. Ululyklary aşadaky tablisa ýerleşdirmeli:

Ölçeg tertibi	a_1	a_2	F	ΔF	$\frac{\overline{\Delta F}}{\overline{F}} \cdot 100\%$	$F_x = \overline{F} \pm \Delta \overline{F}$
1						
2						
3						
orta						

Ikinji usul

Predmetiň we şekiliň beýikligi hem-de linzadan predmetiň uzaklygy boýunça linzanyň fokus aralygyny (F) kesgitlemek.



2.3-nji surat

2.3-ñji suratdan ΔABO we ΔA_1B_1O özara meňzeş üçburçluklardyr.

$$\text{Onda } \frac{AB}{A_1B_1} = \frac{AO}{A_1O} \text{ ýa-da } \frac{h}{H} = \frac{a_1}{a_2}.$$

$$\text{Soňky gatnaşykdan : } a_2 = \frac{H}{h} \cdot a_1.$$

Bu ululygy (2.3) aňlatma goýup,

$$F = a_1 \cdot \frac{H}{H + h} \quad (2.5)$$

aňlatmany alarys.

Işni ýerine ýetirilişi:

1. Linzany predmet bilen ekranyň aralygynda ýerleşdirip, ekranda ulaldylan we anyk şekil almaly.

2. Ekran bilen linzanyň aralygyny a_1 predmetiň beýikligini h we şekiliň beýikligini H ölçemeli.

3. Tejribäni birnäçe gezek gaýtalamaly we a_1, h, H tapmaly.

4. Bu ululyklary (5) aňlatmada goýup, F -i kesgitlemeli.

5. Tapylan ululyklary tablisada ýerleşdirmeli:

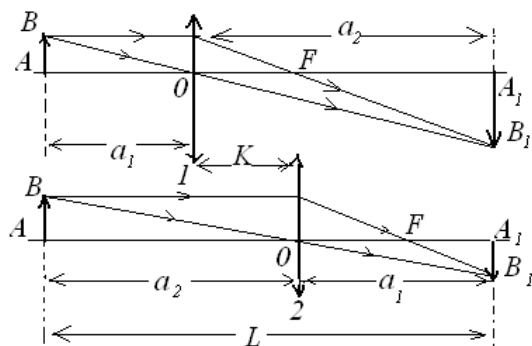
Ölçeg tertibi	a_1	h	H	F	ΔF	$\frac{\overline{\Delta F}}{\overline{F}} \cdot 100\%$	$F_x = \overline{F} \pm \overline{\Delta F}$
1							
2							
3							
orta							

Üçünji usul (Besseliň usuly)

Predmet bilen ekranyň aralygyny $4F$ -den uly edip ýerleşdirmeli. Bu ýagdaýda linzany predmete ýakynrak ýerleşdirip, ekranda uly şekil we linzany ekrana ýakynrak ýerleşdirip, kiçi şekil almak bolýar.

Eger-de predmet bilen ekranyň aralygyny L diýip, linzanyň 1 ýagdaýdan 2 ýagdaýa süýşürilme aralygyny “ K ” diýip bellesek, onda çyzgydan alarys:

$$L = a_1 + a_2; \quad K = a_2 - a_1$$



2.4-nji surat

Bu ýerden

$$a_1 = \frac{L-K}{2}; \quad a_2 = \frac{L+K}{2} \text{ aňlatmalary alarys}$$

a_1 we a_2 -niň bu bahalaryny (2.3) aňlatmada ornuna goýup, F üçin aşakdaky aňlatmany alarys :

$$F = \frac{L^2 - K^2}{4 \cdot L} \quad (2.6)$$

Işň ýerine ýetirilişi:

1. Ekrany predmetden $L > 4F$ aralykda ýerleşdirmeli we ol aralygy ölçemeli.

2. Linzany predmete ýakynrak ýerleşdirip, ekranda uly şekil almaly.

Millimetrik çyzgyçda linzanyň ýagdaýyny (1) bellemeli.

3. Linzany ekrana ýakynrak ýerleşdirip, kiçi şekil almaly. Millimetrik çyzgyçda linzanyň täze ýagdaýyny (2) bellemeli.

4. Linzanyň iki ýagdaýynyň aralygyny (K) hasaplamaly.

5. Tejribäni birnäçe gezek gaýtalamaly we (2.6) aňlatmadan peýdalanyp, “L”we “K”-nyň orta bahalary boýunça F hasaplamaly.

6. Tapylan ululyklary aşakdaky tablisa ýerleşdirmeli:

Ölçeg tertibi	1	2	K	L	F	$\overline{\Delta F}$	$F_x = \overline{F} \pm \overline{\Delta F}$
1							
2							
3							
orta							

2-nji gönükme

Dargadyjy linzanyň fokus aralygyny kesgitlemek

Dargadyjy linzanyň döredýän şekili hyýalydyr, şonuň üçin onuň fokus aralygyny gönüden-göni kesgitlep bolmaýar. Şonuň üçin dargadyjy linzanyň baş fokus aralygyny ýygnaýjy linzanyň kömegi bilen kesgitlemek bolar.

Birinji usul

Fokus aralygy belli bolan (F_1) ýygnaýjy linza bilen dargadyjy linzany bir-birine degrip ýerleşdirmeli. Şeýlelikde, linzalar ulgamy alynýar. Bu ulgamyň kömegi bilen predmetiň şekilini almak üçin absolýut bahasy boýunça $F_1 < F_2$ bolmaly. Bu ýerdäki F_2 – dargadyjy linzanyň baş fokus aralygy.

Dargadyjy linzanyň fokus aralygy otrisateldir. Bu iki linzadan ybarat bolan ulgamyň fokus aralygy (F)

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{F_2} \quad (2.7)$$

deňlikden kesgitlenýär.

Bu ýerden:

$$F_2 = \frac{F \cdot F_1}{F - F_1} \quad (2.8)$$

Işın ýerine ýetirilişi:

1. Fokus aralygy (F_1) belli bolan ýygnaýjy linza bilen dargadyjy linzany bir gysgyçda biri-birine degrip ýerleşdirmeli. Bu linzalaryň ulgamy predmetiň ekranda anyk şekilini bermelidir.

2. Besseň usulyndan peýdalanyň, bu linzalar ulgamynyň baş fokus aralygyny (F) kesgitlemeli.

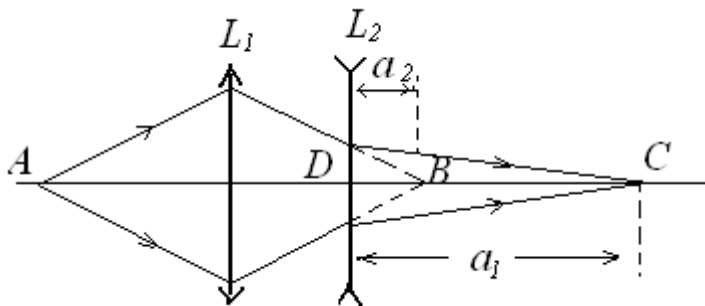
3. (8) aňlatmadan peýdalanyň, dargadyjy linzanyň baş fokus aralygyny (F_2) hasaplamaly.

4. Tapyňlan ähli ululyklary aşakdaky tablisada ýerleşdirmeli:

Ölçeň tertibi	F_1	F	F_2	$\overline{F_2}$	ΔF	$\frac{\overline{\Delta F}}{\overline{F_2}} \cdot 100\%$	$F_x = \overline{F_2} \pm \Delta \overline{F_2}$
1							
2							
3							
orta							

Ikinji usul

Goý, ýygnaýjy linza A nokadyň şekilini B nokatda emele getirýän bolsun. Eger-de bu linza bilen B nokadyň aralygynda dargadyjy linza ýerleşdirilse, onda bu linzanyň şöhläni dargadýanlygy zerarly, A nokadyň şekili B nokatdan C nokada süýşer.



2.5-nji surat

Linzalarda şöhlelerin öwrülişikliligini göz öňünde tutup, eger-de şöhleler C nokatdan dargadyjy linza düşüpdür diýsek, onda bu linza döwlen şöhlelerin dowamy B nokatda hyýaly kesişer. Bu ýagdaýda B nokat C nokadyň hyýaly şekili bolar. Onda dargadyjy linzadan C nokada çenli aralyk a_1 , bu linzadan B nokada çenli aralyk a_2 bolar. Tejribede a_1 we a_2 aralyklary ölçäp, (2.4) aňlatmada ornuna goýup, dargadyjy linzanyň baş fokus aralygyny F_2 kesgitlemek mümkin.

Işň ýerine ýetirilişi:

1. Ýygnaýjy linzany optiki oturgyjyň üstünde ýerleşdirip, predmetiň ekranda anyk şekilini almaly. Millimetrik çyzgyçda ekranyň duran ýerini (B) bellemeli.

2. Ýygnaýjy linza bilen ekranyň aralygynda dargadyjy linzany ýerleşdirip, ekrany süýşürüp, ýene-de anyk şekil almaly. Millimetrik çyzgyçda dargadyjy linzanyň duran ýerini (D) we ekranyň täze ýagdaýyny (C) bellemeli. Onda dargadyjy linza üçin:

$$[DC] = a_1 \quad [DB] = a_2.$$

3. Dargadyjy linzany we ekrany süýşürüp, tejribäni birnäçe gezek gaýtalamaly.

4. Tapylan a_1 we a_2 bahalary (2.4) aňlatmada ornuna goýup, dargadyjy linzanyň baş fokus aralygyny F_2 kesgitlemeli.

5. Tapylan ähli ululyklary aşakdaky tablisada ýerleşdirmeli:

Ölçeg tertibi	B	C	D	a_1	a_2	F_2	ΔF_2	$\Delta F_{2_x} = \overline{F_2} \pm \overline{\Delta F_2}$
1								
2								
3								
orta								

Hasabat üçin soraglar:

1. Linza diýip nämä aýdylýar?
2. Linzanyň baş fokus aralygynyň onuň beýleki fokus aralyklaryndan nämä tapawudy bar?

3. Linzanyň döredýän şekiliniň haýsysyna hyýaly diýilýär?
4. Eger-de linzanyň döwme görkezijisi daşky gurşawyň döwme görkezijisinden kiçi bolsa, nähili ýagdaý ýüze çykýar?
5. Linzalaryň ulgamy üçin umumy fokus aralyk nähili hasaplanýar?

Linzanyň sferik we hromatik aberrasiýasyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Optiki oturgyç.
2. Ýagtyltgyç.
3. Goşagüberçek linza.
4. Ekran.
5. Süýşgüç.
6. Iki sany diafragma (tegelek we halka görnüşli).
7. Ýagtylyk süzgüçleriň toplumy.

Gysgaça nazary maglumatlar

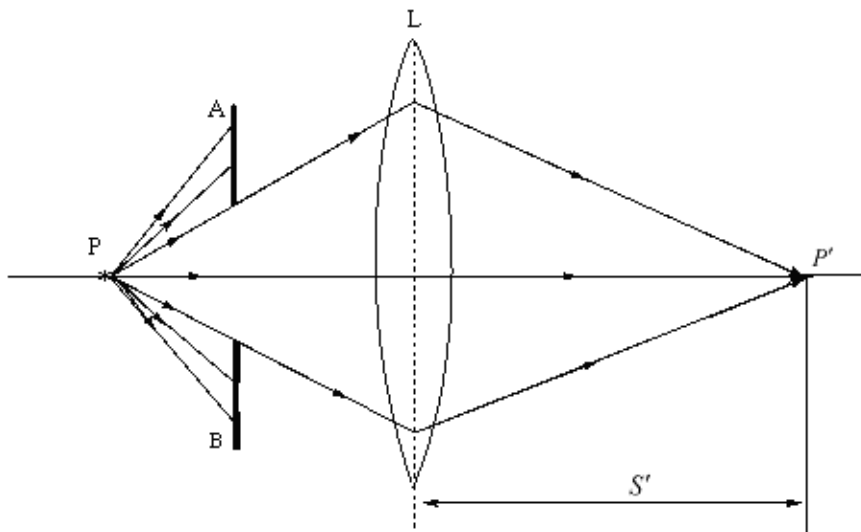
Optiki ulgamyň esasy meselesi şekil almakdan ybaratdyr. Mysal üçin, berlen zadyň anyk şekiliniň bolmagy üçin şöhle paraksial bolmaly. Optiki okuň golaýyndaky şöhle desselerine paraksial (oka ýakyn) şöhle diýilýär.

Linzanyň ýagtylyk güýjüni ulaltmak üçin giň şöhle dessesinden peýdalanmaly bolýar. Bu bolsa şekiliň ýoýulmagyna we linzanyň kemçiliginiň (aberrasiýasy) ýüze çykmagyna getirýär.

Sferik aberrasiýa

Aberrasiýanyň bu görnüşü linza düşýän şöhle dessesiniň giňligi bilen baglanyşykly.

P nokatlanç ýagtylyk çeşmesinden çykýan paraksial şöhle dessesi tegelek diaframanýň kömegi bilen linza gönükdirilende linzadan geçip, S' aralykda P' nokatda jemleýän bolsun.



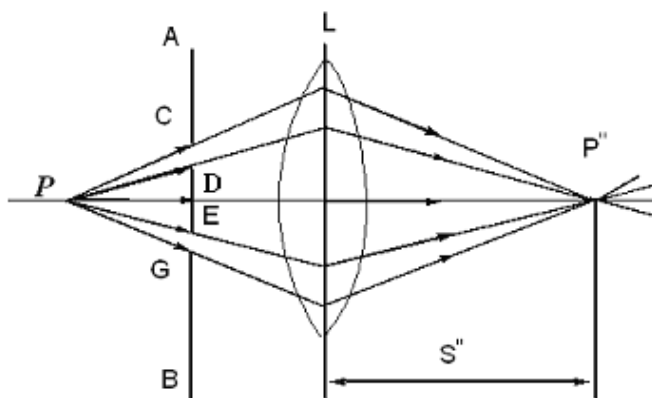
3.1-nji surat

Tegelek diafragma halka görnüşli diafragma bilen çalşylan ýagdaýynda (3.2-nji surat) bu diafragma P nokatlanç ýagtylyk çeşmesinden CPG we DPE konus bilen çäklenýän gyraky şöhle des-selerini bölüp alýar.

P nokatlanç ýagtylyk çeşmesinden çykýan şöhleler linzanyň çet-ki nokatlaryndan geçende güýçli döwülýär we P çeşmäniň şekili P'' nokatda bolar. Şekli bilen linzanyň aralygy S'' bolar, bu bolsa S' -den kiçidir (3.3-nji surat). Şeýlelikde, ekrany P'' nokatda ýerleşdirsek hem, P' nokatda ýerleşdirsek hem kâbir diametrli menek bolýar. Bu, elbetde, şekiliň ýoýulmagyna getirýär. Linzanyň bu kemçiligine sferik aberrasiýa diýilýär.

$$\delta S = S'' - S' \quad (3.1)$$

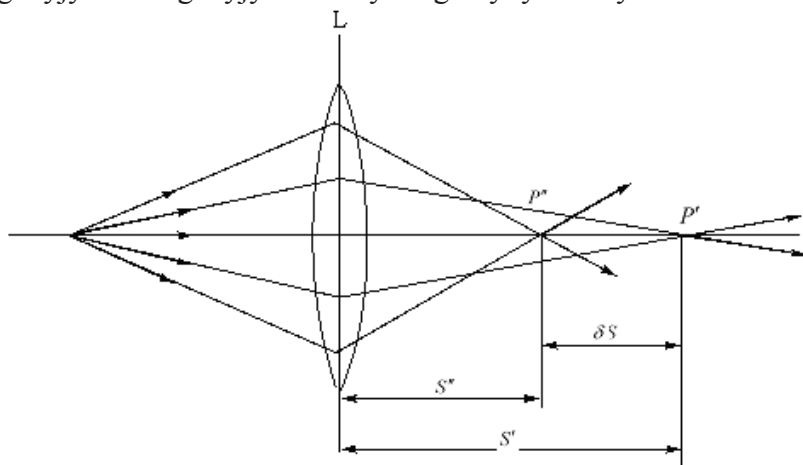
Aralyk sferik aberrasiýanyň ululygyny kesgitleýär. Ýygnaýjy linza üçin $\delta S < 0$. Dargadyjy linza üçin bolsa $\delta S > 0$.



3.2-nji surat

Optiki güýji položitel linza üçin sferik aberrasiýanyň $\delta S = S'' - S'$ ululygy otrisateldir.

Optiki güýji otrisatel bolan linza üçin bolsa sferik aberrasiýanyň ululygy položitelidir. Diýmek, sferik aberrasiýany ýok etmek üçin ýygnaýjy we dargadyjy linzalaryň ulgamyny almaly.



3.3-nji surat

Hromatik aberrasiýa

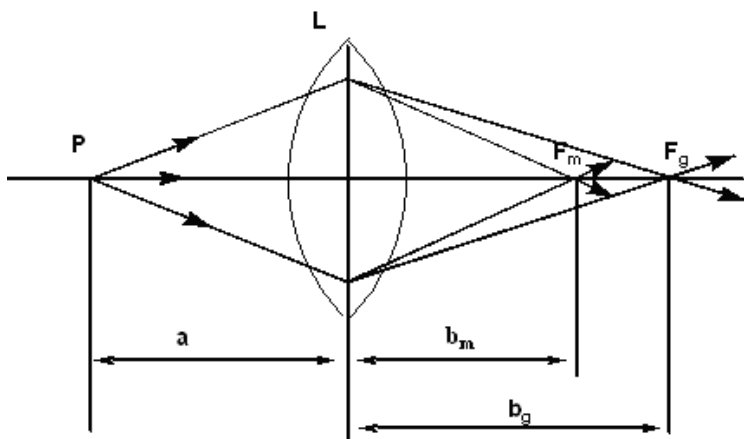
Monohromatik ýagtylyk bilen linza ýagtylandyrylanda, linzanyň fokus aralygy şu gatnaşyk bilen kesgitlenýär.

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (3.2)$$

Bu ýerde n – linzanyň maddasynyň döwme görkezijisi.

R_1 we R_2 – degişlilikde linzanyň egrî üstleriniň radiusy; F – linzanyň fokus aralygy, ol ýagtylygyň reňkine (tolkun uzynlygyna) baglydyr. Diýmek, dürli reňkli ýagtylyk üçin n dürlüdür. Onda (F) fokus aralygy hem dürlüdür.

Tolkun uzynlygynyň artmagy bilen n kiçelýär. Şonuň üçin hem melewşe ýagtylyk üçin döwülme görkezijisi n_m , gyzyly ýagtylyk üçin hem n_g diýsek, onda $n_m > n_g$ bolýanlygy sebäpli $F_m < F_g$ bolar. Eger-de linzanyň üstüne “ak” ýagtylyk düşýän bolsa, melewşe ýagtylyk linza ýakynrakda ýygnanýar. (F_m -nokat) gyzyly ýagtylyk bolsa uzagrakda ýygnanýar (F_g nokat) (3.4-nji surat).



3.4-nji surat

Netijede, F_m nokatda ekran ýerleşdirilse, ortasy melewşe, onuň daşynda dürli reňkli halkalar emele gelýär, daşky halkanyň reňki

gyzyl bolýar. Linzanyň bu kemçiligine hromatik (hromos–reňk) aberrasiýa diýilýär. Hromatik aberrasiýanyň ýüze çykarmazlygynyň iki usuly bar:

- 1) monohromatik ýagtylykdan peýdalanmak;
- 2) ýygnaýjy we dargadyjy linzalaryň ulgamyny peýdalanmak.

Işň ýerine ýetirilişi:

A. Sferik aberrasiýa.

1. Nokatlanç ýagtylyk çeşmesi bilen linzanyň arasynda tegelek diafragma ýerleşdirilýär.

Netijede, çeşmäniň önünde ýerleşdirilen (atanak) haç görnüşli sapagyň anyk şekilini almaly we ekranyň duran ýagdaýyny S' bilen bellemeli.

Ýagtylyk çeşmesiniň we linzanyň aralygyna halka diafragmany goýmaly. Haç şekilli sapagyň anyk şekilini almaly. Ekranyň duran ýagdaýyny S'' bilen bellemeli.

δS sferik aberrasiýanyň ululygyny (3.1) aňlatmadan hasaplamaly.

Ölçeği 3-4 gezek geçirmeli.

Alnan netijeleri aşakdaky tablisa geçirmeli:

T/N	S'	S''	δS	$\Delta \delta S$	$\frac{\Delta \delta S}{\delta S_{ort}} \cdot 100\%$	$\delta S_{hak} = \delta S_{ort} \pm \Delta \delta S_{ort}$

B. Hromatik aberrasiýa.

1. Nokatlanç çeşme bilen linzanyň arasyna melewşe ýagtylykly süzgüç goýulýar. Ekranda çeşmäniň anyk şekilini almaly. Ekranyň duran ýagdaýyny S' diýip bellemeli we fokus F_m aralygyny kesgitlemeli.

$$\frac{1}{F_m} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (3.3)$$

Bu ýerde a – çeşmeden linza çenli aralyk, b – linzadan ekrana çenli aralyk.

2. Ýagtylyk çeşmesiniň önünde gyzyly ýagtylykly süzgüç goýup, ekranda anyk şekil almaly.

Ekranyň ýagdaýyny S'' diýip belläp, şu aşakdaky aňlatma bilen F_g fokus aralygy kesgitlemeli.

$$\frac{1}{F_g} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

Ölçeği 3-4 gezek geçirmeli, netijäni aşakdaky tablisa geçirmeli:

	T/N	a	b	F	ΔF	$\frac{\Delta F_{ort}}{F_{ort}} \cdot 100\%$	$F_{ak} = F_{ort} \pm \Delta F_{ort}$
Melewşe şöhle üçin	1 2 3 4						
Orta bahasy							
Gyzyl şöhle üçin	1 2 3						
Orta bahasy							

Hasabat üçin soraglar:

1. Linzanyň kesgitlemesini aýtmaly.
2. Ýuka linzanyň aňlatmasyny ýazmaly.
3. Sferik we hromatik aberrasiýalary düşündirmeli.
4. Işin ýerine ýetirilişini gürrüň bermeli.

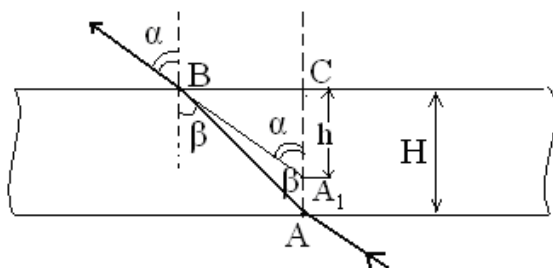
Mikroskopyň kömegi bilen aýnanyň döwme görkezijisini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Tubosynda sagat görnüşli indikatory bolan МБР-I kysymly mikroskop (obýektiwi $8\times$, okulýary $15\times$).
2. 2-3 sany dürli galyňlykdaky ýuka aýna bölekleri.

Gysgaça nazary maglumatlar

Eger aýna gatlagynyň aşaky üstündäki nokada (bellik) ýokarky üstünden seretseň, onda bu aýna galyňlygy kiçelen ýaly bolup görünýär. Hut şu hadysanyň esasynda aýnanyň döwme görkezijisini kesgitlemek mümkin. Aýna gatlagyndan ýagtylygyň geçiş ýoly 4.1-nji suratda görkezilendir.



4.1-nji surat

Ýagtylygyň inçe dessesi - AB iki gurşawyň araçäginde döwölüp, mysal üçin, aýnadan howa çykanda, ol üste galdyrylan perpendikulýar bilen α burçy emele getirýär.

Gözegçä bu şöhleler A nokatdan däl-de, ondan AA_1 beýiklige ýokary göterilen A_1 nokatdan çykýan ýaly bolup görünýär.

ABC we A_1BC üçburçluklardan peýdalanyp:

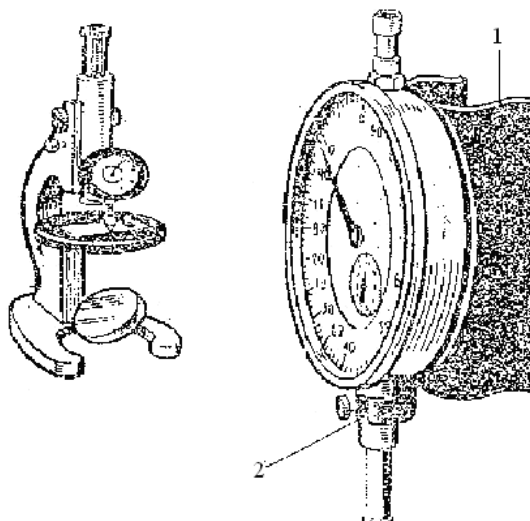
$BC = H \cdot \operatorname{tg} \beta$ $BC = h \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ýa-da $H \cdot \operatorname{tg} \beta = h \cdot \operatorname{tg} \alpha$ alarys, bu ýerden

$$\frac{H}{h} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}$$

α we β burçlar kiçi bolanda, olaryň tangenslerini sinuslary bilen çalşyrmak mümkin.

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{H}{h} = n$$

Bu ýerde n aýnanyň döwme görkezijisidir. Şeýlelikde, aýna gatlagynyň hakyky galyňlygyny H we hyýaly galyňlygyny h ölçäp, onuň howa görä ýagtylygy döwme görkezijisini kesgitlemek mümkin.



4.2-nji surat

Aýnanyň hakyky we hyýaly (kiçelen ýaly bolup görünýän) galyňlyklaryny mikroskopyň tubusyna oturdylan indikator bilen ölçemeli (4.2-nji suratda indikator görkezilen).

Işin ýerine ýetirilişi

1. Aýna gatlagynyň galyňlygyny ölçäň. Onuň üçin mikroskopyň tutgujy bilen mikroskopyň ujy degýänçä indikatory aşak düşürmeli we onuň görkezmesini ýazyp almaly. Soňra indikatoryň ujuny galdyryp, onuň aşagyna derňelýän aýnany goýmaly. Indikatoryň täze görkezmesini ýazyp almaly. Bu görkezmeleriň tapawudy aýnanyň

hakyky galyňlygy – H bolar. Ölçemäni 2-3 gezek geçirip, onuň orta galyňlygyny hasaplaň.

2. Aýna böleginiň iki tarapyndaky bellikden peýdalanyp, onuň hyýaly galyňlygyny h kesgitlemeli. Onuň üçin aýna böleginiň aşagyndaky bellik göni obýektiwiň aşagynda bolar ýaly edip, mikroskopy ýörite oturgyjyň üstünde ýerleşdirmeli. Mikroskopyň okulýaryndan seredip we tubosy ýokary-aşak süýşürüp, bu belligiň anyk şekilini almaly hem-de indikatoryň görkezenlerini ýazyp almaly. Soňra tubosy ýokary süýşürüp, aýnanyň ýokarky üstündäki belligiň anyk şekilini almaly hem-de ýene-de indikatoryň görkezenlerini ýazyp almaly. Bu sanlaryň tapawudy tubosyň ýokary görterilen beýikligine, ýagny aýnanyň hyýaly galyňlygyna (h) deňdir. Ölçeqleri 2-3 gezek gaýtalap, olaryň orta bahasyny tapmaly.

3. Aýnanyň döwme görkezijisini hasaplamaly.

4. Başa galyňlykly aýna bilen tejribäni gaýtalamaly.

Hasabat üçin soraglar:

1. Döwme görkezijiniň fiziki manysyny düşündirmeli.

2. Döwme görkezijisini hasaplamagyň göräli ýalňyşlygy haçan uly bolýar: galyň aýnadamy ýa-da ýuka?

3. Eger döwme görkeziji diňe melewşe ýa-da gyzył şöhlede ölçenende, olaryň haýsysynda tubosy has ýokary galdyrmaly bolar?

Freneliň biprizmasynyň kömegi bilen ýagtylygyň tolkun uzynlygyny hasaplamak

Gerekli enjamlar:

1. Freneliň biprizmasy.

2. Optiki (yş) jaýryk.

3. Ýagtyltgyç.

4. Sanaýjy mikroskop.

5. Fokus aralygy 10-15 *sm* bolan ýygnaýjy linza.

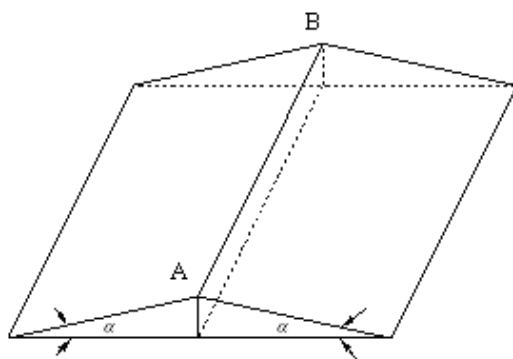
6. Dury däl ekran.

7. Ýagtylyk süzgüçleriň toplumy.

8. Süýşgüji bolan optiki oturgyç.
9. Millimetrlik bölümçeli çyzgyç.

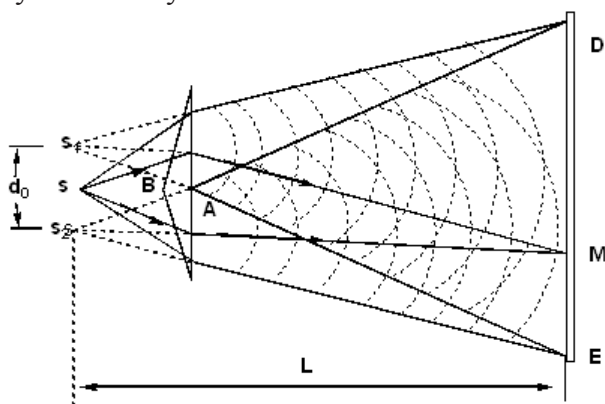
Gysgaça nazary maglumatlar

Freneliň biprizmasynda şöhläni ikä bölmeklik üçin ýagtylygyň döwürleme kanuny peýdalanylýar. Esaslary özara sepleşdirilen örän kiçi α döwürji burçlary (gradusyň ülsüne deň) bolan iki sany prizma Freneliň biprizmasyny emele getirýär.



5.1-nji surat

Eger-de ýagtylyk çeşmesi – (S yş) prizmanyň AB gapyrgasyna parallel ýagdaýda ýerleşdirilse, onda (E) ekranda ýagtylygyň interfe-rensiýasyny almak bolýar.



5.2-nji surat

Bu hadysa edil S_1 we S_2 nokatlarda iki sany kogerent ýagtylyk çeşmeleri ýerleşdirilen ýaly bolup geçýär. S çeşmeden çykýan ýagtylyk tolkuny biprizmanyň iki ýarym böleklerinde döwölüp, ika bölünýärler (kogerent şöhleler) we ekrana çenli dürli ýollary geçýärler (ýollaryň tapawudy ýüze çykýar). Tolkunyň iki böleginiň biri-biriniň üstüne düşýän nokatlary bolan EAD çäkde interferensiýa syn etmek bolýar. Δr ýollaryň tapawudyna baglylykda ekranda garaňky ýa-da ýagty zolak emele gelýär.

Eger-de $S_2M - S_1M = 2k \frac{\lambda}{2}$ bolsa, onda M nokat ýagty bolýar.

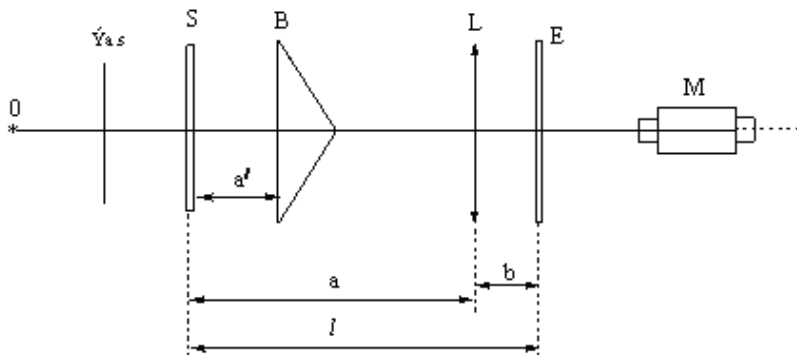
Eger-de $S_2M - S_1M = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$ bolsa, onda M nokat garaňky bolýar.

I. Ýagtylyk çeşmesiniň iki sany hyýaly şekilleriniň aralygyny ölçemek

1. Optiki oturgyjyň üstünde aşaky suratdaky gurnamany ýygnamaly.

Çyzgyda O – ýagtyltgyç, S – yş (jaýryk), B – Freneliň biprizmasy, L – ýygnaýjy linza, E – dury däl ekran, M – sanaýjy mikroskop, YaS – ýagtylyk süzgüç.

Biprizmanyň AB gapyrgasy yş (jaýryga) hökman parallel bolmalydyr.



5.3-nji surat

Tejribäniň dowamynda jaýryk bilen biprizmanyň (a') aralygy üýtgedilmeýär. Gurnamanyň ähli zatlary: ýagtyltgyç, jaýrygyň ortasy, biprizma we mikroskop deň derejede durmalydyrlar. Ekrany jaýrykdan 50-60 *sm* uzaklykda, onuň dury däl tarapyny mikroskopa öwürüp, berkitmeli.

2. L linzany saga-çepe süýşürüp, jaýrygyň anyk şekilini iki ýagdaýda E ekranda almaly. Mikroskopy süýşürüp, görüş meýdanynda S_1 we S_2 hyýaly çeşmeleriň anyk şekilini almaly. Şekiliň anyklygyny barlamak üçin E ekrany aýyrýarlar.

3. Jaýrygy, biprizmany, linzany, ekrany we mikroskopy optiki oturgyja berkitmeli. Çyzgyjyň kömegi bilen jaýrykdan ekranyň dury däl tarapyna çenli ℓ aralygy ölçemeli. Jaýrykdan ekrana çenli bolan ℓ aralygy S_1 we S_2 hyýaly çeşmeleriň ýerleşen tekizligine çenli aralyk deregine kabul etmek bolýar, sebäbi bu tekizlik S jaýrygyň ýatan tekizligine has golaýdyr.

4. Dury däl ekrany (E) aýyrmaly we sanaýjy mikroskopyň görkezijisinden hyýaly çeşmeleriň aralygyny ($d_0 = k'n$) hasaplamaly. Eger-de sanaýjy mikroskopyň öwürme koeffisiýenti k' bolsa, onda hyýaly çeşmeleriň görüş meýdanynda görünýän, ýagtylyk çeşmesiniň S_1 we S_2 hyýaly şekilleriniň aralygynda ýerleşýän, mikroskopyň görkezijisiniň bölümleriniň sany (biziň gurnamamyzdaky mikroskopyň öwürme koeffisiýenti $k' = \frac{1}{30} mm$) n - e deň bolar.

5. Jaýrykdan (S) linza (L) çenli aralygy (a) hem-de linzadan ekrana (E) çenli aralygy (b) ölçemeli. Ähli ölçemeleri birnäçe gezek gaýtalamaly.

6. Linzanyň ulaldyşy kesgitleýän aňlatmasyndan peýdalanyp, S_1 we S_2 hyýaly çeşmeleriň aralygyny d_0 hasaplamaly:

$$d_0 = \frac{a}{b} d \quad (5.1)$$

Tejribeden alnan we hasaplanylýan ähli ululyklary aşakdaky tablisa geçirmeli.

Tertip №	k	n	d	a	b	d_0	Δd_0	$\frac{\Delta d_{0or}}{d_{0or}} \cdot 100\%$
1								
2								
3								
orta gymmaty								

II. Ýagtylyk tolkunynyň uzynlygyny kesgitlemek

Aşaky aňlatmalaryň kömegi bilen monohromatik ýagtylygyň tolkun uzynlygyny kesgitlemek has aňsat.

$$r_2 - r_1 = \Delta r = 2k \frac{\lambda}{2} \quad - \text{ iň uly güýçlenme şerti} \quad (5.2)$$

$$r_2 - r_1 = \Delta r = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \quad - \text{ iň uly gowşama şerti} \quad (5.3)$$

bu ýerde k – islendik бүтін сан (0,1,2,3,...). Hyýaly çeşmeleriň aralygy d_0 ℓ aralykdan has kiçidir (5.4-nji surata seret).

Ekranyň A nokadynda merkezi ýagty zolak ýerleşendir (Fazalar tapawudy nula deň). Merkezi ýagty zolakdan k -njy ýagty zolaga çenli bolan aralyk

$$x_k = \frac{\ell}{d_0} k \lambda$$

deň. 5.4-nji suratdan görnüşi ýaly,

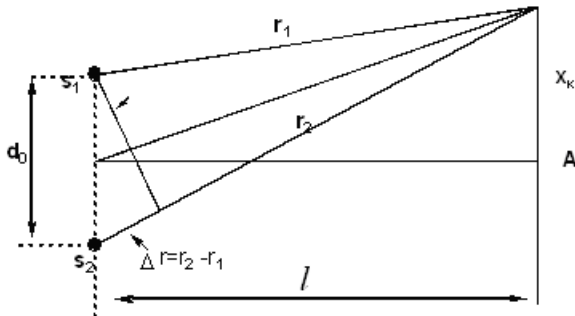
$$x_k = \ell \cdot \operatorname{tg} \alpha = \ell \frac{\Delta r}{d_0} = \frac{k \ell \lambda}{d_0};$$

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \frac{\Delta r}{d_0} \approx \sin \alpha$$

Eger-de ℓ bilen deňeşdirilende x_k we d_0 has kiçi bolsa, onda garaňky zolaklaryň ýerleşýän nokatlary

$$x_k = \frac{\ell}{d_0} (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

şertden hasaplanylýar.



5.4-nji surat

Iki goňşy ýagty ýa-da garaňky zolaklaryň aralygy

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{\ell}{d_0} \lambda (k+1) - \frac{\ell}{d_0} k \lambda = \frac{\ell}{d_0} \lambda \text{ deň.}$$

Bu ýerden monohromatik ýagtylygyň tolkun uzynlygy:

$$\lambda = \frac{d_0 \cdot \Delta x}{\ell} \quad (5.4)$$

Işň ýerine ýetirilişi:

1. Optiki oturgyçdaky gurnamany barlamaly. Biprizma (B) we jaýrygyň (S) arasyndaky aralyk (a') üýtgedilmeli däl (birinji gönükmä ýerine ýetirilendäki goýlan a' aralyk bu gezek hem üýtgedilmeli däl). Linzany (L) we ekrany (E) oturgyçdan aýyrmaly.

2. Mikroskopy biprizma has ýakynlaşdyrmaly (bir-birine deger ýaly derejä çenli). Soňra mikroskopy ýuwaşlyk bilen daşlaşdyryp, ilki wertikal ýagty zolagy, soňra interferensiýa zolaklary görmeli.

Anýk interferensiýa görnüş alnandan soň, mikroskopy optiki otugyja berkitmeli.

3. Mikroskopyň önünde dury däl ekranyň dury däl tarapyny mikroskopa öwürüp ýerleşdirmeli we ony (ekrany) süýşürüp mikroskopyň görüş meýdanynda anyk interferensiýa görnüşini almalı.

4. Jaýrykdan (S) ekranyň (E) dury däl tarapyna çenli bolan aralygy (ℓ) ölçemeli.

5. Ekrany aýyrmaly we ýagtylygyň önünde ýagtylyk süzgüç (ÝaS) ýerleşdirmeli.

6. Mikroskopyň kömegi bilen iň çetki iki ýagty zolaklaryň aralygyny ölçemeli.

$$x = k' \cdot n$$

k' – mikroskopyň öwürüji koeffisiýenti,

n – iki çetki ýagty zolaklaryň arasynda ýerleşýän görkezijiniň bölüm sany.

7. x kesimde ýerleşýän garaňky zolaklaryň sanyny m sanamaly we iki goňşy ýagty zolaklaryň aralygyny $\Delta x = \frac{x}{m}$ kesgitlemeli.

8. x we Δx ölçegleri dürli ýagtylyk süzgüçlerde ýaşyl, melewşe we ş.m. geçirmeli.

9. Biprizmanyň aňlatmasy (5.4) boýunça dürli ýagtylyk süzgüçlerde ýagtylygyň tolkun uzynlygyny hasaplamaly:

$$\lambda = \frac{d_0 \cdot \Delta x}{\ell}$$

bu ýerde d_0 – birinji gönükmde kesgitlenilen S_1 we S_2 hyýaly çeşmeleriň aralygy. Tejribäni her bir ýagtylyk süzgüç üçin üç gezek ýerine ýetirmeli.

Tejribeden alnan we hasaplanylýan ähli ululyklary aşakdaky tablisa geçirmeli:

Ýag- tylyk süzgüç	k	n	x	Δx	d_0	λ	$\Delta \lambda$	$\frac{\Delta \lambda_{or}}{\lambda_{or}} \cdot 100\%$
I								
orta gym- maty								
II								
orta gym- maty								
III								
orta gym- maty								

Hasabat üçin soraglar:

1. Interferensiýa hadysasyny düşündirmeli.
2. Kogerent tolkunlary almagyň usullary.
3. Işň ýerine ýetirilişini düşündirmeli.

Nýutonyň interferensiýa halkalarynyň kömegi bilen linzanyň egrilik radiusyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Tekiz-güberçek linzadan we tekiz-parallel aýnadan ybarat optiki ulgam.
2. Süýşýän oturgyçjagazly mikroskop.

3. Ýagtylyk süzgüç.

Gysgaça nazary maglumatlar

Oňat ýylmanan aýna gatlagynyň üstüne tekiz-güberçek linza güberçek üsti bilen goýulsa, onda linza bilen aýna gatlagynyň arasynda ortadan gyra baka galňalyp gidýän howa gatlagy galar. Eger bu ulgamyň üstüne monohromatik ýagtylyk dessesi düşse, onda howa gatlagynyň şol bir galyňlygynyň ýokary we aşak üstlerinden serpigen ýagtylyk tolkunlary interferensiýany ýüze çykarýar. Bu interferensiýa garaňky we ýagty halkalar görnüşinde bolýar. Nýutonyň halkalary diýlip atlandyrylýan bu halkalara serpigen ýagtylykda-da, içinden geçen ýagtylykda-da syn etmek mümkin. Şeýlelikde, serpigen ýagtylykda alynýan ýagty halkalar içinden geçen ýagtylykda alynýan garaňky halkalara gabat gelýär. Şonuň üçin serpigen ýagtylykdaky halkalaryň üstüne içinden geçen ýagtylykdaky halkalar goýulsa, onda interferensiýa ýitýär.

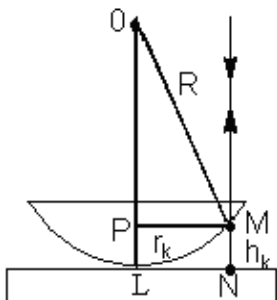
Nýutonyň halkalarynyň radiusyny hasaplamaklyga seredeliň:

Goý, monohromatik ýagtylyk gurnamanyň linzasynyň üstüne dikana düşýän bolsun. Linzanyň üstünden serpigen ýagtylyga üns bermeýäris, sebäbi ol interferensiýany ýüze çykarmaga gatnaşmaýar. Ýöne linzanyň içine geçen ýagtylygyň käbir mukdary linzanyň aşaky üstüniň M nokadyndan serpigýär, galany bolsa h_k galyňlykly howa gatlagyndan geçip, aýna gatlagynyň N nokadyna düşer. Onuň hem käbir mukdary bu ýerden (N nokatdan) serpigýär, galan mukdary içine geçer. h_k galyňlykly howa gatlagynyň iki üstünden (M we N nokatlardan) serpigen ýagtylyk tolkunlary kogerentdirler, şonuň üçin olar goşulsa, interferensiýany ýüze çykarýar. Interferensiýany hasaplamak üçin M we N nokatlardan serpigen ýagtylyk tolkunlarynyň ýollarynyň tapawudyny 6.1-nji suratdan peýdalanyp, kesgitlemek amatly.

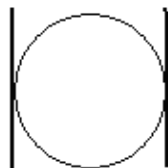
Suratdan görnüşi ýaly,

$$\Delta = 2h_k + \frac{\lambda}{2} \quad (6.1)$$

bu ýerde $\frac{\lambda}{2}$ - ýagtylyk tolkunynyň howa-aýna araçäginde ser-pikmesi sebäpli, ýitirilen ýoly hasaba alýan goşulyjy.



6.1-nji surat



6.2-nji surat

6.1-nji surat boýunça: $OL = OM = R$, $PM = r_k$, $MN = PL = h_k$. Nýutonyň k -nji halkasynyň radiusy r_k we linzanyň egrilik radiusynyň (R) arasyndaky baglanyşygy tapmak üçin OPM üçburçlukdan peýdalanyp alarys :

$$|OM|^2 = |OP|^2 + |PM|^2; \quad R^2 = (R - h_k)^2 + r_k^2$$

ýa-da

$$R^2 = R^2 - 2h_k R - h_k^2 + r_k^2$$

h_k^2 ululygy hasaba almazlyk mümkin, sebäbi $h_k^2 \ll R$.

Diýmek,
$$r_k^2 = 2Rh_k \quad (6.2)$$

Ýagty halkalaryň alynmak şerti: $2h_k + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

bu ýerde k – halkanyň tertip sany ($k=1,2,3,\dots$).

Garaňky halkanyň alynmak şerti: $2h_k + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$

$$\text{Diýmek, ýagty halkalar howa gatlagynyň } h_k = \left(k - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} \quad (6.3)$$

şerti kanagatlandyryan galyňlyklarynda, garaňky halkalar bolsa

$$h_k = k \frac{\lambda}{2} \quad (6.4)$$

şerti kanagatlandyryan galyňlykda emele gelýär.

(6.2) we (6.3) deňliklerden peýdalanyň, ýagty halkalaryň radiusy üçin

$$r_k = \sqrt{\left(k - \frac{1}{2}\right) R \lambda} \quad (6.5)$$

(6.2) we (6.4) deňliklerden peýdalanyň, garaňky halkalaryň radiusy üçin

$$r_k = \sqrt{k R \lambda} \quad (6.6)$$

aňlatmany alarys.

Görnüşi ýaly, ýagtylygyň tolkun uzynlygy (λ) belli bolsa, ýagty ýa-da garaňky halkalaryň radiusyny ölçäp, (6.5) we (6.6) aňlatmalaryň kömegi bilen linzanyň egrilik radiusyny (R) kesgitlemek mümkin.

Linzanyň egrilik radiusyny biri-birinden uzakda duran iki sany halkanyň radiusynyň tapawudy boýunça kesgitlemek mümkin.

Goý, k -njy we i -nji garaňky halkalaryň radiuslary kesgitlenen bolsun. Bu halkalaryň degişli howa gatlagynyň galyňlygy üçin

$$h_k = k \frac{\lambda}{2} = \frac{r_k^2}{2R}; \quad h_i = i \frac{\lambda}{2} = \frac{r_i^2}{2R} \quad \text{aňlatmalary ýazmak bolar.}$$

$$\text{Onda} \quad h_k - h_i = (k - i) \frac{\lambda}{2} = \frac{r_k^2}{2R} - \frac{r_i^2}{2R}$$

bu ýerden

$$R = \frac{(r_k - r_i) \cdot (r_k - r_i)}{(k - i) \lambda} \quad (6.7)$$

aňlatmany alýarys.

Işň ýerine ýetirilişi

Interferensiýa halkalaryň radiusy mikroskopyň kömegi bilen ölçenilýär. Mikroskopyň oturgyçjagazy mikrometrik hyryň kömegi bilen süýşürilýär, süýşme ululygy bolsa, 0,01 mm takyklykda amala aşyrylýar. Monohromatik ýagtylyk ýagtylyksüzgüjiň kömegi bilen al-nyar.

Mikroskopyň çyrasynyň önünde ýagtylyksüzgüç ýerleşdirmeli. Mikroskopyň oturgyçjagazyna linzadan we tekiz-parallel aýnadan ybarat optiki ulgamy ýerleşdirmeli. Tubusy süýşürüp, görüş meýdanynda interferensiýa halkalary ýüze çykarmaly we onuň anyk görünmesini gazanmaly. Okulýardaky wertikal çyzygy ölçenýän garaňky halkanyň daşyna galtaşdyrmaly (6.2-nji surat). Şu ýagdaýda indikatoryň görkezenini ýazyp almaly (a_1). Soňra oturgyçjagazy süýşürüp, okulýaryň wertikal çyzygyny şol halkanyň garşylykly tarapynyň içki üstüne galtaşdyrmaly we indikatoryň görkezenini (a_2) ýazyp almaly. Bu ululyklaryň tapawudy ($a_1 - a_2$) ölçenen halkalaryň orta töwereginiň diametri bolar. Şeýle usul bilen 4-5 sany garaňky halkanyň radiusyny ölçmeli.

Halkalaryň ölçenen radiuslaryny jübütme-jübüt utgaşdyryp, (6.7) aňlatma boýunça linzanyň egrilik radiusyny hasaplamaly. Jübütme-jübüt ugtaşdyrylýan halkalaryň tertip belgileriniň tapawudy uly bolsa, netije gowy bolýar.

Ölçenen we hasaplanylýan netijeleri aşakdaky tablisa geçirmeli.

№	Halkalaryň tertip sany	a_1	a_2	$r = \frac{ a_1 - a_2 }{2}$	λ	R	\bar{R}	ΔR	$\frac{\Delta R}{R} \cdot 100\%$

Hasabat üçin soraglar:

1. Interferensiýa hadysasyny düşündiriň.
2. Kogerent şöhleleriň ýollarynyň tapawudy nähili kesgitlenýär?
3. Optiki ýol näme?
4. Işň ýerine ýetirilişini düşündiriň.

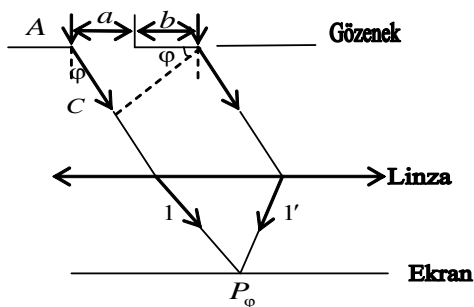
Difraksiýa gözenegiň kömegi bilen ýagtylygyň tolkun uzynlygyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Difraksiýa gözenegi.
2. Ýagtylyksüzgüçleriň toplumy.
3. Ýörite optiki oturgyç.
4. Ýagtylyk çeşmesi.

Gysgaça nazary maglumatlar

Difraksiýa gözeneginde aýry-aýry ýşlaryň geçirýän şöhleleri linzanyň fokal tekizliginde bir-biriniň üstüne düşüp, interferensiýany ýüze çykarýar. Eger-de ýşlaryň sany N bolsa, onda N desse özara goşulýar. Goý, λ tolkun uzynlykly ýagtylyk gözenegiň üstüne dikana düşýän bolsun. Ýşlardan geçenden soň difraksiýa zerarly şöhleler dürli ugurlar boýunça ýaýrarlar. Gözenege geçirilen normal bilen φ burçuny emele getirýän şöhlelere seredeliň. 1 we $1'$ şöhleleriň ýollarynyň tapawudy:



7.1-nji surat

$$\Delta = AC = (a + b) \cdot \sin \varphi = d \cdot \sin \varphi$$

Bu ýerde $a + b = d$ gözenegiň periody. Ýollaryň bu tapawudyna aşaky ýaly fazalar tapawudy degişlidir:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta$$

Eger-de $\Delta = \lambda$ bolsa, $\Delta\varphi = 2\pi$. Onda 1 we 1' şöhleler şol bir fazada bolar we bir-birini güýçlendirer. Mundan başga-da 1 we 1' şöhleleriň P_φ nokada bir fazada gelmekligi $\Delta\varphi = 0, 2\pi, 4\pi, \dots, 2n\pi$ -den bolanda-da bolýar. Bu fazalar tapawudyna $\Delta = 0, 2\lambda, 3\lambda, \dots, n\lambda$ ýol tapawudy degişlidir.

Şeýlelik bilen, iň uly güýçlenme şerti:

$$d \cdot \sin \varphi = n \cdot \lambda \quad (7.1)$$

Bu ýerde $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ iň uly güýçlenmeleriň tertibini aňladýar. Ýşyň sany 2 we ondan köp islendik sana deň bolanda-da (7.1) deňleme adalatlydyr. Şonuň üçin çyzgyda iki ýşdaky ýagdaý görkezildi. (7.1) şerti kanagatlandyran güýçlenmelere baş güýçlenmeler diýilýär.

Difraksiýa gözeneginden geçen ýagtylygyň depgininiň iň kiçi baha eýe bolýan şertine baş gowşama şerti diýilýär. Bu şert ýagtylyk tolkunlarynyň netijeleýji amplitudasy nola deň ($A_\varphi = 0$) bolan ugurlarynda emele gelýär, ol bir ýşdaky alynýan gowşama şertinden, ýagny

$$b \sin \varphi = \pm m\lambda \quad (m = 1; 2; 3; \dots)$$

aňlatma arkaly kesgitlenilýär.

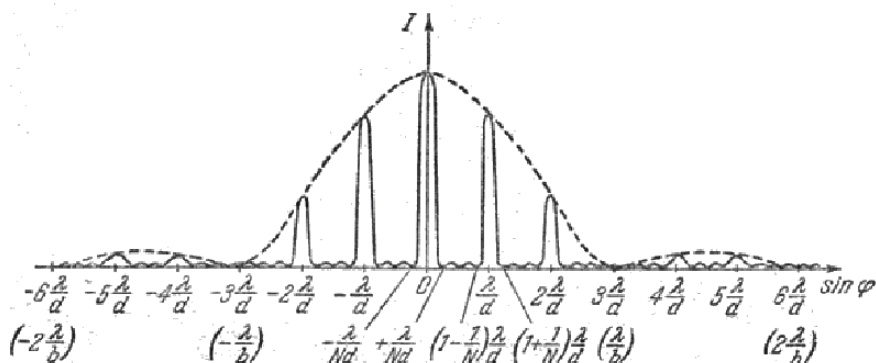
Baş güýçlenme şertinden başga-da gowşak depginli goşmaça güýçlenmeler emele gelýär. Bu güýçlenmeler goşmaça gowşamalar bilen bölünýärler. Goşmaça gowşamalar

$$d \sin \varphi = \frac{p\lambda}{N}; \quad p \neq 0, N, 2N, 3N, \dots$$

şerti kanagatlandyrmaly.

Şu ýerden görnüşi ýaly, difraksiýa gözeneginiň ýşlarynyň sany N -e deň bolsa, onda her iki ýanaşyk baş güýçlenmeleriň arasynda $N-1$ sany goşmaça gowşamalar ýerleşýär.

İki sany baş güýçlenmäniň arasynda ikilenji güýçlenmeler bilen bölünen $N-1$ sany goşmaça gowşamalar ýerleşýärler. Ikilenji güýçlenmeleriň depgini baş güýçlenmeleriň depgininden has kiçidir.



7.2-nji surat

$n=0$ bolanda $d \cdot \sin \varphi = 0$ bolýanlygy (7.1) şertden görünýär. Ekranda nolunjy difraksiýa güýçlenme emele gelýär. $n \pm 1$ bolanda nolunjy güýçlenmäniň iki tarapynda birinji tertipli diýip atlandyrylýan iki sany difraksiýa güýçlenme emele gelýär. Difraksiýa gözenek monohromatik ýagtylyk bilen ýagtylandyrylanda ekranda reňkli zolaklaryň ýerine garaňky aralyklar bilen bölünen spektrler görünýär. Şolaryň her biri güýçlenme spektridir. Nolunjy güýçlenme – nolunjy spektr, birinji güýçlenme – birinji tertipli spektr we ş.m.

Difraksiýa spektrleriň sany çäklidir we aşaky şertden kesgitlenýär:

$$\sin \varphi \leq n \frac{\lambda}{d} \leq 1$$

Gözenegiň hemişeligi näçe uly bolsa, spektrleriniň sany hem şonça köpdür, ýöne aýratyn spektral çyzyklar has inçe we ýagtylygy gowşak bolýar.

Gurnamanyň gurluşy we işiň ýerine ýetirilişi

Monohromatik ýagtylygyň tolkun uzynlygy difraksiýa gözeneginiň kömegi bilen kesgitlenip bilner. Deň ululykdaky dury däl aralyklar bilen bölünen, deň giňlikli dury jaýryklaryň hatary difraksiýa gözenegini emele getirýär.

Häzirki wagtda ulanylýan difraksiýa gözeneginiň 1 mm-däki yslaryň sany 2400 ýetýänleri hem bar. Şeýle gözenekleriň nusgalaryna replika diýilýär. Adaty difraksiýa gözenekler fotografik usul bilen ýasalýarlar. Replikalar hem gözenekler bilen bir hatarda üstünlikli ulanylýarlar.

Ýagtylygyň tolkun uzynlygyny kesgitleýän gurnama

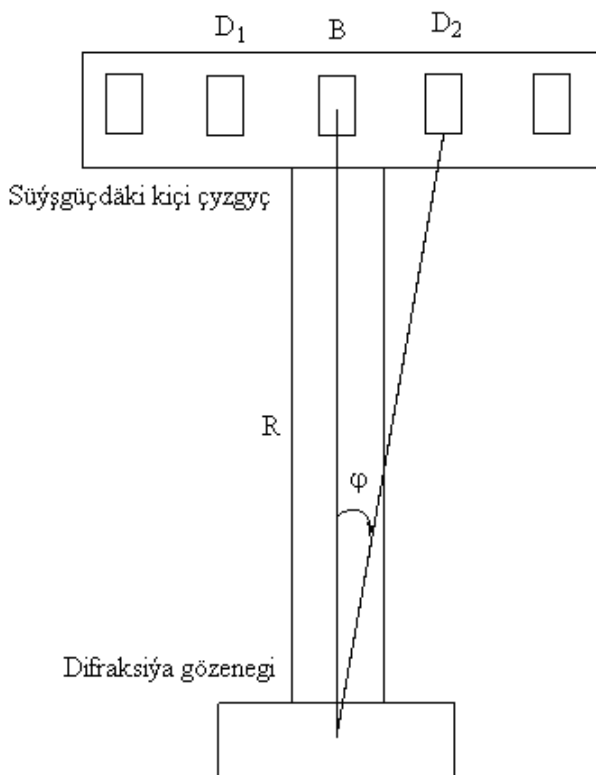
Bölümçeleriniň ölçegleri millimetre deň bolan agaç çyzgyçdan ortasynda gönüburçly deşigi bolan esasy çyzgyçda hereketlenýän süýşgüçde ýerleşdirilen millimetrlik bölümçeli kiçi çyzgyçdan we ýagtylyk çeşmesinden ybarat. Ýagtylyk çeşmesiniň önünde hereketlenýän süýşgüçde ýagtylyksüzgüç ýerleşdirilýär.

Çyzgyjyň beýleki ujunda difraksiýa gözenegi ýerleşdirilýär.

Eger-de difraksiýa gözeneginiň üsti bilen ýagtylandyrylan gönüburçly deşige seretseň, ol deşigiň özünden başga-da iki tarapyny-da simmetrik ýerleşen şekili görünýär. Her bir gapdal difraksiýa şekil merkezi deşikden

$$BD_1 = BD_2 = S$$

ululyga gapdala süýşen görnüşde bolýar. Çyzgyda görnüşi ýaly,



7.3-nji surat

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{BD_2}{R} = \frac{S}{R} \quad (7.2)$$

bu ýerde R – difraksiýa gözeneginden süýşgüçdäki çyzgyjyň deşigine çenli aralyk.

φ – burç kiçi bolan ýagdaýynda, $\operatorname{tg} \varphi$ -ni $\sin \varphi$ bilen çalşyrylanda ýalňyşlyk uly bolmaýar.

$$\text{Onda } \sin \varphi = \frac{S}{R} \quad (7.3)$$

(7.3)-nji (7.1)-de orna goýup, tolkun uzynlygyny kesgitlesek,

$$\lambda = \frac{S \cdot d}{n \cdot R} \quad (7.4)$$

aňlatmany alarys.

Ölçeşleri dürli ýagtylyk süzgüçlerde (gyzyl, sary, ýaşyl, melewşe) we süýşgüji dürli aralykda ýerleşdirip ýerine ýetirmeli.

Ölçemeleri we netijeleri aşakdaky tablisa geçirmeli:

Spektriniň tertibi (n)	S çep (mm)	S sag (mm)	d (mm)	R (mm)	λ (mm)	λ_{or} (mm)	$\Delta\lambda$ (mm)	$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_{or}} \cdot 100\%$
1								
1								
2								
2								
1								
1								
2								
2								
1								
1								
2								
2								

Hasabat üçin soraglar:

1. Gyugensiň-Freneliň düzgünini düşündiriň.
2. Nähili tolkunlara kogerent tolkunlar diýilýär?
3. Difraksiýa hadysasy nähili ýüze çykýar?
4. Eger-de linzany aýyrsak (7.1-nji surat), onda ekranda nähili görnüş emele geler?
5. Difraksiýa syn etmegiň şertini düşündiriň.

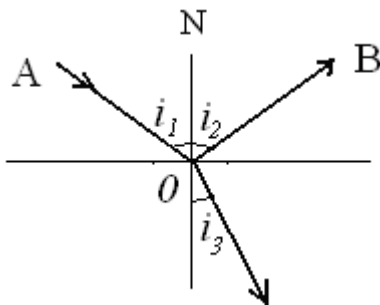
Refraktometriň kömegi bilen gant ergininiň döwme görkezijisini we ergindäki gandyň konsentrasiýasyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. ПИЛ-3 kysymly refraktometr.
2. 4-5 sany gant erginli gaplar.
3. Arassalanan suw.
4. Damdyrgyç.

Gysgaça nazary maglumatlar

Eger monohromatik ýagtylyk şöhesi iki sany izotrop we birhilli dury maddalaryň (mysal üçin, howa-suw, howa-aýna, suw-aýna we ş.m.) tekiz araçägine düşse, onda ol ikä bölünýär: bir bölegi araçäkden serpigýär, galany döwlüp, (eger şöhle araçäge normal düşmeýän bol-sa) ikinji madda geçýär (8.1-nji surat).



8.1-nji surat

Serpigen OB şöhle we düşýän AO şöhle düşme nokada inderilen normal bilen bir tekizlikde ýerleşýärler. Düşýän AO şöhle we araçäge O nokadyň üsti bilen geçirilen ON normal arasyndaky burça düşme burçy diýilýär.

Serpigen OB şöhle we ON normal arasyndaky burça serpikme burçy diýilýär. Döwlen OC şöhle ON normal arasyndaky burça döwülme burçy diýilýär.

Düşýän AO şöhläniň we ON normalyň üstünde ýerleşýän tekizlige düşme tekizligi diýilýär. Serpikme burçy düşme burçuna sanmasan deňdir, ýagny

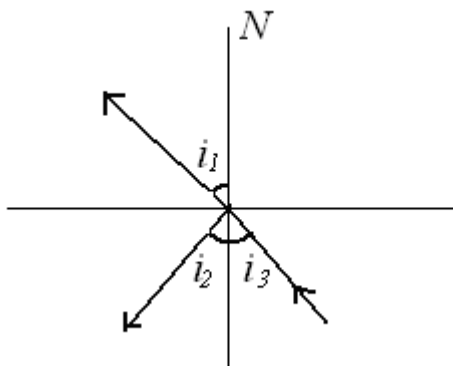
$$i_1 = i_2 \quad (8.1)$$

Muňa ýagtylygyň serpikme kanuny diýilýär. Döwlen OC şöhle we düşýän AO şöhle ON normal bilen bir tekizlikde ýerleşýärler. Düşme burçunyň sinusynyň döwülme burçunyň sinusyna gatnaşygy berlen iki maddanyň jübüti üçin hemişelikdir:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{2,1} \quad (8.2)$$

Bu ýerde $n_{2,1}$ -ikinji maddanyň birinji madda görä döwme görkezijisi diýilýär. Bu ýagtylygyň döwülme kanunydyr.

Eger şöhle ikinji maddada ýaýrap, araçäge i_3 burç bilen düşýän bolsa, onda ol i_1 burç bilen döwülüp, birinji maddada ýaýrar (8.2-nji surat).



8.2-nji surat

Bu ýagdaý üçin döwme kanun

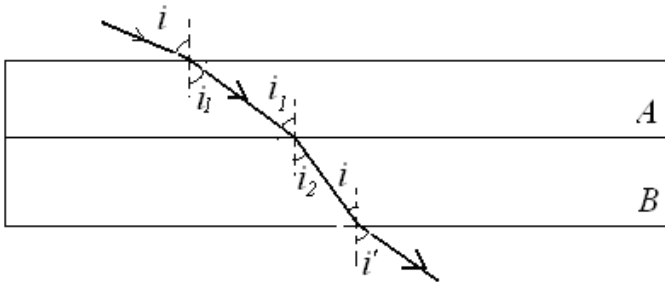
$$\frac{\sin i_3}{\sin i_1} = n_{1,2} \quad (8.3)$$

görnüşde ýazylýar. Bu ýerde $n_{1,2}$ -birinji maddanyň ikinji madda görä döwme görkezijisi diýilýär (8.2) we (8.3) deňliklerden alynýar.

$$n_{2,1} = \frac{1}{n_{1,3}} \quad (8.4)$$

Maddanyň wakuuma görä döwme görkezijisine onuň absolýut döwme görkezijisi diýilýär. Maddanyň absolýut döwme görkezijisi n harpy bilen belgilenýär.

Tekiz parallel görnüşli iki sany dürli A we B maddalar özara galtlaşýan bolsun (8.3-nji surat).



8.3-nji surat

Goý, şöhle howada ýaýrap, A maddanyň üstüne i burçy bilen düşýän bolsun. A we B maddalardan geçip, ýene-de howada ýaýraýan bolsa, onda ol düşýän şöhle parallel bolup ýaýraýar, ýagny

$$i = i' \quad (8.5).$$

Çyzgyda görkezilen üç araçäk üçin hem ýagtylygyň döwürleme kanuny aşakdaky ýaly ýazylýar:

$$\frac{\sin i}{\sin i_1} = n_1; \quad \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{2,1}; \quad \frac{\sin i_2}{\sin i'} = \frac{1}{n_2}, \quad (8.6)$$

bu ýerde n_1 we n_2 -degişlilikde A we B maddalaryň absolýut döwme görkezijileri. (8.6) deňlikler ulgamynyň birinji ikisinden alýarys:

$$n_{2,1} = \frac{1}{n_1} \cdot \frac{\sin i}{\sin i_3} \quad (8.7)$$

(8.5) deňligi hasaba alyp, (8.7) deňlikleriň üçünjisini şeýle ýazmak bolýar:

$$n_2 = \frac{\sin i}{\sin i_2} \quad (8.8)$$

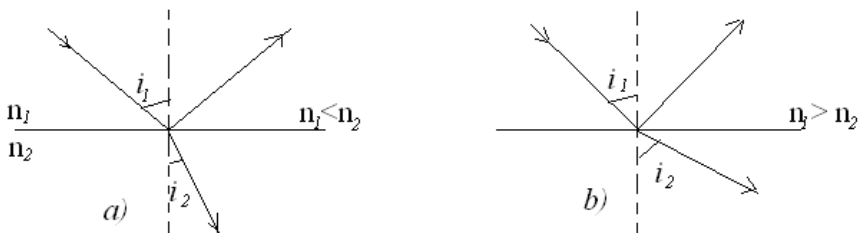
(8.7) we (8.8) deňliklerden

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad (8.9) \text{ alynýar.}$$

Diýmek, iki maddanyň biri-birine görä döwme görkezijisi bu maddalaryň absolýut döwme görkezijileriniň gatnaşygyna deňdir. Onda A we B maddalaryň araçäginde ýagtylygyň döwülme kanunyny şeýle ýazmak bolýar:

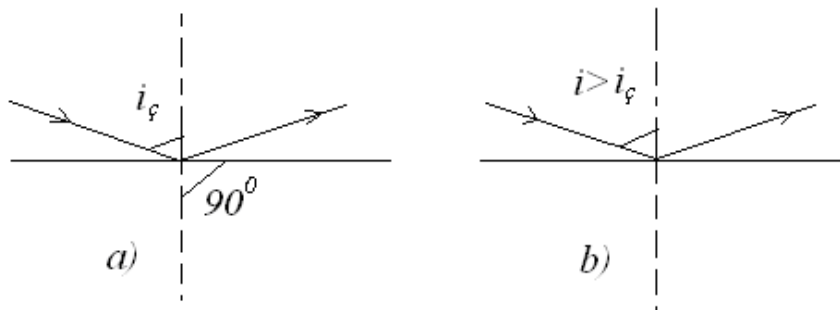
$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (8.10)$$

(8.10) deňlikden görnüşi ýaly, $n_2 > n_1$ bolsa $i_1 > i_2$ bolýar, $n_2 < n_1$ bolsa $i_2 > i_1$ bolýar. Bu iki ýagdaý 8.4 -nji suratda şekillendirilen.



8.4-nji surat

Şöhläniň düşme burçy üýtgeşe, döwülme burçy hem üýtgeýär. $n_1 > n_2$ bolanda düşme burçy dyngysyz ulaldylsa, $i_2 = 90^\circ$ bolanda-da $i_1 < 90^\circ$ bolýar (8.5-nji surat).

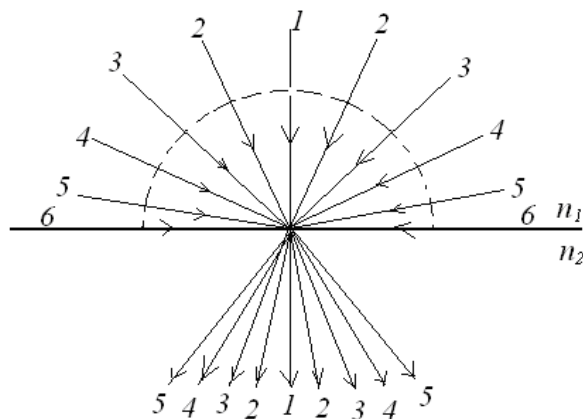


8.5-nji surat

Döwülme burçunyň 90° -a deň bolan ýagdaýyndaky düşme burçunyň ululygyna ýagtylygyň doly serpikmesiniň çäk burçy diýilýär (8.5-nji surat). Düşme burçy çäk burçdan uly bolsa, ýagtylyk doly serpigýär (8.6-njy surat). $i_2 = 90^\circ$ deň bolsa, onda:

$$\sin i_3 = \frac{n_2}{n_1}, \quad (8.11)$$

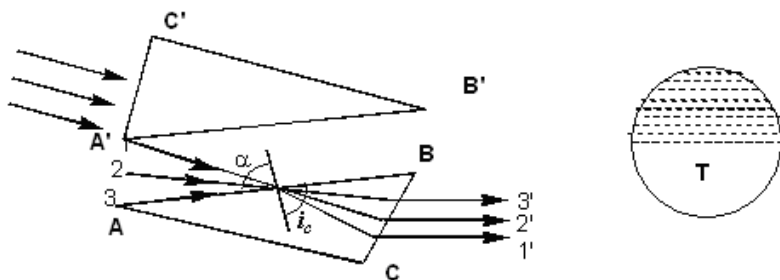
bolýar. Diýmek, ýagtylyk $n_1 < n_2$ maddada ýaýrap, araçäge düşýän bolsa, onda ol diňe çäklendirijileriň arasyndaky burç $2 \cdot i_3$ bolan konusyň içinde ýaýrap bilýär.



8.6-njy surat

Iki maddanyň araçağinde ýagtylygyň döwürlemegi bilen baglanyşykly ýokarda seredilip geçilen hadysalar refraktometriň kömegi bilen erginiň döwme görkezijisini kesgitlemeklige mümkinçilik berýär.

PIIJI-3 kysymly refraktometrde derňelýän ergin iki sany gönüburçly prizmalaryň arasynda ýerleşdirilýär (8.7-nji surat).



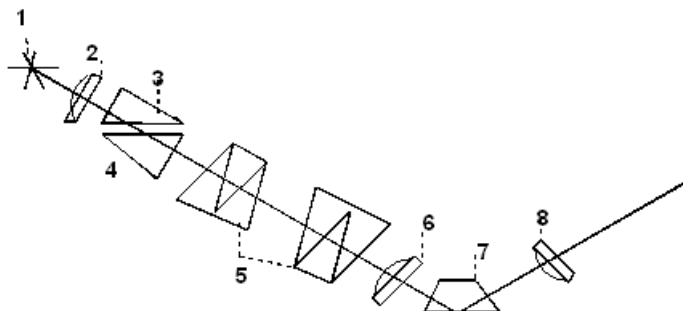
8.7-nji surat

ABC we $A'B'C'$ prizmalar döwme görkezijisi uly bolan ($n=1,72$) aýnadan ýasalýar. $A'B'C'$ - ýagtylandyryjy prizma ABC -ölçeýji prizma diýilýär.

Ýagtylandyryjydan ýagtylyk $A'C'$ grana düşürilýär. Ol hem prizmanyň içinde ýaýrap, ergin bilen galtaşýan $A'B'$ grana düşýär. Bu granyň üsti dyrmaçaklanan, şeýlelikde, erginiň içinde ýagtylyk pytrap, ölçeýji prizmanyň AB granyna dürli burçlar bilen düşýär. AB grana 1,2,3 şöhleleriň düşme burçunyň in uly bahasy $\alpha = 90^\circ$ deňdir. Erginiň we prizmanyň AB araçağinde ýaýraýan bu şöhle (8.7-nji suratda şöhle 3) döwme görkezijisi kiçi bolan erginde ýaýrap, döwme görkezijisi uly bolan prizmanyň üstüne $\alpha = 90^\circ$ burç bilen düşýär we ýagtylyk şöhleleriniň öwrülişiklilik düzgüni boýunça doly serpikmäniň i_s çäk burçy bilen döwürlýär. Beýleki ähli (1,2) şöhleleler AB 90-dan kiçi burç bilen düşýärler we prizmada i_s çäk burçdan kiçi burç bilen döwürlýärler. Prizmalardan geçen şöhleleriň ýolunda ýerleşdirilen T turbanyň görüş meýdanynda iki bölek ýarym töwerek görünýär: ýagty (aşaky bölek) we garaňky (ýokarky bölek). Ýagty-

garaňky araçağıň ýagdaýy erginiň döwme görkezijisiniň ululygyna bagly, ýagny i , çäk burçunyň ululygy bilen kesgitlenilýär.

ПІЛ-3 kysymly refraktometriň optiki gurluşy:



8.8-nji surat.

1 – ýagtylyk çeşmesi, 2 – linza, 3 – ýagtylandyryjy prizma, 4 – ölçeyji prizma, 5 – kadalaşdyryjynyň prizmalary, 6 – turbanyň obýektiwi, 7 – öwürüji prizma, 8 – fokal tekizliginde hasap bölümçeleri ýerleşdirilen okulyar.

Dispersiýany kadalaýjy prizmalar (5) ýagty-garaňky araçağıň spektral reňkini aýyrmak üçin niýetlenen.

Ölçeg geçirmezden önürti refraktometri işe taýýarlamaly. Onuň üçin 3,4 prizmalaryň arasyna 2-3 damja distillirlenen suw damdyrmaly. Okulýary süýşürüp, hasap görkezijisiniň we nyşan (wezir) çyzygynyň anyk görünmegini gazanmaly. Kadalaýjynyň sapyny aýlap, ýagty-garaňky araçağı reňksiz we aýdyň etmeli. Soňra görüş turbasynyň sapyny aýlap, nyşan çyzygyny ýagty-garaňky araçağıň üstüne düşürmeli. Eger şeýle edilende ýagty-garaňky araçağıň deňinde döwülme görkezijisiniň bölümçeleriniň $n=1,333$ bahasy ýerleşse, onda abzal işe taýýar, eger bu sana gabat gelmese, ýörite açaryň kömegi bilen ýagty-garaňky araçağı $n=1,333$ -iň deňine süýşürmeli.

İşin ýerine ýetirilişi

1. Ýagtylandyryjy prizmany ýokary galdyryp, prizmalaryň üstüni distillirlenen suw bilen ýuwup, pamyk bilen arassalamaly.

2. Ölçeýji prizmanyň üstüne 2-3 damja derňelýän ergini damdyryp, ýokarky prizmany aşak düşürmeli (kamerany ýapmaly).

3. Okulýardan seredip, nyşan çyzygyny ýagty-garaňky araçağıň üstüne düşürmeli we onuň deňinden döwülme görkezijiniň (n) hem-de gandyň konsentrasiýasynyň (c) ululygyny almaly.

4. Kamerany açyp arassalap, täze ergini ölçemeli.

5. Şeýle usul bilen dürli 4-5 ergini ölçemeli.

6. Erginleriň konsentrasiýasy (c) we döwülme görkezijisiniň (n) arasyndaky baglanyşygyň grafigini gurmaly. Koordinata başlangyjynda $c=0$, $n=1,333$ ululyklary ýerleşdirmeli. Eger ölçegler dogry geçirilen bolsa, $n=f(c)$ baglanyşygyň grafigi koordinatalaryň başlangyjynyň üstünde geçýän göni çyzyk bolar.

7. Hemme ululyklary aşakdaky tablisada ýerleşdirmeli:

Ergin- ler	Ölçeme tertibi	A	n	ΔA	Δn	$\frac{\Delta c}{c} \cdot 100\%$	$\frac{\Delta n}{n} \cdot 100\%$
№ 1	1						
	2						
	3						
	orta						
№ 2	1						
	2						
	3						
	orta						
№ 3	1						
	2						
	3						
	orta						
№ 4	1						
	2						
	3						
	orta						

Hasabat üçin soraglar:

1. Iki sany dury maddanyň araçäginde şöhle näme üçin döwülýär?
2. Iki sany dury maddanyň araçäginde şöhläniň doly serpilmesi haýsy şertde bolýar?
3. Doly serpilmäniň çäk burçy diýip nämä aýdylýar?
4. Refraktometriň gurluşyny düşündirmeli.

Ýagtylygyň polýarlanma tekizliginiň erginde aýlanmagyny öwrenmek we erginde gandyň konsentrasiýasyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Polýarimetr.
2. Dürli konsentrasiýaly gant erginleri.

Gysgaça nazary maglumatlar

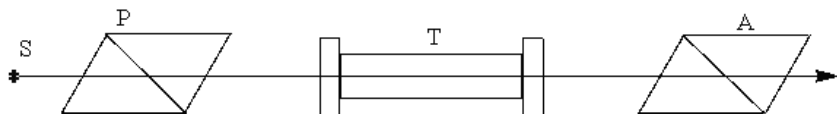
Kristalyň baş optiki okunyň ugry bilen tebigy ýagtylyk geçirilse, kristaldan çykanda ýagtylygyň häsiýetleri üýtgemän galýar. Emma tekiz polýarlanan ýagtylyk düşürilse, onda käbir kristallar (kwars, kinowar we ş.m.) ýagtylyk tolkunynyň \vec{E} wektorynyň ýatýan tekizligini käbir burça aýlaýar. Şeýle maddalara optiki işjeň maddalar diýilýär. Gant ergininiň hem şeýle häsiýeti bar, şonuň üçin oňa-da optiki işjeň diýmek bolýar. Aýlandyrylma ugry dürli maddalar üçin birdeň däl. Eger şöhläniň ýaýraýan ugruna garşy seredýän adam üçin, \vec{E} wektoryň ýatýan tekizligi sagat diliniň hereketiniň ugruna aýlandyrylsa, onda madda saga aýlanýan diýilýär, eger-de tersine aýlasa, çepe aýlanýan diýilýär. Kwarsyň saga we çepe aýlanýan görnüşleri bar.

\vec{E} wektoryň ýatýan tekizligine parallel bolan tekizlige polýarlanma tekizligi diýilýär. Diýmek, \vec{E} wektoryň ýatýan tekizligi aýlansa, polýarlanma tekizligi hem aýlanar. Erginlerde polýarlanma

tekizliginiň aýlanma burçy (φ) erginiň galyňlygyna (ℓ) we işjeň maddanyň konsentrasiýasyna (A) proporsionaldyr:

$$\varphi = \alpha \cdot A \cdot \ell$$

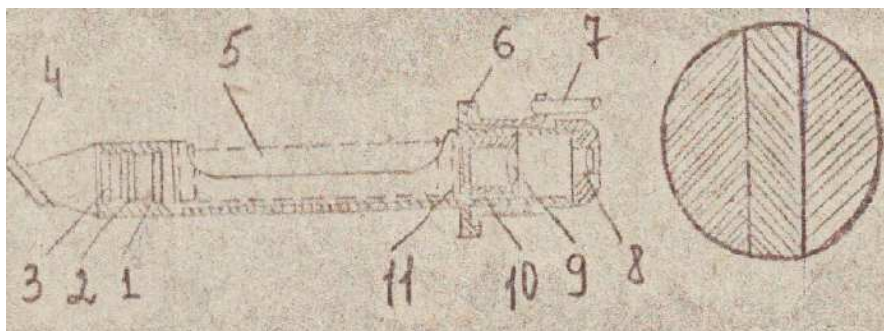
Bu ýerde α – udel aýlanma hemişeligi. Udel aýlanma hemişeligini belli konsentrasiýaly erginiň üsti bilen kesgitlep bolýar. Polýarlanma tekizliginiň aýlanmasyna syn etmek üçin S ýagtylyk çeşmesinden iki sany Nikolyň prizmasyndan - P polýarlaýjydan we A seljerijiden hem-de erginli T turbajykdan ybarat bolan ýönekeý gurnama peýdalanylýar.



9.1-nji surat

Köplenç, gözegçilik şeýle ýerine ýetirilýär: polýarlaýjynyň we seljerijiniň arasyndan erginli turbajygy aýyrýarlar we seljerijini aýlap, onuň içinden ýagtylyk geçmez ýaly ýerleşdirilýär. Bu ýagdaýda polýarlaýjynyň we seljerijiniň baş tekizligi özara perpendikulýar bolýar (polýarlaýjydan geçen polýarlanan ýagtylyk seljerijiden geçmeýär). Eger erginden doldurylan T turbajyk polýarlaýjy we seljerijiniň arasynda ýerleşdirilse, seljerijiden ýagtylyk geçer. Diýmek, ergin ýagtylygyň polýarlanma tekizligini käbir φ burça aýlapdyr. Seljerijiden ýagtylygyň geçmezligi üçin polýarlaýjyny ýene-de φ burça aýlamaly. Bu aýlama burçunyň ululygy abzalyň görkezijisinden alynýar. Gant ergininde gandyň konsentrasiýasy ýagtylygyň polýarlanma tekizliginiň aýlanmagy boýunça kesgitleýän polýarimetre saharimetr diýilýär.

Biziň işimizde ykjam (portativ) polýarimetr ulanylýar. Polýarimetriň okularyndan seredilende üç bölege bölünen görüş meýdançasyny görmek bolýar. Hasap alnanda üç bölegiň hem ýagtylygy deňleşdirilýär.



9.2-nji surat

1 – kwars plastinkaly diafragma, 2 – polýarlaýjy, 3 – ýagtylyk süzgüç, 4 – ýagtylandyrmak üçin aýna, 5 – ergin üçin turba, 6 – burç görkeziji, 7 – hasap alynýan lupa, 8 – okulyar, 9 – obýektiv, 10 – hasaplaýjy disk, 11 – seljeriji.

Işň ýerine ýetirilişi

1. Belli konsentrasiýaly ergin boýunça udel aýlama hemişeligini kesgitlemeli.

2. Näbelli konsentrasiýaly birnäçe erginiň konsentrasiýasyny kesgitlemeli.

3. Polýarlanma tekizliginiň aýlandyrylma burçunyň konsentrasiýa baglylygynyň grafigini gurmaly.

Hasabat üçin soraglar:

1. Polýarlanma tekizliginiň aýlandyrylmasyny düşündirmeli.
2. Polýarimetride polýarlanan ýagtylygy nähili alyp bolýar?
3. Polýarlanma tekizliginiň aýlanma burçuny nähili ölçeyärler?

Erginleriň konsentrasiýasyny kesgitlemek üçin interferometriň ulanylyşy

Gerekli enjamlar:

1. ИТФ -2 kysymly interferometr.
2. Üňňülik we derňelýän erginler.

Gysgaça nazary maglumatlar

Monohromatik ýagtylyk bilen ýagtylandyrylan iki yşyň döredýän interferensiýa şekili garaňky we ýagty zolaklaryň ulgamyny emele getirýär. Garaňky we ýagty zolaklaryň ýagdaýy interferensiýany ýüze çykarýan şöhleleriň ýollarynyň tapawudyna bagly. Eger bir şöhle ℓ ýoly döwme görkezijisi n_1 bolan maddanyň içi bilen geçip, beýleki şöhle şol ýoly döwme görkezijisi n_2 bolan maddanyň içi bilen geçse, onda olaryň optiki ýollarynyň tapawudy

$$\Delta = n_1 \cdot \ell - n_2 \cdot \ell = \ell \cdot (n_1 - n_2) \quad (10.1)$$

deň bolar.

Bu şöhleleriň (tolkunlaryň) fazalar tapawudy

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_1} \cdot \ell - \frac{2\pi}{\lambda_2} \cdot \ell$$

deň bolar.

Bilşimiz ýaly,

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_0}{n_1} \text{ we } \lambda_2 = \frac{\lambda_0}{n_2}$$

bu ýerde λ_0 – ýagtylygyň wakuumdaky tolkun uzynlygy.

Onda

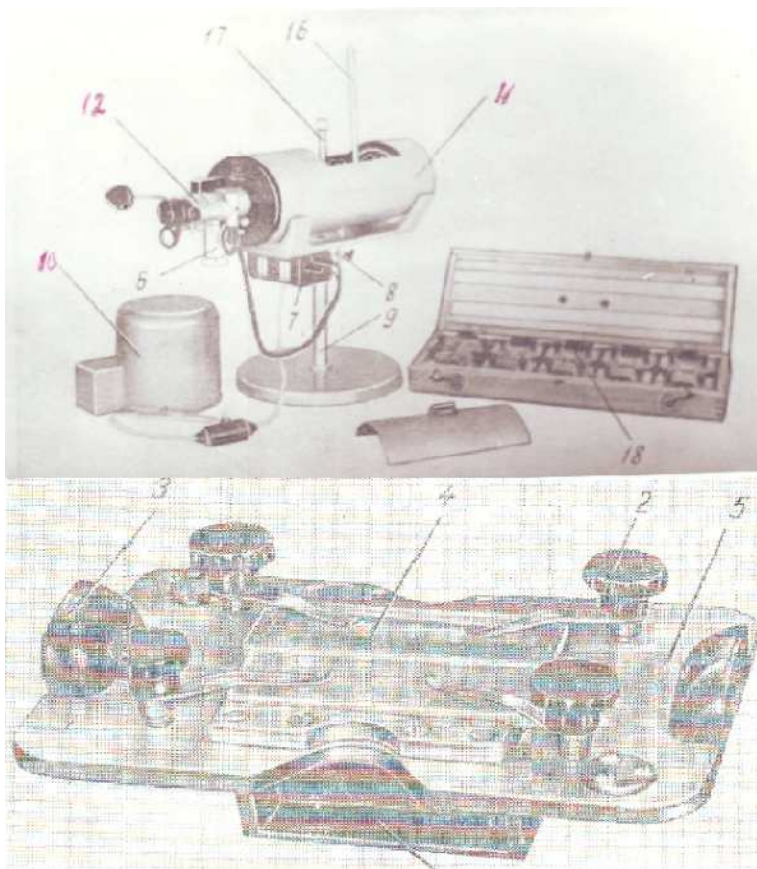
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot (\ell \cdot n_1 - \ell \cdot n_2) \quad (10.2)$$

$\ell \cdot n_1$ we $\ell \cdot n_2$ ululyklara optiki ýollaryň uzynlygy diýilýär,

$(\ell \cdot n_1 - \ell \cdot n_2)$ tapawuda bolsa optiki ýollaryň tapawudy diýilýär.

S_1 we S_2 yşlardan çykýan şöhleleriň ýolunda (10.1-nji surat) n_1 we n_2 döwme görkezijisi bolan erginler guýlan gapjagazlar ýerleşdirilen ýagdaýynda, bu erginleriň içinden geçýän şöhleleriň biri $\ell \cdot n_1$ optiki ýoly, beýlekisi $\ell \cdot n_2$ optiki ýoly geçýänligi üçin ol ýollaryň

$$\Delta = \ell \cdot n_1 - \ell \cdot n_2 = \ell \cdot (n_1 - n_2)$$



10.1-nji surat

tapawudy emele gelýär, bu bolsa interferensiýa zolaklaryň ýagdaýyny üýtgedýär. Eger-de şöhleleriň biriniň ýolunda üýtgeýän d galyňlykly P kadalaşdyryjy madda ýerleşdirilende, şöhleleriň geçýän ýollarynyň goşmaça tapawudy ýüze çykyar:

$$\Delta_1 = n_p \cdot d$$

Bu ýerde n_p – üýtgeýän galyňlykly maddanyň döwme görkezijisi. Bu ýagdaýda maddanyň şöhle geçirýän galyňlygyny üýtgetmek

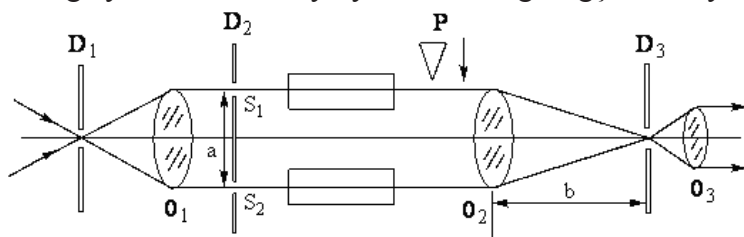
bilen gapjagazlardan geçýän şöhleleriň ýollarynyň tapawudynyň ýok bolmagyny gazanmak mümkin, ýagny:

$$\Delta - \Delta_1 = 0.$$

Bu ýagdaýda interferensiýa zolaklar ilkibaşdaky ýagdaýyna gaýdyp gelýärler. d we n_p belli bolsa, Δ tapylýar we (10.1) aňlatmadan $n_1 - n_2$ kesgitlenýär. Erginiň döwme görkezijisi we onuň konsentrasiýasy çyzykly baglanyşyklydygy zerarly, döwme görkezijini kesgitlemek bilen erginiň konsentrasiýasyny hem kesgitlemek bolýar.

ИТП-2 интерферометрiň gurluşy we işleýiş düzgüni

ИТП-2 интерферометрiň umumy görnüşü 10.2-nji suratda şekillendirilen O_1 obýektiwden we D_1 yşdan ybarat bolan gönükdirijiden (kollimatoradan) parallel ýagtylyk dessejikleri S_1 we S_2 yşlary bolan D_2 diafragmadan geçip, okularyň fokal tekizliginde ýerleşen D_3 diafragmada ýygnanýar, O_2 linza we O_3 okulýar görüş turbasyny emele getirýärler. D_2 diafragmanyň yşlarynda difraksiýa ýüze çykýanlygy üçin, D_3 diafragmanyň tekizliginde interferensiýa zolaklar emele gelýär we oňa okulýaryň üsti bilen gözegçilik edilýär.



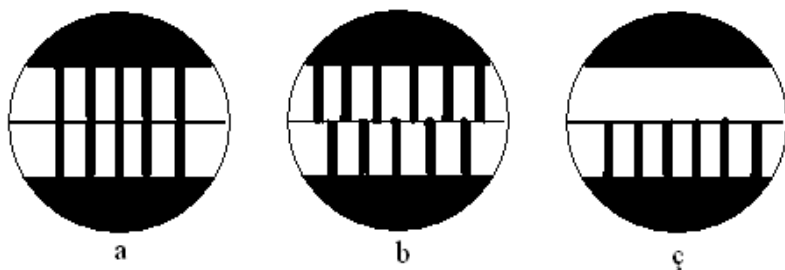
10.2-nji surat

O_1 we O_2 obýektiwleriň arasynda şöhleleriň ýolunda iki kameraly gapjagaz ýerleşdirilýär. Ol kameralaryň biri belli suwuklyk (ülülik), beýlekisine derňelýän suwuklyk kesgitli derejede guýulýar. Olardan geçen şöhleleriň optiki ýollarynyň tapawudynyň ýüze çykmagy okulýardan seredilýän interferensiýa zolaklarynyň süýşmegine getirýär.

Interferensiýa zolaklaryň süýşme ululygyny takyk kesgitlemegi ýeňilleşdirmek üçin okulýarda seredilýän interferensiýa zolaklaryň iki ulgamy alynýar: biri hereketli, beýlekisi hereketsiz. Interferensiýa zolaklaryň süýşmesi hereketsiz zolaklara görä kesgitlenilýär.

Interferensiýa zolaklaryň iki ulgamyny almak üçin S_1, S_2 ýşlardan geçen şöhleleriň ýarymy kameralaryň içinden, ýarymy bolsa kameralaryň aşagyndan geçirilýär. Kameralaryň aşagyndan geçen şöhleler hereketsiz zolaklar ulgamyny, kameralaryň içinden geçen şöhleler bolsa hereketli zolaklar ulgamyny emele getirýär. Ol ulgamlar çyzyk bilen bölünýärler. Hereketsizi aşakda, hereketlisi ýokarda ýerleşýär.

Gapjagazyň iki kamerasynyň içinden geçen şöhleleriň ýollarynyň tapawudy nola deň bolanda, ýokarky interferensiýa zolaklar ulgamy aşaky interferensiýa zolaklar ulgamyna gabat gelýär. 10.3-nji “a” surat.



10.3-nji surat

Kameralardan geçen şöhleleriň ýollarynyň tapawudy ýüze çykanda, ýokarky zolaklar ulgamy aşaky zolaklar ulgamyna görä süýşen bolýar. 10.3-nji “b” surat. Eger-de kameralardaky suwuklyklaryň döwme görkezijileriniň tapawudy uly bolsa, onda ýokarky zolaklar ulgamy görüş meýdanyndan çykyp gidýär. 10.3-nji “ç” surat.

Hereketsiz we hereketli zolaklar ulgamynyň merkezi (nolunjy) zolagyny bir-birine gabat getirmeklik mikrometrik hyryň kömegi bilen kadalaşdyryjy maddany süýşürmek bilen ýerine ýetirilýär (10.2-nji surat).

Mikrometrik hyryň iki görkezijisi bar, olardan hereketsizi 30 bölüme, aýlanýany 100 bölüme bölünen. Şeýlelikde, kadalaşdyryjynyň ähli görkezijisi 3000 bölüme eýedir.

Gapjagazyň sag we çep kameralary “J” we “II” harplar bilen belgilenendir. Gapjagaz ýerleşdirilende sag kamera sag tarapda, çep kamera çep tarapda bolmalydyr. Ölçeg wagtynda sag kamera döwme görkezijisi kiçi bolan suwuklyk bilen doldurylmalydyr.

Abzalyň ýagtylandyryjysynyň uçlary “0” we “4” bilen belgilenen deşiklere sokulmaly. Bu ýagdaýda çykyşda 4W naprýaženiýe alynýar. Transformatora berkidilen reostatyň kömegi bilen çyranyň sapagynyň ýagtylanyşyny sazlamak bolýar.

Abzalda işlemegiň tertibi

1. Termokameranyň içi boş wagtynda (gapjagazsyz) we kadalaşdyryjynyň görkezijisiniň nola ýakyn bölümleriniň birinde aşaky we ýokarky interferensiýa zolaklaryň özara gabat gelýänligini barlamaly.

2. Gapjagazyň kameralaryna arassalanan suw guýup, ony abzalda ýerleşdirmeli, interferensiýa zolaklaryň özara gabat gelýän wagtyndaky barabanyň görkezijisiniň bahalaryny tapmaly. Mundan beýläk ölçeglerde bu baha nol deregine kabul edilmeli. Mysal üçin, eger gapjagazyň noly 32 bölüm bolsa, onda ol 74 görkezeninde süýşme ululygy $74-32=42$, ýagny 42 bölüme deňdir.

3. Gapjagazyň bir kamerasyna distillirlenen suw, beýlekisine derňelýän ergini damdyrgyjyň kömegi bilen guýup, gapagyny ýapmaly. Kamera goýlan suwuklygyň beýikligi kameranyň beýikliginiň $\frac{3}{4}$ bölegine deňräk bolmaly.

4. Abzalyň okularyna seredip, interferensiýa zolaklarynyň nolunjy zolagynyň özara gabat gelmegini (kadalaşdyryjynyň kömegi bilen) gazanmaly. Nolunjy zolagy onuň daşynyň reňksizligi boýunça tanap bolýar. Abzalyň görkezijisinden alnan bahany ýazyp almaly. Gapjagaza täze ergin guýlanda, şol ergin bilen onuň guýulýan kamerasyny 2-3 gezek çaykamaly. Kameralara erginleri guýmagy we ondan dökmegi damdyrgyjyň kömegi bilen ýerine ýetirmeli. Iş wag-

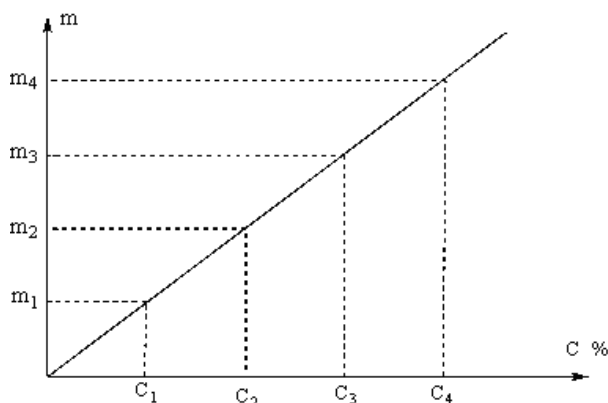
tynda gapjagazyň arassa bolmagyna üns bermeli. Ölçeg geçirilenden soň, ony ýuwmaly we gapagyny ýapmaly. Onuň içinde ergini galdyrmak bolmaýar. Ölçeg geçirilende kameralarynyň ini 5 mm bolan gapjagazy peýdalanmaly.

Işň ýerine ýetirilişi

Erginiň konsentراسیاسyny kesgitlemek üçin birnäçe belli konsentراسیaly erginden peýdalanyp, abzalyň görkezijisini konsentراسیýa baglanyşygynyň grafigini gurmaly. Munuň üçin birnäçe belli konsentراسیaly erginler we näbelli erginler üçin kadalaşdyryjynyň görkezijisiniň ululygyny (m) üç gezek kesgitlemeli. Alnan ululyklary aşakdaky tablisada ýerleşdirmeli.

№	Belli konsentراسیaly erginler						Näbelli konsentراسیaly erginler					
	№ 1		№ 2		№ 3		№ 1		№ 2		№ 3	
	m_1	c_1	m_2	c_2	m_3	c_3	m_1	c_1	m_2	c_2	m_3	c_3
1												
2												
3												
orta												

Soňra koordinat oklarynda belli erginleriň konsentراسیاسyny we görkezijiniň ululyklaryny ýerleşdirip, $m = f(c)$ baglanyşygyň grafigini gurmaly.



10.4-nji surat

Bu grafikden peýdalanyň, näbelli erginlere degişli görkezijileriniň ululygy boýunça olaryň konsentrasiýalaryny kesgitlemeli.

Ölçemeleriň absolýut we göräli ýalňyşlyklaryny kesgitlemeli.

Hasabat üçin soraglar:

1. Iki ýşda emele gelýän interferensiýa şekili düşündiriň.
2. Näme üçin interferensiýa zolaklarynyň süýşmesini $n_1 - n_2$ kesgitlemekde ulanyň bolýar?
3. Interferensiýa zolaklarynyň süýşmesi boýunça erginleriň konsentrasiýasyny nähili kesgitleýäň bolýar?
4. Näme üçin noluný zolak reňksiz?
5. ИТР-2 interferometriň gurluşyny düşündiriň.

Fotometriň kömegi bilen gaty we suwuk jisimleriň ýagtylygy içinden geçirme koeffisiýentini ölçemek

Gerekli enjamlar:

1. FM-58 kysymly wizual-fotoelektrik fotometri.
2. Barlanýan nusgalaryň toplumy.

Gysgaça nazary maglumatlar

Maddanyň içinden ýagtylyk geçende ýagtylygyň siňdirilmesi we depgininiň gowşadylmasy bolup geçýär. Bu hadysa ýagtylyk energiýasynyň ýylylyk, elektrik, himiki we ş.m. energiýalara öwrülmege zerarly ýüze çykýar.

Ýagtylygy siňdirme derejesine görä maddalar iki topara bölünýärler:

1. Siňdirme koeffisiýenti kiçi bolan maddalar (olara ýagtylyk üçin dury bolan dielektrikler – aýna, kwars we ş.m. degişli).
2. Siňdirme koeffisiýenti uly bolan maddalar (olara ýagtylyk üçin dury bolmadyk ähli geçirijiler – metallar degişli).

Dielektriklerde erkin elektronlar ýokdur. Olaryň içinden geçýän ýagtylyk tolkunlary diňe atomdaky baglanyşykly elektronlar bilen täsirleşýärler we ýagtylyk energiýasynyň ýitgisi az bolýar.

Dielektriklerden tapawutlylykda, metallar ýagtylygy güýçli siňdirmе ukybyna eýedirler. Belli bolşy ýaly, geçirijileriň atomlarynda gowşak baglanyşykly elektronlar köp bolýar. Ýagtylyk tolkunynyň elektrik meýdany gowşak baglanyşykly elektronlary herekete getirýär. Netijede, ýagtylyk energiýasynyň bir bölegi ýylylyga öwürülýär, ýagtylygyň siňdirilişiniň sebäbi hem şudur.

Geçirijiniň elektrik geçirijiligi näçe ýokary bolsa, ýagtylygyň siňdirilmesi hem şonça güýçlüdir.

Reňksiz dury jisimler görüňän ýagtylygy az siňdirýärler. Mysal üçin, galyňlygy 1 *sm* deň bolan aýna üstünden geçýän, görüňän ýagtylygyň diňe 1% golaýyny siňdirýär. Emma şol aýna ultramelewşe şöhleleri we infragyzyly şöhleleri güýçli siňdirýär.

Reňkli dury jisimler görüňän ýagtylygy siňdirmekde saýlaýjylyk häsiýetine eýedir, ýagny dürli tolkun uzynlykly şöhleleri dürli hili siňdirýärler. Mysal üçin, gyzyly we mämişi şöhleleri gowşak siňdirýän, emma ýaşyl we melewşe şöhleleri güýçli siňdirýän aýna “gyzyly” reňklidir.

Eger-de maddanyň üstüne ýagtylyk şöhlesi dikana düşýän bolsa, onda düşýän ýagtylygyň depginini I_0 bilen geçýän ýagtylygyň depginini I arasyndaky baglanyşyk

$$I = I_0 \exp(-kd) \quad (11.1) \text{ görnüşinde aňladylýar.}$$

Bu aňlatma Bugeriniň kanuny diýilýär.

Bu ýerde I_0 - 1sm^2 üste düşýän ýagtylyk energiýasynyň akymynyň dykzlygy (depginini); d - ýagtylygyň maddada geçýän aralygy (galyňlygy); $I - d$ - galyňlykdan geçen energiýa akymynyň dykzlygy (depginini); k - siňdirmе koeffisiýenti.

(11.1) aňlatma monohromatik (bir reňkli) ýagtylyk üçin adalatlydyr, sebäbi “ k ” her bir madda üçin tolkun uzynlygyna bagly ululykdyr.

“ k ” koeffisiýent ölçenende, derňelýän maddanyň üstünden ýagtylygyň bir böleginiň serpikdirilýändigini hasaba alnyp, oňa düzediş girizilmelidir. Biziň işimizde serpikdirme ujypsyz we ony hasaba almazlyk mümkin.

(11.1) aňlatmany logarifmläp we deňlemäni “ k ” görä çözüp, siňdirme koeffisiýenti üçin aňlatma alarys:

$$k = -\frac{1}{d} \ln \frac{I}{I_0} = -\frac{2,3}{d} \lg \frac{I}{I_0} \quad (11.2)$$

Bu ýerde

$$-\lg \frac{I}{I_0} = -\lg t; \quad \lg \frac{1}{t} = D \quad (11.3)$$

Diýmek:

$$\frac{2,3}{d} \lg \frac{1}{t} = k$$

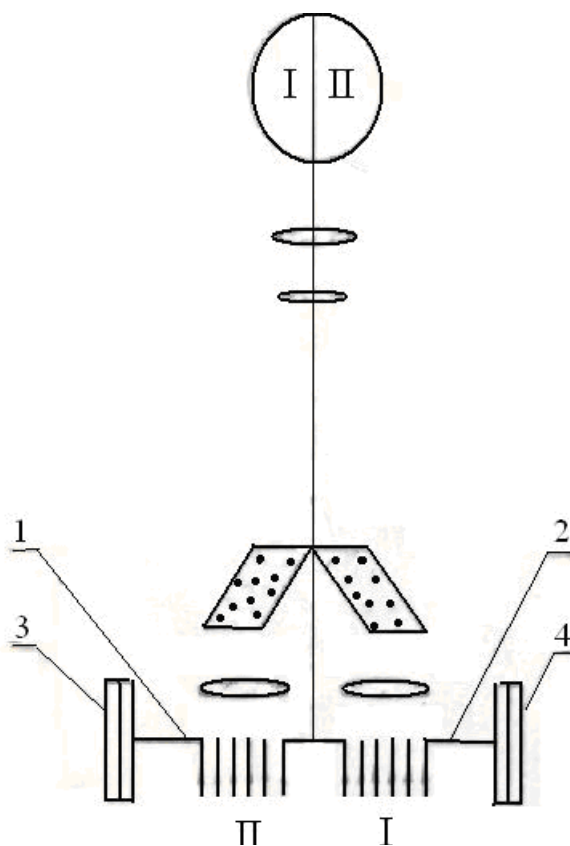
$$\text{Ýa-da} \quad k = \frac{2,3}{d} D \quad (11.4)$$

Bu ýerde D – berlen maddanyň optiki dykzlygy; t – maddanyň ýagtylygy içinden geçirme koeffisiýenti.

FM-58 wizual-fotoelektrik fotometriň gurluşy

Bu fotometr gaty we suwuk dury (ýagtylygy pytratmaýan) maddalaryň içinden geçirme koeffisiýentini, ýagtylygy pytradyjy maddalaryň ýagtylyk we ýalpyldy koeffisiýentlerini ölçemek üçin niýetlenendir. Fotometrde ölçeg wizual (ýaraglanmadyk göz bilen) we fotoelektrik usullary bilen geçirilip bilinýär.

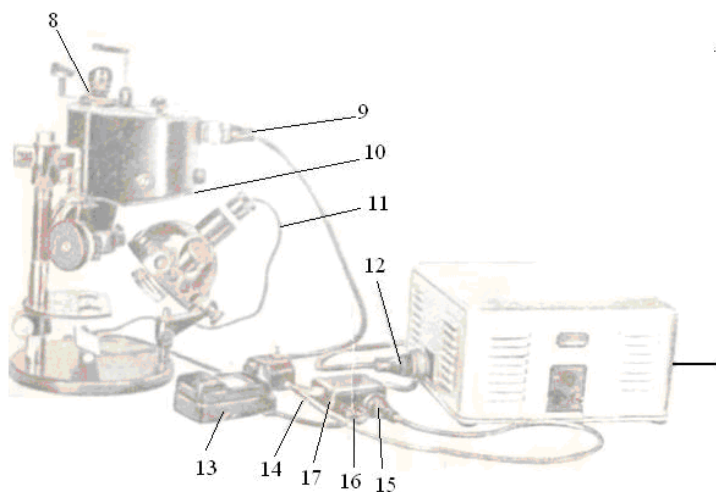
Abzal diafragmalaryň kömegi bilen deşikleriň biriniň ölçeglerini üýtgedip, iki ýagtylyk akymynyň döredýän ýagtylandyryşlaryny deňeşdirmek düzgünine esaslanýar. I we II – ýagtylyk desseleriniň düşýän üsti; 3,4 – ölçejji barabanlar; 1, 2 – diafragmalar (*11.1-nji surat*).



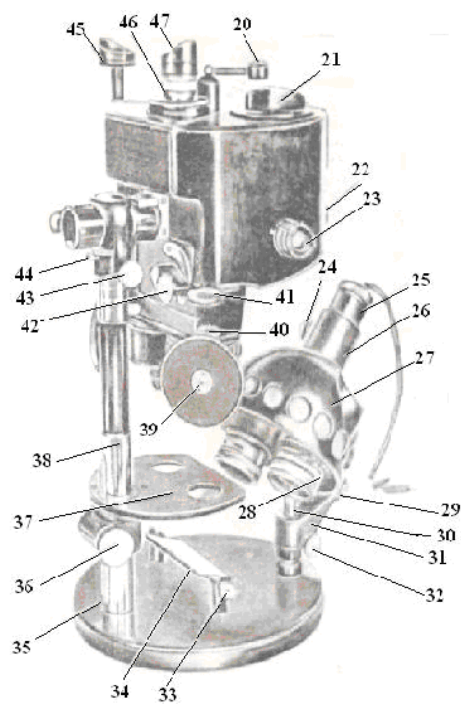
11.1-nji surat

Enjamyň optiki ulgamy bu iki ýagtylyk desselerini ýanaşyk getirýär we eger ölçeg wizual ýerine ýetirilýän bolsa, onda synagçynyň gözüne ugrukdyrýar. Eger ölçeg fotoelektrik usuly bilen geçirilýän bolsa, onda fotoelementlere ugrukdyrýar. Fotometr aşakdaky böleklerden (11.2-nji, 11.3-nji suratlar) ybarat:

1. Fotometrik başjagaz.
2. Saklaýjy.
3. Oturgyçjagaz.
4. Tekiz aýna.
5. Ýagtylandyryjy.
6. Galwanometr.



11.2-nji surat



11.3-nji surat

Fotometrik başjagazyň oturdylan böleginde optiki ulgamlar (obýektiw, prizmalar we ş.m.), ýagny fotoelementler we diafragmalaryň mehanizmleri ýerleşendir.

39 – ölçeýji diafragmalaryň açylyş derejesini görkezýän barabanlar.

Fotoelektrik usuly bilen ölçeg geçirilende (42) sapy çekip öwürmeli, bu ýagdaýda pahna-prizma girizilýär.

22 – sapyň kömegi bilen elektrik noluny gurnaýarlar, 23 – sapyň kömegi bilen duýgurlygy üýtgedýärler.

Fotometrik başjagazyň içinde on bir sany ýagtylyk süzgüç bar. Wizual fotometrlmek üçin № 2,3,4,5,6,10,11 ýagtylyk süzgüç niýetlenen.

Dury maddalaryň ýagtylyk geçirijiligini fotoelektrik usuly bilen ölçemek üçin № 1,2,3,4,5,6 ýagtylyk süzgüçler ulanylmaly.

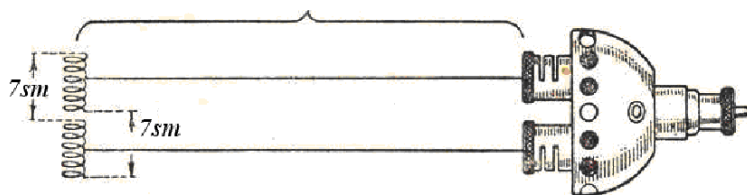
Yzyna serpikdirilen ýagtylygy fotoelektrik usuly bilen ölçemek üçin № 7,8,9 ýagtylyk süzgüçler ulanylmaly.

Ölçeýji barabanda iki görnüşli belgi bar (gara we gyzyly): gara-syna ýagtylyk geçirme görkezijisi diýilýär, onda göterim hasabynda S/S_0 gatnaşyk ýerleşdirilen, gyzylyna-optiki dykzylyk görkezijisi (D) diýilýär.

Bu ýerde S_0 – diafragmanyň deşiginiň in uly meýdany. Abzalyň iýmitlendiriş çeşmesinde utgaşdyryjy açaryň (1) ýanynda güýçlendirijini utgaşdyryjy açar (2) bar. Ol açar (2) fotoelektrik ölçegde utgaşdyrylyp, wizual ölçeglerde ýazdyrylmalydyr.

Ýagtylandyryjyny sazlamak

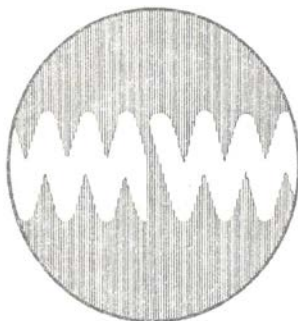
Ýagtylandyryjyny fotometriň saklaýjysyna berkitmezden ozal, onuň gyrasyny dogry gurnamaly. Munuň üçin ýagtylandyryjyny ele almaly ýa-da ekrandan (ýa-da ak diwardan) 1 m uzaklykda bir zadyň üstünde ony ýerleşdirmeli. Ýagtylandyryjynyň gyrasyny süýşürmek bilen çyranyň sapagynyň anyk şekilini almaly. Eger-de bir sapagyň ujundan beýleki sapagyň ujuna çenli 7 sm deň bolsa, onda olar dogry ýerleşdirilipdir (*11.4-nji surat*). Soňra çyrany berkitmeli.



11.4-nji surat

Fotometri işe taýýarlamak

Ýagtylandyryjyny fotometriň saklaýjysyna berkitmeli. Prizmanyň sapyny 42 “Выкл” ýagdaýda goýmaly. Fotometrde №10 (ýa-da №11) ýagtylyk süzgüjini işe girizmeli we okulýardan sere-dip, çyranyň sapagynyň şekillerini görmeli. Eger şekiller anyk bol-masa, onda kondensorlary süýşürmeli. Okulýaryň görüş meýdanynda çyranyň sapaklarynyň ýagdaýy 11.5-nji suratdaky ýaly bolmagyny gazanmaly.



11.5-nji surat

Şundan soň kondensorlaryň synasyndaky kesiklerde pytra-dygy aýnalary ýerleşdirmeli. Lupany 20 (11.3-nji surat) gurnamaly (ýagny okulýaryň üstüne geçirmeli) we lupanyň üsti bilen seredip, diafragmalaryň ýagtylykdan doldurylyşyny gazanmaly.

Soňra ölçeýji barabanlaryň görkezijisiniň haýsy ululygynda fo-tometrik deňagramlylyk bolýandygyny bilmek gerek. Eger fotometrik deňagramlylyk iki barabanyň hem görkezijisiniň birdeň bahalarynda bolýan bolsa, onda abzala girýän ýagtylyk akymlyary deňdirler.

Eger dürli bahalarynda bolýan bolsa, onda ýagtylyk akymlyryny deňleşdirmeli. Munuň üçin şeýle usullaryndan peýdalanmak bolar:

1. Kondensorlaryň biriniň kesigine dury aýna goýmaly.
2. Pytradyjy aýnalaryň ýerini çalşyrmaly.
3. Kondensorlaryň birini ýa-da ikisini-de azrak süýşürmeli.

Bir barabanyň gara görkezijisi boýunça 50-nji bölümde goýlanda beýleki barabanyň görkezijisiniň 45-55 bahalarynda fotometrik deňagramlylyk bolýan bolsa, onda kanagatlanarly hasap etmeli.

Ýagtylandyryjynyň we tekiz aýnanyň 34 (*11.3-nji surat*) gurnalan ýagdaýy ölçeg wagtynda üýtgedilmeli däl.

1-nji gönükme

Dury, reňksiz nusgalaryň ýagtylyk geçirme koeffisiýentini we optiki dykzlygyny ölçemek

A. Wizual ölçemek

1. Iýmitlendiriş çeşmesindäki açary (2) ýazdyrmaly.
2. Pahnna-prizmany (7) işe girizmeli. Munuň üçin fotometrik başjagazdaky sapy (42) (3-nji surat) özüne çekip, aşaga öwürmeli.
3. № 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11 ýagtylyk süzgüçleriň birini işe girizmeli.
4. Sag barabany gara görkeziji boýunça 100-nji bölümde goýmaly. Çep barabany fotometrik deňagramlylygyň orta ululygynda goýmaly.
5. Nusgany oturgyçjagazyň çep deşiginiň üstünde ýerleşdirmeli. Bu ýagdaýda görüş meýdanynyň sag ýarym bölegi garaňkyrar. Sag barabany aýlap, görüş meýdanynyň iki ýarym böleginiň hem ýagtylygyny deňleşdirmeli we sag barabanyň gara görkezijisinden t -ni we gyzył görkezijisinden optiki dykzlyk D -ni ýazyp almaly.
6. Şeýle deňleşdirmäni birnäçe gezek ýerine ýetirmeli we alnan hasaplaryň orta arifmetik bahasy boýunça berlen nusganyň ýagtylyk geçirme koeffisiýentini we optiki dykzlygyny kesgitlemeli.

B. Fotoelektrik usul arkaly ölçemek

1. № 1,2,3,4,5,6 ýagtylyk süzgüçleriň birini işe girizmeli.
2. Pahna-prizmany ýagtylygyň ýolundan aýyrmaly. Munuň üçin sapy (42) (3-nji surat) özüňe çekip, ýokary öwürmeli.
3. Iýmitlendiriş çeşmesindäki açary (2) utgaşdyrmaly.
4. Elektrik zynjyryna galwanometri birikdirmeli.
5. Sag barabany gara görkeziji boýunça 100-nji bölümde goýmaly we ölçenýän nusgany oturgyçjagazyň sag deşiginiň üstünde ýerleşdirmeli.
6. Çep barabanyň kömegi bilen fotoelektrik deňagramlylygy, ýagny galwanometriň peýkamynyň “0” görkezmegini gazanmaly.
7. Soňra nusgany aýyrmaly. Netijede, fotoelektrik deňagramlylyk bozulýar, galwanometriň peýkamy “0”-dan gider.
8. Fotoelektrik deňagramlylygy sag barabany aýlamak bilen gazanmaly (galwanometri nola getirmeli). Sag barabanyň gara görkezijisinden t -ni we gyzyly görkezijisinden D -ni almaly. Ölçeği birnäçe gezek geçirmeli we olaryň orta arifmetik bahasy boýunça berlen nusganyň ýagtylyk geçirme koeffisiýentini we optiki dykzylygyny kesgitlemeli.

Bellik: Eger-de sag baraban 100-de goýlanda çep baraban bilen galwanometri nula getirip bolmasa, onda çep baraban boýunça 100 goýup, nusgany çep eginde ýerleşdirmeli we sag baraban bilen galwanometri nola getirmeli.

2-nji gönükmä

Reňkli, dury nusgalaryň ýagtylyk geçirme koeffisiýentini we optiki dykzylygyny ölçemek

Eger-de reňksiz dury maddalar dürli reňkli ýagtylyklary içinden birmeňzeş geçirýän bolsa, dury reňkli maddalar dürli reňkli ýagtylygy birmeňzeş geçirmeýär, mysal üçin: gyzyly reňkli. Dury jisim gyzyly ýagtylygy gowy geçirip, başgalaryny erbet geçirýär. Reňkli nusganyň haýsy ýagtylyklary oňat geçirýänligini bilmek üçin onuň içinden

geçen ýagtylygy dürli ýagtylyk süzgüçleriniň içinden geçirip görmeli. Munuň üçin №1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11 ýagtylyk süzgüçli okulýaryň öňüne geçirip, nusganyň içinden geçirme koeffisiýentlerini ölçemeli. Her ýagtylyk süzgüjiň gowy geçirýan ýagtylygynyň tolkun uzynlygy aşakdaky tablisada berlen.

Ýagtylyk süzgüçleriň №	(nm)	Gyzyl nusga			Ýaşyl nusga			Gök nusga		
		t	D	k	t	D	k	t	D	k
№1	400									
№2	440									
№3	490									
№4	540									
№5	582									
№6	597									
№10	665									
№11	726									

Ölçeşleri wizual ýa-da fotoelektrik usuly bilen geçirmeli.

Ähli reňksiz we reňkli nusgalaryň ýagtylygy içinden geçirme koeffisiýentini we optiki dykzylygyny ölçäp bolansoň, (11.4) aňlatma boýunça olaryň siňdirmе koeffisiýentini hasaplamaly.

Her bir nusganyň galyňlygyny (d -ni) mikrometriň kömegi bilen ölçemeli. Ähli ölçenen we hasaplanan ululyklary aşakdaky tablisada ýerleşdirmeli:

№	Nusgalar	d	D	t	K
1 2 3	Reňksiz				
1 2 3	Reňkli Gyzyl Ýaşyl Gök				

Reňkli nusgalar üçin siňdirme koeffisiýentiniň tolkun uzynlygyna baglylygynyň $k=f(\lambda)$ grafigini gurmaly. Absissa okunda λ -ny, ordinat okunda k -ny ýerleşdirmeli.

Hasabat üçin soraglar:

1. Maddalaryň ýagtylygy siňdirmesiniň sebäbi näme?
2. Näme üçin käbir dury maddalar reňksiz bolup, käbiri reňkli bolýar?
3. Käbir maddalaryň dury bolmazlygynyň sebäbini düşündiriň.
4. Bugerň kanunyny düşündirmeli.
5. FM-58 kysymly fotometriň gurluşyny düşündiriň.

Kolorimetriň kömegi bilen erginleriň ýagtylyk geçirijilik koeffisiýentini we konsentrasiýasyny ölçemek

Gerekli enjamlar:

1. ФЭК-56 M kysymly fotoelektrik kolorimetr-nefelometr.
2. Ülnülik (etalon) we derňelýän erginler.

Gysgaça nazary maglumatlar

Islendik maddanyň içinden ýagtylyk geçende, onuň käbir mukdary madda tarapyndan siňdirilýär. Adatça, siňdirilme (selektiw) saýlaýjylyk häsiýete eýedir, ýagny dürli tolkun uzynlykly ýagtylyk dürli hilli siňdirilýär. Tolkun uzynlygy ýagtylygyň reňkini kesgitleýänligi üçin dürli reňkli ýagtylyklar, umuman aýdanda, berlen maddada dürli hilli siňdirilýärler.

Görünýän ýagtylyga deňişli hemme tolkun uzynlyklary az mukdarda siňdirýän maddalar reňksiz, dury jisimler bolýarlar. Mysal üçin, 1sm galyňlykly aýna gatlagy, içinden geçýän görünýän şöhleleriň (1%) bir göterime golaýyny siňdirýär. Ultramelewşe we infragyzyly şöhleleri güýçli siňdirýär.

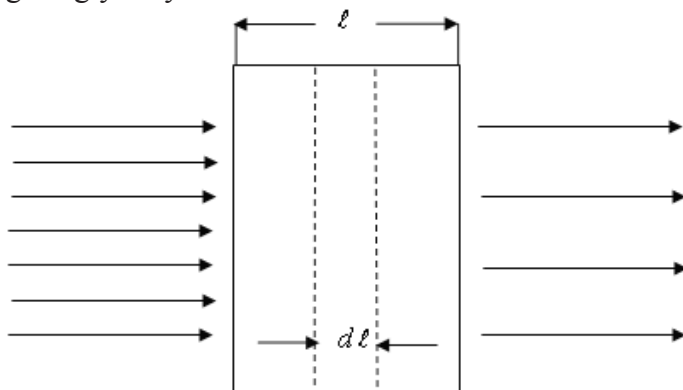
Görünýän şöhleleri (selektiw) saýlap siňdirýän maddalar reňkli bolýar. Mysal üçin, ýaşyl, gök we melewşe şöhleleri güýçli siňdirip, gyzyly we mämişi şöhleleri gowşak siňdirýän aýna “gyzyly” reňklidir.

Eger-de şeýle aýnanyň üstüne ak ýagtylyk düşse, onda onuň içinden gyzyl reňkli ýagtylyklar geçýärler, gysga tolkunlar bolsa siňdiriler. Bu aýna gök ýagtylykda “gara” reňkli bolar, sebäbi ol bu ýagtylyklary siňdirýär.

Elektron nazaryýeti esasynda maddalar tarapyndan ýagtylygyň siňdirilmegi maddanyň atomlaryndaky elektronlary geçýän ýagtylygyň mejbury yrgyldatmagy zerarly bolýar diýip düşündirilýär. Elektron yrgyldatmak üçin energiýa sarp edilýär, ol yrgyldynyň energiýasy bolsa soňra energiýanyň başga görnüşine geçýär.

Goý, bir hilli maddanyň içinden parallel ýagtylyk dessesi geçýän bolsun. Bu maddanyň kiçi $d\ell$ gatlagyna seredeliň.

Gatlagyň üstüne düşýän I depginli (intensiwligi) bu gatlakdan geçeninde dI ululyga kemeler. Kemelme I -niň ululygyna we $d\ell$ galyňlyga bagly bolýar.



12.1-nji surat

$$dI = -k \cdot I \cdot d\ell \quad (12.1)$$

k ululyk siňdiriji maddanyň häsiýeti bilen kesgitlenilýär we siňdirmе koeffisiýenti diýilýär. “ k ” koeffisiýentiniň hemişelik bolmaklygy her bir gatlagyň öz üstüne düşýän ýagtylyk energiýasynyň şol bir ülüşüni siňdirýändigini görkezýär.

Maddanyň kesgitli ℓ gatlagynda ýagtylygyň depgininiň (intensiwliginiň) kemelme kanunyňy tapmak üçin (1) aňlatmany şeýle görnüşde ýazalyň:

$$\frac{dI}{I} = -k d\ell$$

Maddanyň üstüne düşýän ýagtylygyň depginini (intensiwligini) I_0 we maddadan geçeninde bolsa depgin (intensiwlilik) I bolupdyr diýsek, onda ýokardaky aňlatmany I_0 -dan I çenli we 0-dan ℓ çenli çäkke integrirläp alarys:

$$\int_{I_0}^I \frac{dI}{I} = -k \int_0^{\ell} d\ell$$

bu ýerden

$$\ln \frac{I}{I_0} = -k\ell$$

ýa-da

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-k\ell)$$

bu ýerden

$$I = I_0 \exp(-k\ell) \quad (12.2)$$

Bu Bugeriň kanunydyr.

Dürli maddalar üçin siňdirmе koeffisiýenti k -nyň san bahasy dürli. Mysal üçin, kadaly atmosfera basyşyndaky howada görüňýän ýagtylyk üçin $k = 10^{-5} \text{ sm}^{-1}$, aýna üçin $k = 10^{-2} \text{ sm}^{-1}$, metallar üçin k onlarça münе deňdir. Ähli maddalar üçin k belli bir derejede ýagtylygyň tolkun uzynlygyna baglydyr.

Dury erginde ýagtylygyň siňdirilmekligi maddanyň ergindäki molekulalarynyň sanyna baglydyr.

$$k = \chi \cdot c$$

Bu ýerdäki χ koeffisiýent diňe siňdiriji molekulalaryň häsiýetine baglydyr. k -nyň bu bahasyny (12.2) aňlatmada goýup alarys:

$$I = I_0 \exp(-\chi \cdot A \cdot \ell) \quad (12.3)$$

Bu Bugerin-Berin kanunynyň aňlatmasydyr.

Bu aňlatmanyň kömegi bilen c kesgitlejek bolsak, onda I, I_0, χ we ℓ ululyklary belli bolmaly. Emma erginiň konsentrasiýasyny kesgitlemegiň kolorimetrik usuly has ýeňildir. Erginleriň konsentrasiýasyny kesgitlemek üçin ulanylýan kolorimetrik usul reňkli erginlerde ýagtylygyň siňdirilmegine esaslanandyr.

“Kolorimetr” nemes sözi bolup, türkmençe reňk ölçemek diýen manyny berýär.

ФЭК - 56М kysymly fotoelektrik kolorimetriň-nefelometriň optiki gurluşy

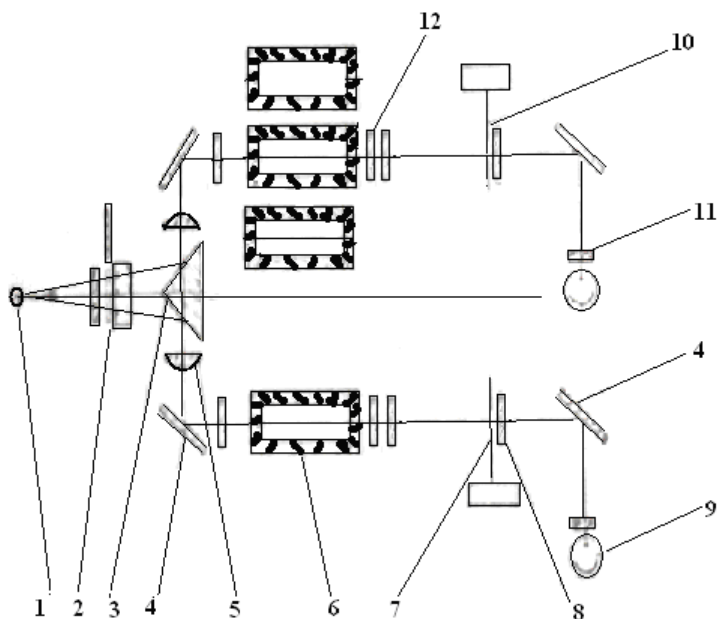
Abzalyň optiki gurluşy 12.2-nji suratda görkezilen. Ýagtylyk çeşmesinden (1) ýagtylyk şöhesi ýagtylyk süzgüçden (2) geçip, prizmanyň (3) üstüne düşýär. Ol bolsa şöhläni iki bölege: çepe we saga bölýär. Ýagtylyk çeşmesi linzanyň (5) fokusynda ýerleşenligi üçin aýnadan (4) serpikdirilen ýagtylyk şöhesi parallel ýaýraýar. Soňra ol kýuwetalaryň (içine ergin guýulýan yörite gapjagazlar) (6) içinden geçip, linzalara (8) düşýär. Bu linzalaryň (8) fokusynda dury däl aýnalar (11), olaryň yzynda hem fotoelementler (9) ýerleşen.

Üýtgeýän diafragma (10) abzalyň sag tarapynda ýerleşen baraban bilen baglanyşyklydyr we baraban aýlandyrylanda diafragmanyň meýdany üýtgäp, sag fotoelemente barýan ýagtylyk akymynyň depginini (intensiwliligini) üýtgedýär.

Üýtgeýän diafragma (7) çep ugur boýunça ýaýraýan ýagtylyk şöhejiginiň ýolunda ýerleşendir we çep fotoelemente düşýän ýagtylyk akymynyň depginini (intensiwliligini) üýtgedýär.

Sag ýagtylyk şöhesi ölçýji, çep ýagtylyk şöhesi kadalaşdyryjydyr.

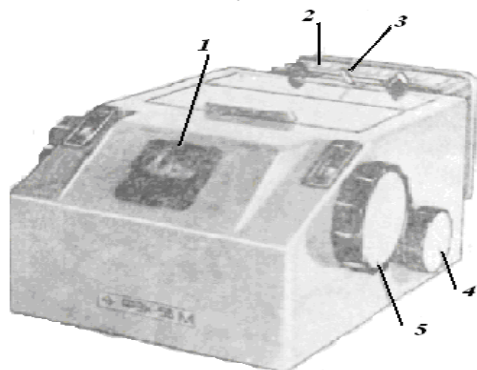
Maddalaryň ýagtylyk geçirijiligini ölçemegiň tertibi şeýle: fotoelementlere yzygiderlilikde doly ýagtylyk akymy we barlanýan



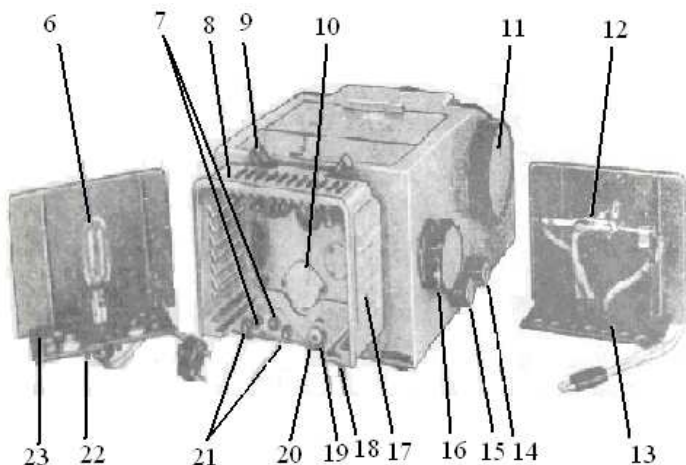
12.2-nji surat

maddanyň içinden geçirilen ýagtylyk akymy düşürilýär we olaryň gatnaşygy kesgitlenýär. Doly ýagtylyk akymyny Φ_0 diýip, maddanyň içinden geçen ýagtylyk akymyny Φ diýip kabul edip, ýagtylyk geçirijilik koeffisiýenti prosentlerde kesgitlenilýär.

$$r = \frac{\Phi}{\Phi_0} \cdot 100 \%$$



12.3-nji surat



12.4-nji surat

Abzalyň umumy görnüşi 12.3-nji we 12.4-nji suratlarda görkezilen.

1 – mikroampermetr, 2 – ýagtylyk çeşmesini sazlaýjy hyr, 3 – ýagtylygyň önüni ýapýan germew, 4 – sag kýuwetalary işe girizýän sap, 5 – ölçeýji baraban, 6 – СИ-98 görnüşli elektrik çyrasy, 11 – kadalaşdyryjy baraban, 12 – СВД-120А görnüşli simaply mikroampermetri “0”-a getiriji sap, 16 – ýagtylyk süzgüji işe girizýän sap

Ölçeýji barabanlarda gara we gyzyň belgili çyzyklar çyzylan. Gara belgili çyzyklar – ýagtylyk geçirijiligi (τ) ölçeýär. Gyzyň çyzyklar – optiki dykzlygy (D) ölçeýär. Olar aşaky ýaly baglanyşýarlar:

$$D = -\lg(\tau)$$

Iýmitlendiriji çeşme we СИ-98 kysymly çyra elektrik akymyna utgaşdyrylandan ýarym sagat geçen soň ölçeg geçirmek bolýar.

1-nji gönükme

Erginleriň ýagtylyk geçirijilik koeffisiýentini we optiki dykzylygyny ölçemek

1. Abzalyň “elektrik noluny” almaly. Onuň üçin (3) sapyň kömegi bilen (12.3-nji surat) ýagtylyk şöhleleriniň ýoluny germew bilen ýapmaly.

2. № 5 ýagtylyk süzgüji işe girizmeli.

3. (15) sapyň kömegi bilen (12.4-nji surat) mikroampermetri “0”-a getirmeli.

4. Sag ýagtylyk şöhlesiniň ýolunda hem derňelýän ergin guýlan kýuwetany ýerleşdirmeli. Bu kýuwetalaryň ikisi-de bir ölçegli bolmaly.

5. Sag barabanyň ýagtylyk geçiriji belgili çyzygyny 100 bölüminde goýmaly. Ýagtylygyň ýoluny açmaly.

6. Çep ölçeyji barabany aýlap, mikroampermetri “0”-a getirmeli. Eger-de çep baraban bilen “0” alynmasa, onda sag ýagtylyk şöhlesiniň ýolunda kadaly ýagtylyk süzgüji ýerleşdirmeli. Soňra abzal “0”-a geller.

7. (4) sapyň kömegi bilen (12.3-nji surat) sag ýagtylyk şöhlesiniň ýolunda erginiň ornuna suwly kýuwetany geçirmeli. Şunlukda, mikroampermetriň görkezijisi “0”-dan gider.

8. Sag ölçeyji barabany aýlap, mikroampermetri ýene-de “0”-a getirmeli.

9. Sag barabanyň belgili çyzyklaryndan erginiň ýagtylyk geçirijilik koeffisiýentiniň we optiki dykzylygynyň ululygyny ýazyp almaly.

Alnan netijeleri aşadaky tablisa geçirmeli.

Erginiň belgisi	Ölçeg tertibi	τ	D	τ_{or}	D_{or}	$\Delta\tau$	ΔD	$\frac{\Delta\tau}{\tau_{or}} \cdot 100\%$	$\frac{\Delta D}{D_{or}} \cdot 100\%$
I	1 2 3								

II	1 2 3								
III	1 2 3								
IV	1 2 3								
V	1 2 3								
VI	1 2 3								
VII	1 2 3								

2-nji gönükme

Erginde maddanyň konsentrasiýasyny kesgitlemek

1. Konsentrasiýasy belli bolan 4-5 ergin taýýarlamaly.
2. Konsentrasiýasy näbelli bolan 2-3 ergin taýýarlamaly.
3. Birinji gönükmedäki usul boýunça konsentrasiýasy belli we näbelli ähli erginleriň optiki dykyzlygyny ölçemeli.

4. Berlen madda üçin baglanyşdyryjy ergini gurmaly. Onuň üçin gönüburçly koordinat ulgamynyň gorizontal okunda ülnülik erginleriň konsentrasiýasyny, wertikal okunda olaryň optiki dykzlygyny ýerleşdirmeli.

5 Bu grafikden peýdalanyň, näbelli erginleriň optiki dykzlygy boýunça olaryň konsentrasiýasyny kesgitlemeli.

Alnan netijeleri aşakdaky tablisa ýerleşdirmeli.

Ünülükler	Ergin	ölçeg	D	D_{or}	C	C_{or}	ΔD	ΔC	$\frac{\Delta D}{D_{or}} \cdot 100\%$	$\frac{\Delta C}{C_{or}} \cdot 100\%$
	I	1 2 3								
	II	1 2 3								
	III	1 2 3								
Näbelli erginler	IV	1 2 3								

Hasabat üçin soraglar:

1. Maddalaryň ýagtylygy siňdirmesini düşündirmeli.
2. Maddalaryň dürli reňkliligini düşündirmeli.
3. Bugerin-Berin kanunyny düşündirmeli.
4. Işin ýerine ýetirilişini gürrüň bermeli.

IKINJI BÖLÜM

KWANT FIZIKASYNDAN TEJRIBE IŞLERI

Optiki pirometriň kömegi bilen Stefanyň – Bolsmanyň hemişeligini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Ýityän sapakly optiki pirometr.
2. Transformator.
3. Ýörite elektrik çyrasy.
4. Woltmetr.
5. Ampermetr.
6. Reostat.
7. ИПД-1 kysymly hemişelik elektrik akymynyň çeşmesi.

Gysgaça nazary maglumatlar

Absolýut gara jisimiň integral şöhlelenmesi üçin Stefanyň-Bolsmanyň kanuny:

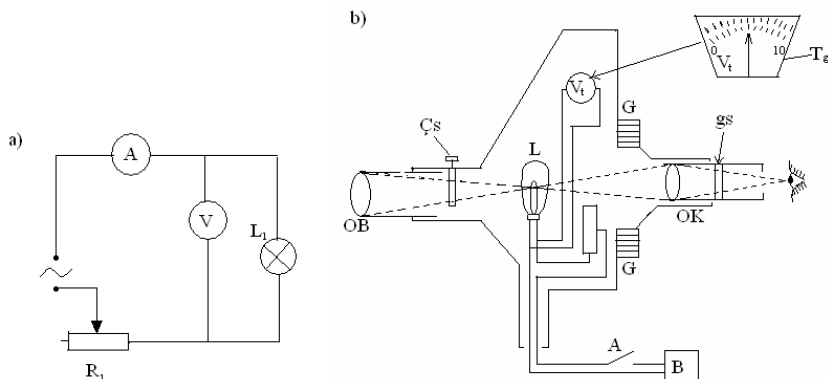
$$E(T) = \sigma \cdot T^4. \quad (1.1)$$

Bu ýerde $E(T)$ – ýygylýk şöhlelenmesiniň jemi kuwwaty;
 T – absolýut temperatura; σ – hemişelik ululyk.

Eger-de şöhlelenme T_0 temperaturaly gurşawda bolýan bolsa, onda jisimiň şöhlendirýän ýylylyk mukdary

$$Q = \sigma \cdot (T_h^4 - T_0^4).$$

Şöhlenenmäniň spektr düzümi we şöhlenenmäniň energiýasy temperatura göni bagly bolýandygyna görä, gyzgyn jisimiň şöhlenenmesini ölçemek bilen onuň temperaturasynyň has takyk bahasyny tapmak mümkin. Onuň üçin optiki piometrden we elektrik zynjyryndan ybarat ýörite gurnama peýdalanylýar.



1.1-nji surat

Optiki piometriň gurluşy we işleýiş düzgüni

Ýityän sapakly optiki piometr 1.1-nji b) suratda şekillendirilen. Ol obýektiwden (OB) we onuň fokusynda ýerleşdirilen ýörite ülnülik (etalon) elektrik çyradan, okulýardan (OK), halka görnüşli (G) reostatdan, okulýaryň önünde oturdylan gyzyly ýagtylyk süzgüçden, ülnülik elektrik çyrasyndan önde ýerleşdirilen çal ýagtylyk süzgüçden we temperatura düzülen (T_g) görkezijiden ybarat. L ülnülik elektrik çyrasynyň ýagtylanýan sapagy ýaý görnüşli simden ýasalan.

Ýagtylanýan sarymynyň temperaturasy kesgitlenilýän L_1 elektrik çyrazy 1.1-nji a) suratda şekillendirilen elektrik zynjyrynda ýerleşdirilýär.

Ölçegler aşakdaky ýaly tertipde ýerine ýetirilýär:

Pirometriň obýektiwini L_1 elektrik çyrasyna gönükdirip, onuň ýagtylanýan sarymynyň gowy görünmegini gazanmaly we L üňňelik elektrik çyrasynyň ýaý görnüşli ýagtylanýan sapagyny onuň teki-zligi bilen gabat getirmeli. L üňňelik elektrik çyrasy ИПД-1 kysymly çeşmeden iýmitlendirilip, pirometriň G halka görnüşli reostat arkaly sazlanýar. L_1 elektrik çyrasy üýtgeýän elektrik akymy bilen iýmitlendirilip, R_1 reostat arkaly sazlanýlýar. L_1 çyranyň ýagtylanýan sarymynyň ýüzünde L üňňelik çyranyň sapagynyň ýitip gitmekligi G halka görnüşli reostatyň kömeginde amala aşyrylýar. Bu ýagdaý-da L_1 we L çyralaryň ýagtylyk temperaturalary özara deň bolýar. Ýagtylanyşlary deňeşdirmeklik spektriň kesgitli çäginde takyk netijäni berýär. Şol sebäpli pirometrde monohromatik şöhläni almak üçin gyzyly reňkli ýagtylyk süzgüç (gs) peýdalanylýar. Ol pirometriň okulýarynyň önünde bolup, görkezilen ugra süýşürmek arkaly işe girizilýär. Çyralaryň ýagtylanyşlary deňleşen ýagdaýyndaky temperatura pirometriň temperatura düzülen görkezijisinden alynýar.

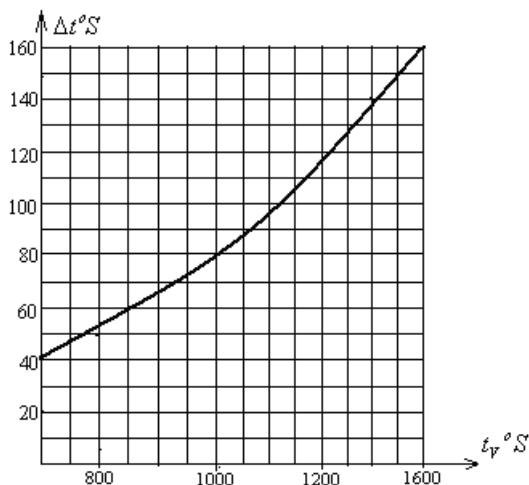
Tejribe işinde wolfram üçin Stefanyň-Bolsmanyň hemişeligini kesgitlemek göz önünde tutulýar. L_1 elektrik çyrasynyň wolfram sarymyny gyzdirmek üçin üýtgeýän elektrik akymynyň zynjyryndan peýdalanylýar. Çyranyň sarymyny gyzgyn ýagtylanýan halda saklamak üçin sarp edilýän kuwwat elektrik zynjyryndaky ampermetriň (A) we woltmetriň (V) görkezenlerinden kesgitlenilýär. Bu kuwwaty çyranyň wagty birliginde şöhlendirýän energiýasy bilen deňeşdirip alarys:

$$I \cdot U = \sigma \cdot S \cdot (T_h^4 - T_0^4) . \quad (1.3)$$

Bu ýerden:

$$\sigma = \frac{I \cdot U}{S \cdot (T_h^4 - T_0^4)} . \quad (1.4)$$

Bu ýerde S – çyranyň ýagtylanýan sarymynyň umumy üst meýdany (biziň gurnamamyzdaky çyranyň sarymynyň üst meýdany $S=60 \text{ mm}^2$); T_0 – otag temperaturasy (tejribe geçirilýän wagty tejribehanadaky termometriň görkezenini termodinamiki temperatura geçirip almaly).



1.2-nji surat

T_h – çyranyň wolfram sarymynyň hakyky temperaturasy.

T_h – temperatura aşakdaky ýaly iki usulyň biri bilen hasaplanylýar:

$$1) T_h = \frac{c_2 \cdot T_{ya}}{\lambda \cdot T_{ya} \cdot \ln A + c_2} \quad (1.5)$$

Bu ýerde $c_2 = 1,238 \text{ sm} \cdot \text{k}$; $\lambda = 0,65 \text{ mk}$, $A = 0,43$ wolframynyň göräli şöhlelenme ukyby; T_{ya} – wolframynyň ýagtylyk temperaturasy

$$T_a = t_{v1} + 273,$$

t_{v1} – piometriň görkezen temperaturasy.

$$2) T_h = t_h + 273 \quad (1.6)$$

Bu ýerde

$$t_h = t_{v1} + \Delta t \quad (1.7)$$

Δt – düzediş ýörite grafikden kesgitlenilýär (1.2-nji surat).

Bu usul ýagtylanýan jisimleriň ýagtylandyrylyşynyň fotometrik deňeşdirmesine esaslanýar. Işde peýdalanylýan piometr absolýut gara jisimden tapawutly, şonuň üçin temperaturany hakyky temperatura-dan pes görkezýär. Hakyky temperaturany kesgitlemek üçin düzediş grafiginden peýdalanylýar (*1.2-nji surat*). Bu ýagdaýda jisimiň ýagtylyk temperaturasyny T_{ya} piometriň görkezenlerinden almak ýeterlik bolýar.

Işň ýerine ýetirilişi

1. Optiki piometri ölçeg geçirmäge taýýarlamaly. Onuň üçin:

a) piometriň (G) halka görnüşli reostatyny ahyryna çenli çepe aýlamaly we çeşmä birleşdirip, piometriň temperatura görkezijisiniň nol belgide durandygyny barlamaly;

b) piometriň (G) halka görnüşli reostatyny ýuwaş-ýuwaşdan saga aýlap, ülnülik çyranyň sapagynyň temperaturasyny 100°C -ä çenli ýetirmeli;

ç) piometriň okulýarynyň (OK) tubusyny öňe-yza süýşürüp, ülnülik çyranyň sapagynyň anyk şekilini almaly.

2. L_1 elektrik çyrasy üçin zynjyry düzmeli we çyranyň sarymy ýagtylanar ýaly derejede naprýaženiýe bermeli.

3. Piometriň obýektiwini L_1 çyranyň ýagtylanýan sarymyna gönükdirip, soňra obýektiwiň tubusyny öňe-yza süýşürüp, ýagtylanýan sarymyň anyk görünmesini gazanmaly.

4. Piometriň ülnülik çyrasynyň sapagyny ýagtylanýan çyranyň sarymynyň üstünde ýerleşdirimeli.

5. Monohromatik ýagtylygy almak üçin piometriň okulýarynyň tubusynda ýerleşen “gs” halkany görkezilen ugra aýlamak bilen $\lambda = 0,65 \text{ m}\mu$ tolkun uzynlygy geçirýän gyzyň reňkli ýagtylyk süzgüji işe girizmeli.

6. L_1 çyranyň wolfram sarymyna berilýän naprýaženiýäni art-dyryp, ýagtylanmasyny güýçlendirmeli we piometriň sapagynyň sarymyň üstünde (fonunda) ýitmegini (üzük bolup görmegini) gazanmaly. Onuň üçin piometriň G halka görnüşli reostatyny saga aýlap, ýeterlik ýagtylanmany döretmeli.

7. L_1 elektrik çyradan geçýän elektrik akymyny we çyra goýlan naprýaženiýäni ampermetriň we woltmetriň görkezijilerinden almaly.

8. (1.5) ýa-da (1.6) aňlatmalaryň kömeginde T_h temperaturany hasaplap tapmaly we otag temperaturasyny termometrden ýazyp almaly. (1.4) aňlatma arkaly σ -nyň bahasyny hasaplap tapmaly.

9. L_1 elektrik çyranyň sarymynyň ýagtylanmasyny güýçlendirip, oňa degişli I U we t_h ululyklary görkezijilerinden ýazyp almaly we öňki usul bilen σ -ny kesgitlemeli.

10. σ -ny L_1 çyranyň has ýokary gyrgyznykdaky (1800-2000) °C temperaturalarda tapmaly. Onuň üçin pirometriň çal ýagtylyk süzgüji işe girizmeli, pirometriň görkezýän gyrgyznygy 1400°C-den ýokary bolmaly däl (çal ýagtylyk süzgüji L_1 çyranyň sarymynyň ýagtylanmasyny gowşadýar. Bu bolsa pirometriň temperatura görkezijisinde hasaba alnan). Çal ýagtylyk süzgüji işe girismek üçin pirometrdäki “ÇS” tegelek disk görnüşli öwrüjädäki ak nokady pirometriň gozganmaýan bölegindäki gyzyly nokadyň garşysyna aýlamak bilen geçirmeli.

11. Fiziki ululyklaryň tejribede alnan bahalaryny aşakdaky tablisa geçirmeli:

T/b	T_0	T_h	I	U	σ	$\Delta\sigma$	σ_{orta}	$\frac{\Delta\sigma}{\sigma_{orta}} \cdot 100\%$
1								
2								
3								

Hasabat üçin soraglar:

1. Ýylylyk şöhlenenmesi näme?
2. Absolýut gara jisim näme?
3. Kirhgofyň funksiýasynyň fiziki manysyny düşündirmeli.
4. Stefanyň-Bolsmanyň, Winiň süýşme we spektral şöhlenenmäniň iň ulý energiýasy üçin kanunlaryny ýazmaly.

5. Pirometriň gurluşyny we işleýşini düşündirmeli.
6. Işň ýerine ýetirilişini gürrüň bermeli.

Fotoelementiň duýgurlygyny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Optiki oturgyç.
2. Selen fotoelementi.
3. Mikroampermetr.
4. Woltmetr.
5. Ülnülik (etalon) elektrik çyraýygy.
6. Reostat.

Gysgaça nazary maglumatlar

Maddanyň üstüne ýagtylyk şöhlesi düşende ýagtylygyň täsirinde maddadan elektronlar goparylýar. Ýagtylygyň täsirinde goparylýan elektronlara fotoelektronlar diýilýär.

Fotoelektronlaryň ýagdaýyna görä fotoeffekt hadysasy üç görnüşe bölünýär:

Daşky fotoeffekt hadysasynda ýagtylygyň täsirinde goparylýan fotoelektronlar maddanyň çäginde çykýar.

Içki fotoeffekt hadysasynda ýagtylygyň täsirinde baglanyşykdan boşan elektronlar maddanyň çäginde galyp, erkin hereket edýärler.

Metal geçiriji dürli häsiýetli (p ýa-da n) ýarymgeçiriji bilen jebis gatnaşykda ýagtylygyň täsirinde fotoeffektiň wintel görnüşini ýüze çykarýar.

Fotoeffekt hadysasyny rus fizigi Stoletow düýpli öwrendi we daşky fotoeffekt üçin aşakdaky kanunlary açdy:

Doýma fotoelektrik akymynyň ululygy (ýagtylygyň täsirinde goparylýan elektronlaryň sany) ýagtylyk akymyna göni (proporsion-aldyr) baglydyr.

$$I = e \cdot n \quad (2.1)$$

e – elektronyň zarýady;

n – wagt birliginde goparylýan fotoelektronlaryň sany.

Fotoelektronlaryň tizligi (kinetik energiýasy) ýagtylygyň ýygylgyna bagly.

Her bir madda üçin fotoeffektiň ýüze çykmaýan iň kiçi ýygylgyny bardyr.

Fotoeffektiň bu kanunlaryny ýagtylygyň kwant tebigaty esasynda Eýnşteýn düşündirdi. Eýnşteýn energiýanyň saklanma kanunynyň esasynda aşakdaky deňlemäni aldy:

$$\varepsilon = h\nu = A + \frac{mv^2_{\text{in ulý}}}{2} \quad (2.2)$$

$\varepsilon = h \cdot \nu$ – ýagtylyk kwantynyň energiýasy;

A – maddadan elektrony goparmak üçin zerur bolan iş;

$\frac{mv^2_{\text{in ulý}}}{2}$ – fotoelektronlaryň kinetik energiýasy.

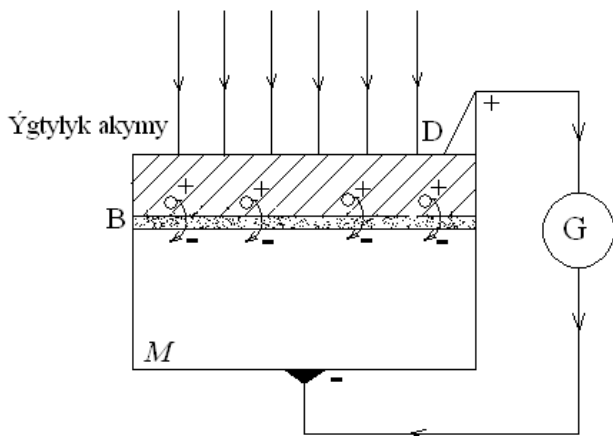
(2.2) deňlikden görnüşi ýaly, ýagtylygyň ýygylgynyň artmagy bilen fotoelektronyň tizligi artýar. Ýygylgynyň kiçelmegi bilen fotoelektronlaryň tizligi azalýar. Ýygylgynyň käbir $\nu = \nu_0$ bahasynda $\nu = 0$ bolýar. Bu bolsa fotoeffekt üçin „gyzyl araçägiň“ bardygyny görkezýär.

(2.2) – deňlik ýagtylyk kwantynyň energiýasynyň $\varepsilon = h \cdot \nu$ elektronyň metaldan çykyş işi A we kinetik energiýasynyň $\frac{mv^2_{\text{in ulý}}}{2}$ arasyndaky özara baglanyşygy ýüze çykarýar.

Fotoeffekt hadysasyna esaslanyp işleýän gurallara fotoelementler diýilýär. Fotoelementleriň dürli görnüşleri bar. Olaryň içki fotoeffekt hadysasyna esaslanyp işleýänlerine wintel fotoelementler diýilýär. Daşky fotoeffekt hadysasyna esaslanyp, işleýänlerine wakuum fotoelementleri ýa-da gaz doldurylan fotoelementler diýilýär.

Içki fotoeffekt hadysasynda işleýän fotoelementleriň işleýşi bilen tanşalyň. Içki fotoeffekt hadysasyny selen ýa-da kremniý fotoelementlerinde öwrenmek amatly (2.1-nji surat).

M metal gatlagynyň üstüne P -kysymly ýarymgeçiriji çäýylan D üste ýagtylyk düşende, fotoelektronlar D üstünden M metal gatlagyna geçýär. Ýzyna geçmäge B ýapyjy gatlak mümkinçilik bermeyär. Netijede, D gatlak položitel we M gatlak otrisatel zarýadlanýar. Eger-de D we M gatlaklary geçiriji bilen birleşdirsek, onda elektrik akymy ýüze çykýar. Bu hadysa fotoelektrik akymy diýilýär.



2.1-nji surat

Fotoelementleriň duýgurlygyny kesgitlemek

Fotoelementleriň duýgurlygy γ fotoelektrik akymynyň ululygynyň I_f fotoelementiň üstüne düşýän ýagtylyk akymyna Φ bolan gatnaşygy ýaly kesgitlenilýär.

$$\gamma = \frac{I_f}{\Phi} \quad (2.3)$$

Duýgurlygynyň birligi $\left(\frac{mA}{lm} \right)$.

(2.3) aňlatmada ýagtylyk akymyny ýagtylandyryşyň aňlatmasynyň üsti bilen aňladyp alarys :

$$E = \frac{\Phi}{S}; \quad \Phi = E \cdot S; \quad E = \frac{I_a}{r^2} \cos \alpha$$

Onda (2.3) aňlatma aşakdaky görnüşli alar:

$$\gamma = \frac{I_f \cdot r^2}{I_{ya} \cdot S}. \quad (2.4)$$

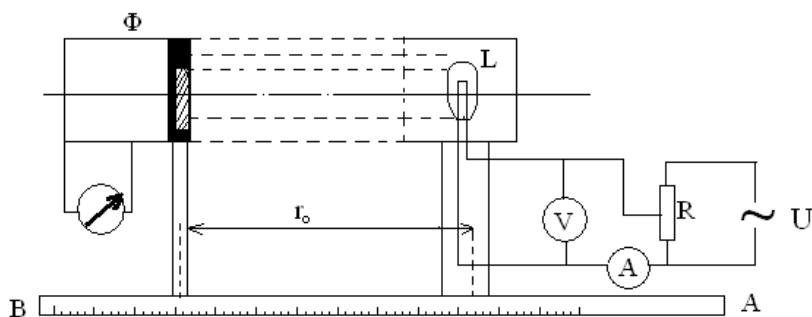
bu ýerde: I_f – fotoelektrik akymy; r – ýagtylyk çeşmesinden fotoelemente çenli aralyk; I_{ya} – çeşmesiniň ýagtylyk güýji; S – fotoelementiň ýagtylanýan üstüniň meýdany.

Eger-de fotoelementiň ýagtylanýan üsti d diametrli töwerek bolsa, onda onuň meýdany $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ bolar. S - bahasyny (2.3) aňlatmada ornuna goýup alarys:

$$\gamma = \frac{4 \cdot I_f \cdot r^2}{I_{ya} \cdot \pi \cdot d^2}. \quad (2.5)$$

Fotoelementiň duýgurlygy (2.5) aňlatma bilen kesgitlenilýär.

Işň ýerine ýetirilişi



2.2-nji surat

1. 2-nji suratda görkezilen elektrik zynjyryny ýygnamaly.

2. Elektrik çyrasyny ýakmazdan mikroampermetriň görkezijisini ýazyp almaly.

3. Elektrik çyrasyny ýakmaly, mikroampermetriň görkezzenini ýazmaly.

4. Fotoelementiň üstüne ýagty düşürüp, mikroampermetriň görkezzenini ýazmaly. Fotoelement bilen elektrik çyrasynyň arasyndaky aralygy üýtgedip, fotoelektrik akymyny $I'_f = I_f - (I_f)_0$ tapmaly.

5. Fotoelementiň ýagtylanýan üstüniň meýdanyny tapmaly. Onuň üçin diafragmanyň diametrini (d) ölçemeli.

6. Alnan ululyklary (2.4) aňlatmada ýerine goýup, fotoelementiň duýgurlygyny hasaplamaly.

Alnan ululyklary aşakdaky tablisa ýerleşdirmeli:

№	$(I_f)_0$	I_f	I'_f	r	γ	γ_{ort}	$\Delta\gamma$	$\frac{\Delta\gamma}{\gamma_{ort}} \cdot 100\%$

Hasabat üçin soraglar:

1. Fotoeffekt hadysasyny düşündirmeli.
2. Wintel fotoelementiniň gurluşyny düşündirmeli.
3. Işıň ýerine ýetirilişini düşündirmeli.

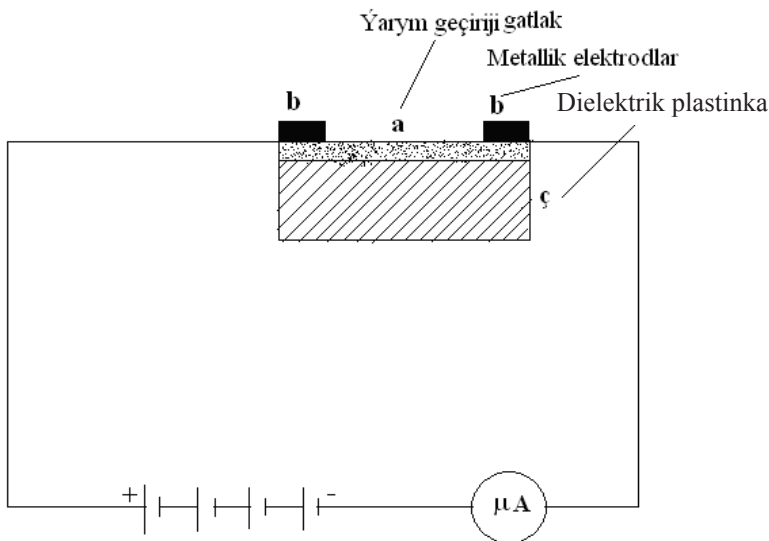
Fotogarşylygy öwrenmek

Gerekli enjamlar:

1. Göneldiji (2 sany).
2. Fotogarşylyk.
3. Ýagtylandyryş çyrasy.
4. Mikroampermetr.

5. Woltmetr.
6. Ampermetr.
7. Potensiometr (2 sany).

Gysgaça nazary maglumatlar



3.1-nji surat

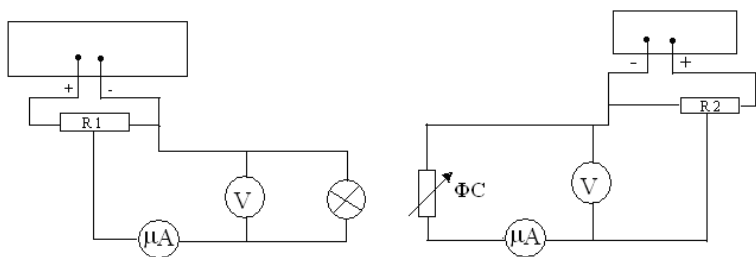
1. Fotogarşylyk (fotorezistor) şu aşakdaky ýaly gurluşdan durýar: ýagtylygy örän duýgur ýuka (*mk* töwereginde) ýarym geçiriji gatlak (a) aýnanyň ýa-da başga dielektrik plastinkanyň (ç) üstüne örtülýär. (3.1-nji surat). Ýarymgeçiriji gatlagyň üstünde elektronlaryň ugrukdyrylan akymy döreder ýaly metal elektrodlar (b) ýerleşdirilýär.

Fotogarşylygyň işleýiş düzgüni ýarymgeçirijiniňki ýaly, ýagtylygyň täsirinde onuň garşylygy üýtgeýär.

Meselem: ýagtylandyryşyň täsirinde onuň garşylygy onlarça mün Om-dan birnäçe mego Om-a çenli üýtgeýär.

Işň ýerine ýetirilişi

Elektrik zynjyry aşakdaky ýaly görnüşde ýygnamaly.



3.2-nji surat

1. Fotogarşylygyň ýagtylandyryşa baglydygyny öwrenmek

Ýagtylyk çyrasyny fotogarşylykdan iň uzak aralykda ýerleşdirmeli, göneldijiniň ikisini hem çeşmä birleşdirmeli. Göneldijidäki açary „Выкл“ ýagdaýda goýmaly. R1-potensiometriň kömegi bilen çyra, takmynan, 1,3A elektrik akymyny bermeli we onuň güýçli ýagtylanýan ýagdaýyny gazanmaly. R2-potensiometriň kömegi bilen fotogarşylyk zynjyryna 50 W naprýaženiýe bermeli. Ýagtylyk çeşmesini fotogarşylyga tarap süýşürip, fotogarşylyk zynjyryndaky elektrik akymynyň üýtgeýşine gözegçilik etmeli we aşaky tablisany doldurmaly. Ýagtylyk çyrasynyň orny üýtgedilende fotogarşylyk zynjyryndaky naprýaženiýe üýtgeýär. Her gezek ölçeg alnanda R2 - potensiometriň kömegi bilen naprýaženiýäniň 50 W bahasy hemişelik saklanmaly. Ýagtylyk çyrasyndan fotogarşylyga çenli iň kiçi aralyk 20 sm -den kem bolmaly däl.

r_n	90	80	70	60	50	40	30	20
I								
E	1	1,27						
$R_{\Phi c}$								

$$E = n \frac{r_1^2}{R_n^2} \text{ onda } E = \frac{r_1^2}{r_n^2}$$

r_n – ýagtylyk çeşmesinden fotogarşylyga çenli aralyk;

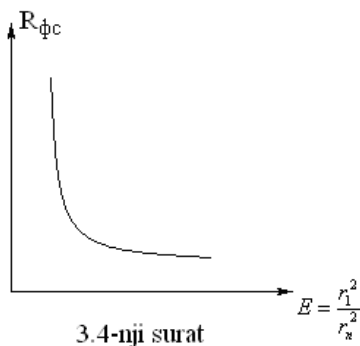
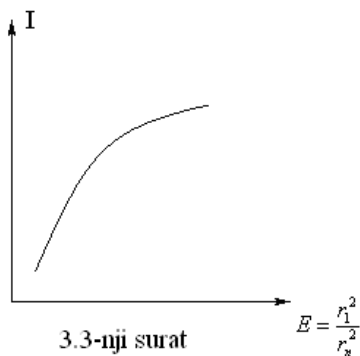
I – fotogarşylyk zynjyryndan elektrik akymy. Biziň şertimizde ýagtylandyryş;

R_n – ýagtylyk çeşmesiniň fotogarşylykdan iň uzakda ýerleşen aralygy. Ýagny: $r_1 = 90\text{sm}$. $E = n \frac{r_1^2}{r_n^2}$ gatnaşyk boýunça E öýjük doldurylýar.

$R_{\phi c}$ – fotogarşylygyň garşylygy.

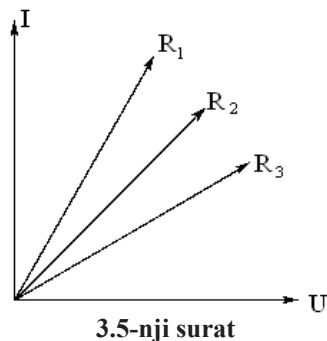
$R_{DA} = \frac{U}{I}$. Bu ýerde U – fotogarşylyk zynjyryna berilýän naprýaženiýe.

Tablisa boýunça ýagtylandyryşa baglylykda fotogarşylyk zynjyryndaky elektrik akymynyň we fotogarşylygyň üýtgeýiş grafigini gurmaly.



2. Fotogarşylygyň wolt-amper häsiýetnamasyny öwrenmek

Çyrany fotogarşylykdan 40 sm aralykda ýerleşdirmeli. Göneldijileri çeşmä birleşdirip, çyranyň iň uly ýagtylanýan ýagdaýyny gazanmaly (ampermetriň görkezýäni, takmynan, $1,3\text{A}$ bolanda). Fotogarşylyk zynjyryndaky naprýaženiýäni 0 -dan, 70 -wolta çenli artdyryp, fotogarşylyk zynjyryndaky elektrik akymyna gözegçilik etmeli. Mikroampermetriň görkezýäni 100 mka -dan aňry geçse, onda naprýaženiýäni artdyrmaly dälär.



Alnan netijelerden $I = f(U)$ baglanyşygyň grafigini gurmaly. Soňra ýagtylyk çyrasy fotogarşylykdan 25 we 50 sm aralykda ýerleşdirip, ölçegleri gaýtalamaly we grafigini gurmaly.

Hasabat üçin soraglar

1. Fotogarşylygyň gurluşyny we işleýiş düzgünini düşündirmeli.
2. Fotogarşylygyň işleýşi ýagtylygyň haýsy tebigatynyň esasynda düşündirilýär.
3. Işň ýerine ýetirilişini düşündirmeli.

Daşky fotoelektrik hadysasyny öwrenmek we Plankyň hemişeligini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. CIQB -3 kysymly fotoelement.
2. Kiçi woltly elektrik çeşmesi (batareýa).
3. Woltmetr.
4. Mikroampermetr.
5. Galwanometr.
6. Reostat.
7. Elektrik çyrasy.
8. 150-200 W hemişelik elektrik akymynyň çeşmesi.
9. Ýagtylyk süzgüçler.

Gysgaça nazary maglumatlar

Ýagtylygyň täsirinde metallardan elektronlar goparylýar. Bu hadysa daşky fotoeffekt diýilýär. Ýagtylyga üznüksiz elektromagnit tolkuný şekilinde seredýän nusgawy elektrodinamika fotoeffektiň ähli kanunlaryny düşündirip bilmeýär. Fotoeffektiň kanunlaryny ýagtylygyň kwant nazaryýeti düşündirýär. Ýagtylygyň şöhlelenmesi üznüksiz däl-de, aýry-aýry üleşler, kwantlar görnüşinde bolýar. Ýöne interferensiýa we difraksiýa hadysalary şöhlelenmäniň tolkun häsiýetiniň

bardygyny görkezýär. Şonuň üçin hem her bir kwanta kesgitli ýygylýk degişli edilýär. Ýagtylyk kwantyna foton diýlip atlandyrylýar.

Kwantyň (fotonyň) energiýasy

$$\varepsilon = h \cdot \nu \text{ deňdir.}$$

Bu ýerde ν – ýagtylygyň ýygylýgy, h – Plankyň hemişeligi.

Goý, metalyň üstüne ýagtylyk kwanty düşürilsin. Eger-de onuň energiýasy metaldaky elektrona berilse, onda bu energiýany siňdiren elektron goşmaça $h \cdot \nu$ energiýa eýe bolar. Bu energiýanyň bir bölegi elektronyň metaldan çykyş işine (A) sarp bolar. Çykyş işi kiçi bolan metaldan elektronyň goparylan pursatynda kinetik energiýa eýe bolar.

Daşky fotoelektrik hadysasy üçin Eýnşteýniň deňlemesi:

$$h \cdot \nu = A + \frac{1}{2} m \cdot g_{inuly}^2$$

Bu deňleme tejribeleriň netijesinde açylan daşky fotoelektrik hadysasynyň kanunlaryny esaslandyryr.

Birinji kanun

Fotoelektronlaryň tizligi ýagtylygyň ýygylýgynyň funksiýasydyr. Ýygylýgynyň artmagy bilen fotoelektronlaryň tizligi hem ulalýar. Eger-de ýagtylyk fotonynyň energiýasy $h \cdot \nu \leq A$ şerti kanagatlandyrylan bolsa, onda metaldan elektronlar çykmaýar. Fotoelektrik hadysasyny döredip bilýän ýagtylygyň iň kiçi ν_0 ýygylýgyna fotoelektrik hadysasynyň gyzyňl araçağı diýilýär.

Ikinji kanun

Fotoelektronlaryň tizligi ýagtylygyň depginine (intensiwliline) bagly däl, diýmek, fotoelektronyň energiýasy hem ýagtylygyň depginine (intensiwliline) bagly däl.

Üçünji kanun

Üst birliginden wagt birliginde goparylýan fotoelektronlaryň sany ýagtylygyň depginine (intensiwliline) bagly.

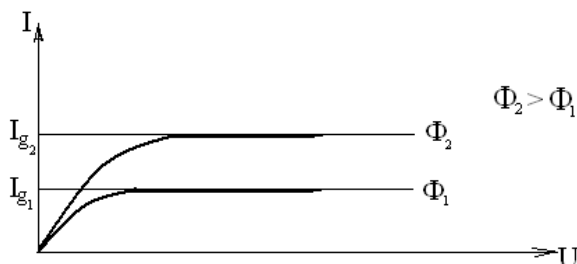
Eýnşteýniň deňlemesi metaldaky elektronyň bir kwant energiýany siňdirýän ýagdaýy üçin dogrudyr.

1-nji gönükme

CIQB -3 kysymly sürmesezili wakuum fotoelementini derňemek

Bu fotoelement içiniň howasy sorulyp çykarylýan togalak görnüşli aýna gapjagaz bolup, onuň içki üstüniň ýarym bölegine ilki magniniň, kümşüň ýuka gatlagy örtülýär. Onuň üstünden sürmäniň we onuň üstünden seziniň ýuka gatlagy örtülýär. Şunlukda, emele gelen $!_3S_6$ birleşme katod bolýar. Beýle katoddan elektronyň çykyş işi kiçi bolar we fotoelektrik hadysasynyň gyzyly araçägi spektriň görünýän böleginde ýerleşýär. Gapjagazyň ortasynda halka görnüşli anod ýerleşýär. Eger katodyň üstüne ýagtylyk düşürüp, katod we anodyň aralygynda-da potensiallar tapawudy döredilse (tizlendiriji meýdan), onda katoddan anoda tarap elektronlaryň akymy döär.

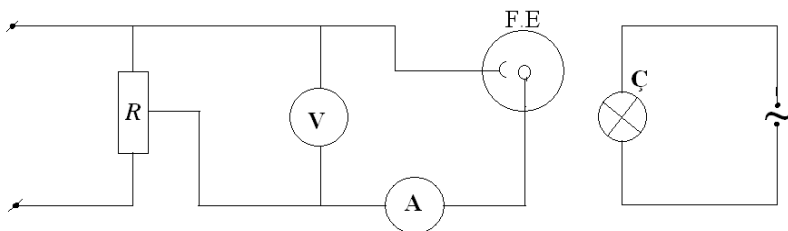
Fotoelektrik akymynyň naprýaženiýe baglanyşygynyň grafigine fotoelementiň wolt-ampere häsiýetnamasy diýilýär. Doýma elektrik akymyny ulaltmak üçin katoda düşýän ýagtylygyň depginini (intensiwligini) artdyrmaly. Wolt-ampere häsiýetnamasy 4.1-nji suratda şekillendirilen görnüşde bolýar.



4.1-nji surat

Işň ýerine ýetirilişi:

1. 4.2-nji suratdaky elektrik zynjyryny ýygnamaly.



4.2-nji surat

2. “L” elektrik çyraýygyny çeşmä birleşdirip, ýagtylyk akymyny fotoelemente gowy düşer ýaly edip ýerleşdirmeli. Soňra R reostatyň kömegi bilen fotoelemente berilýän naprýaženiýäni artdyryp başlamaly we her 10 woltdan fotoelektrik akymynyň ululygyny (A) mikroampermetrden ýazyp almaly.

3. Naprýaženiýäni 0-dan 150 wolta çenli artdyrmaly.

4. Alnan netijeleri aşakdaky tablisada ýerleşdirmeli:

1	U (W)	
	I (mkA)	

Düşýän ýagtylyk akymyny üýtgedip, 2, 3 gezek ölçemeleri gaýtalamaly, alnan netijeleri tablisa geçirmeli (1-nji gönükmä 3-4 gezek ýerine ýetirilmeli).

5. Tablisadaky ululyklar boýunça $I=f(U)$ baglanyşygyň grafiginı gurmaly.

Bellik: Fotoelemente düşýän ýagtylygyň depginini (intensiwlighini) üýtgetmeklik fotoelement bilen çyraýygyň özara ýerleşen aralygyny üýtgetmek arkaly alynýar.

2-nji gönükmä

Plankyň hemişelighini we elektronlaryň çykyş işini kesgitlemek

Ýagtylygyň täsirinde katoddan goparylýan elektronlar käbir kinetik energiýa eýe bolarlar we tizlendiriji meýdan bolmadyk ýagdaýynda-da anoda ýetip bilýärler. Başgaça aýdanymyzda fotoelementden we galwanometrden ybarat bolan ýapyk zynjyrda käbir elektrik

akymy döreýär. Katod bilen anodyň arasynda saklaýjy meýdany döredip, elektronlary saklamak bolýar. Saklaýjy elektrik meýdanyň (naprýaženiýäniň) käbir ululygynda has çalt elektronlar hem anoda ýetip bilmeýärler, netijede, zynjyrdaky elektrik akymy kesiler. Bu şert:

$$\frac{m \cdot v_{in ulý}^2}{2} = e \cdot U_s \quad (4.1)$$

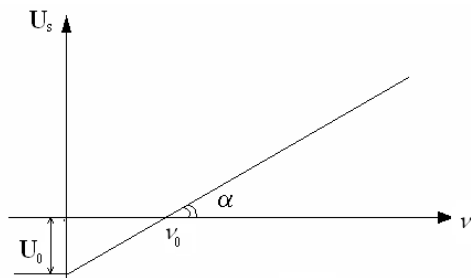
U_s – ululyga saklaýjy potensial diýilýär. Onda (4.1) deňlemäni

$$h \cdot \nu = A + e \cdot U_s \quad (4.2)$$

görnüşde ýazyp bolar.

(4.2) aňlatmadan görnüşi ýaly, saklaýjy potensial U_s fotoele-

mente düşýän ýagtylygyň ýygylýgyna bagly, ýagny $U_s = f(\nu)$ 4.3-nji suratda şekillendirilen.



4.3-nji surat

U_0 – çykyş potensialy. Bu grafikden peýdalanyp, Plankyň hemişeligin we elektronyň çykyş işini kesgitlemek mümkin.

Bu grafigi gurmak üçin birnäçe (ν_1, ν_2, \dots) ýygylýkly monohromatik ýagtylyklar üçin saklaýjy potensiallaryň (U_{c_1}, U_{c_2}, \dots) ululygyny kesgitlemeli. Goý, ν_1 we ν_2 ýygylýkly ýagtylyklar üçin saklaýjy potensiallaryň ululyklary U_{c_1} we U_{c_2} bolsun. Bu ýagdaý üçin

$$h \cdot \nu_1 = A + e \cdot U_{c_1}$$

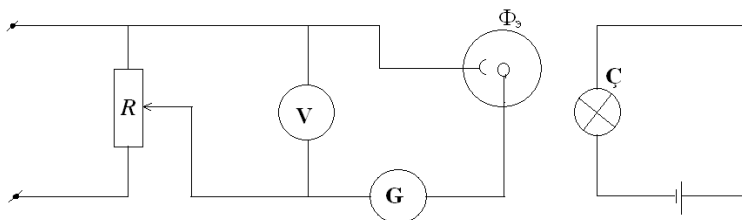
$$h \cdot \nu_2 = A + e \cdot U_{c_2}$$

deňlemeleri ýazyp bolar. (4.3)-den (4.4)-i aýryp,

$$h = \frac{e \cdot (U_{C_1} - U_{C_2})}{v_1 - v_2} \quad (4.5) \text{ alarys.}$$

Işň ýerine ýetirilişi

1. 4.4-nji suratdaky elektrik zynjyryny ýygnamaly.



4.4-nji surat

2. Fotoelementiň önünde v_1 ýygyllykly ýagtylygy geçirýän süzgüç (swetofiltri) ýerleşdirmeli we elektrik çyrajygyny çeşmä birleşdirip, ýagtylyk akymyny fotoelemente gönükdirmeli. R reostatyň kömegi bilen woltmetriň görkezijisini nola getirmeli. Bu ýagdaýda G galwanometr käbir ululygy görkezzer.

3. R reostatyň kömegi bilen saklaýjy meýdanyň naprýaženiýesini artdyryp, G galwanometriň görkezijisini nola getirmeli we woltmetriň saklaýjy potensialynyň ululygyny ýazyp almaly.

4. Fotoelementiň önünde v_2 ýygyllykly ýagtylygy geçirýän süzgüç (swetofiltri) ýerleşdirmeli we ýene-de R reostatyň kömegi bilen G galwanometriň görkezijisini nola getirmeli hem-de woltmetrden netijäni ýazyp almaly.

5. Alnan netijeleri tablisa geçirmeli.

6. (5)-nji aňlatmadan peýdalanyň, Plankyň hemişeligini kesgitlemeli.

7. Tablisadan peýdalanyň, grafik gurmaly (4.3-nji suratdaky ýaly).

8. Bu grafikden peýdalanyň, fotoelektrik hadysasynyň gyzyň ar-çagını v_0 , elektronynyň çykyş potensialyny U_0 kesgitlemeli.

9. $A = h \cdot v_0$ we $A = e \cdot U_0$ deňliklerden kesgitlenýän çykyş işiniň ululyklaryny deňeşdirmeli.

Hasabat üçin soraglar:

1. Fotoeffekt hadysasy näme?
2. Daşky fotoeffektiň kanunlaryny aýdyp bermeli.
3. Wakuum fotoelementinden doýma togunyň ýüze çykyşynyň sebäbini düşündirmeli.
4. Fotoeffektiň ylymda we tehnikada ulanylyşyna mysallar getirmeli.

Wodorodyň spektrini öwrenmek we Ridbergiň hemişeligini kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. Spektroskop.
2. Dürli gazly (geliý, wodorod) turbajyklar.
3. Rumkorfyň tegegi.
4. Iýmitlendiriş çeşmesi.

Gysgaça nazary maglumatlar

1. Atomyň planetar modeli.

Islandik himiki elementiň atomynda položitel zarýadly ýadro bolup, onuň daşynda elektronlaryň aýlanýandygy Rezerfordyň tejribelerinde (1911-nji ýyl) ýüze çykarylady. Şeýlelikde, atom elektrik taýdan bitarapdyr. Ýadro özünde atomyň ähli massasyny diýen ýaly jemlemek bilen, örän kiçi göwrüm tutýar; atomyň diametri takmyn 10^{-10} m deňdir, ýadronyňky bolsa 10^{-15} m deňdir. Elektronlar ýadronyň daşyndan töwerekleýin orbitalar boýunça aýlanýar. Elektronlaryň toplумы elektron gatlagyny emele getirýär. Wodorod atomyna we wodoroda meňzeş ionlara, ýagny *ze* zarýadly ýadrodan we bir sany elektrondan ybarat bolan ulgama seredeliň. (*z*-elementiň, Mendeleýewiň periodiki ulgamyndaky tertip belgisi). Töwerekleýin orbita üçin ýadro bilen elektronyň arasyndaky özara täsirleşme Kulon güýjüniň merkeze ymtylýan güýjüne deň hasap edip,

$$F_K = F_{m,y}$$

ýagny

Onda

$$F_K = \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \quad F_{m.y.} = \frac{m_e g^2}{r}$$

$$\frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} = m_e g^2 \quad (5.1)$$

aňlatmany alarys.

Bu ýerde m – elektronyň massasy, r – orbitasynyň radiusy. Ýadronyň elektrik meýdanynda ýerleşen elektron aşakdaky ýaly potensial energiýa eýe bolýar:

$$E_p = -\frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Elektronyň doly energiýasy onuň kinetik we potensial energiýasynyň jemine deňdir.

$$E_d = E_p + E_K = -\frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{m_e g^2}{2} \quad (5.2)$$

(5.1) aňlatmadan peýdalanyp, (5.2)-nji aňlatmany aşakdaky ýaly ýazyp bileris:

$$E_d = -\frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{ze^2}{8\pi\epsilon_0 r} = -\frac{ze^2}{8\pi\epsilon_0 r} \quad (5.3)$$

Elektrodinamikanyň kanunyna görä, tizlenmeli hereket edýän elektron elektromagnit tolkunlaryny şöhlelendirmelidir. Onda atomdaky elektron energiýany üznüksiz şöhlelendirmek bilen ýuwaş-ýuwaşdan ýadro golaýlaşar we ahyr ýadronyň üstüne düşer. Bu ýöredilýän pikir hakykata ters gelýär. Hakykatda atom durnukly ulgamdyr. Bu kynçylyk Boruň postulatlary arkaly aradan aýrylýar.

1. Durnukly hallar baradaky postulat.

Atom käbir durnukly hallarda bolýar we bu hallarda ol energiýa şöhlelendirmeýär. Atoma durnukly orbitalar degişli bolup, olarda hereket edýän elektronlar elektromagnit tolkunlaryny şöhlelendirmeýärler.

2. Orbitalaryň kwantlanmasy baradaky postulat

Atomyň durnukly halynda onuň töwerek görnüşli orbita boýunça aýlanýan elektronlaryň impulsynyň momenti kesgitli kwantlanýan bahalara eýe bolup bilýär.

$$L = m_e v_n r_n = n \cdot \hbar \quad (5.4)$$

Bu ýerde m_e – elektronyň massasy; v_n – n -nji orbitadaky tizligi; r_n – n -nji orbitanyň radiusy; $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{S}$ Plankyň hemişeligi.

3. Ýygylýklar baradaky postulat

Atom bir durnukly haldan beýleki durnukly hala geçende, bir kwant (ülüş) energiýany şöhlendirýär ýa-da siňdirýär.

$$h\nu = E_n - E_m \quad \text{bu ýerden} \quad \nu = \frac{E_n - E_m}{h} \quad (5.5)$$

Bu ýerde $(E_n - E_m)$ – atomyň durnukly hallarynyň energiýalarynyň tapawudy; $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{S}$ Plankyň hemişeligi; ν – atomyň şöhlendirýän (siňdirýän) elektromagnit tolkunlarynyň ýygylgy.

Eger $E_n > E_m$ bolsa, energiýany şöhlendirýär, $E_n < E_m$ bolsa energiýany siňdirýär.

Umumy ýagdaýda ýadrodan we bir sany elektrondan ybarat bolan ulgam üçin (5.1)-nji, (5.3)-nji we (5.4)-nji aňlatmalaryň esasynda elektronyň orbitasynyň radiusyny we atomyň doly energiýasynyň aňlatmalaryny alarys:

$$r_n = \frac{n^2 \varepsilon_0 \hbar^2}{\pi m_e e^2 z} \quad (5.6)$$

$$E_n = -\frac{m \cdot z^2 \cdot e^4}{8 \varepsilon_0^2 n^2 \hbar^2} \quad (5.7)$$

(5.7)-nji aňlatmadan peýdalanyp, atomyň m -nji durnukly haldan n -nji durnukly hala geçýän pursatynda şöhlendirýän elektromagnit tolkunynyň ýygylgy üçin aşakdaky aňlatmany alarys:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h} = \frac{m_e z^2 \cdot e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (5.8)$$

Bu ýerde

$$R = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c} \quad (5.9)$$

ululyga Ridbergiň hemişeligi diýilýär. Onda (5.8)-nji aňlatma aşakdaky görnüşe eýe bolar:

$$\nu = R \cdot c \cdot z^2 \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (5.9)$$

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ – ýagtylygynyň wakuumda ýaýrama tizligi, $\nu = \frac{c}{\lambda}$

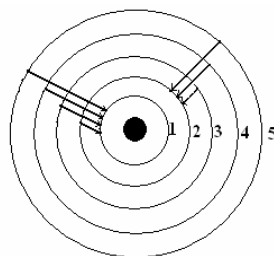
deňlikden peýdalanyň (5.9), n bitin sanyň ($n=1,2,3,\dots$) dürli bahalaryny aşakdaky görnüşde ýazyp bileris:

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot z^2 \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (5.10)$$

Bu aňlatma arkaly n bitin sanyň ($n=1,2,3,\dots$) dürli bahalarynda we $m = n+1, n+2, \dots, \infty$ deň bolan ýagdaýynda spektr çyzyklaryň toplumyny almak mümkin. Spektr çyzyklaryň toplumyna seriýa diýilýär.

Wodorod üçin $z=1$ deň. Wodorodyň spektr çyzyklarynyň aşakdaky ýaly seriýalary tapawutlandyrylýar:

- $n=1$ – Laýmanyň seriýasy;
- $n=2$ – Balmeriň seriýasy;
- $n=3$ – Paşeniň seriýasy;
- $n=4$ – Breketiň seriýasy;
- $n=5$ – Pfundyň seriýasy.



5.1-nji surat

Spektroskopıyň kömeginde wodorodyň diňe Balmeriň seriýasyna degişli birnäçe spektral çyzyklaryny görmek mümkin:

- | | | |
|-------------------------|------------------------------|-------------|
| 1. H_{α} gyzyl | $\lambda = 6563 \text{ Å}^0$ | $n=2 \ m=3$ |
| 2. H_{β} mawy | $\lambda = 4861 \text{ Å}^0$ | $n=2 \ m=4$ |
| 3. H_{γ} melewşe | $\lambda = 4340 \text{ Å}^0$ | $n=2 \ m=5$ |
| 4. H_{δ} melewşe | $\lambda = 4102 \text{ Å}^0$ | $n=2 \ m=6$ |

(5.10)-njy aňlatma $z=1$ we $n=2$ bahalary goýup, Balmeriň seriýasy üçin ýazsak

$$\frac{1}{\lambda} = R \cdot \left(\frac{1}{2^2} + \frac{1}{m^2} \right) \quad (5.11)$$

görnüşe eýe bolar.

Iş iň ýerine ýetirilişi

Geliniň spektrleri boýunça spektroskopıyň görkezijisini belgiläp, grafik gurmaly.

Grafikden peýdalanyň, Balmeriň seriýasyna degişli wodorodyň $\lambda_{\alpha}, \lambda_{\beta}, \lambda_{\gamma}, \lambda_{\delta}$ spektr çyzyklarynyň tolkun uzynlyklaryny tapmaly.

Grafikden tapylan tolkun uzynlyklaryň esasynda (5.11)-nji aňlatmadan Ridbergiň hemişeligini hasaplap çykarmaly.

(5.9)-njy aňlatmada Ridbergiň hemişeliginiň tapylan bahasyny goýup, elektronyň massasyny tapmaly.

(5.6)-njy aňlatmadan wodorod atomyndaky elektronlaryň birinji orbitasynyň radiusyny hasaplamaly.

Spektroskopıy geliniň spektrleri boýunça düzmek

Geliý gazy bilen doldurylan turbajygy ýokary woltly çesmä birleşdirip, ýagtylanmagyny gazanmaly. Spektroskopıyň kollimatorynyň yşyny turbajygyň kapillýaryna golaý ýerleşdirmeli we spektriň gowy görünmegini gazanmaly. Soňra spektroskopıyň mikrometriniň kömegi bilen görüş turbasyny süýşürüp, okulýardaky dik sapajyk spektral çyzyga gabat gelende, mikrometriň görkezeni ýazyp almaly. Hasaplamany spektriň gyzyl reňkiden başlap, melewşe tarapda gutarmaly. Ölçegleriň netijelerini tablisa geçirmeli.

Spektroskopyň mikrometriniň görkezen bahalaryny orta bahalarynyň we oňa degişli geliniň spektral çyzyklarynyň tolkun uzynlyklarynyň arasyndaky baglanyşygyň grafigini gurmaly. Onuň üçin millimetr möçberli ýörite kagyza koordinata ulgamyny çyzmaly. Abssisa okunda mikrometriň görkezenlerini (1 mm=0,02 mkm) ýerleşdirip, başlangyjy hökmünde mikrometriň görkezen iň kiçi bahasyny bellemeli, ordinata okunda tolkun uzynlygyny (1 mm-2 mkm) ýerleşdirip, koordinata başlangyjy hökmünde $\lambda = 400$ mkm kabul etmeli. Tejribede alnan netijeleriň esasynda düzülen tablisadan peýdalanyp, grafik gurmaly.

Wodorodyň spektral çyzyklarynyň tolkun uzynlyklaryny kesgitlemek

Ýokarda görkezilen usul bilen wodorodyň çyzykly spektrlerini spektroskop arkaly kesgitlemeli. Onuň üçin grafikden we spektroskopyň mikrometriniň görkezenlerinden peýdalanmaly. Alnan netijeleri maglumatlyk kitabyndaky berilýän wodorodyň spektrleriniň tolkun uzynlyklary bilen deňeşdirip, olaryň bir-birine ýakyndygyna göz ýetirmeli.

Ölçemeleriň netijelerini aşakdaky tablisada ýerleşdirmeli:

Spektr çyzyklaryň reňki	Mikrometriň görkezenleri			Orta bahasy	Tolkun uzyn- lyklar grafik boýunça (mkm)	Tolkun uzynlyklar maglumat- lyk boýunça (mkm)
	1	2	3			
gyzyl						656
ýaşylymytyl mawy						486
gök						434
melewşe						410
melewşe						397

Geliniň spektral çyzyklarynyň tolkun uzynlyklary (mkm)

Reňki	Tolkun uzynlygy (\AA)	Reňki	Tolkun uzynlygy (\AA)
gyzyl	7065	ýaşyl	4922
gyzyl	6578	mawy	4713
sary	5876	gök	4471
ýaşyl	5016	melewşe	4026
		melewşe	3889

Hasabat üçin soraglar:

1. Atomyň planetar modelini düşündirmeli.
2. Boruň postulatlaryny beýan etmeli.
3. Çyzykly spektrleriň ýüze çykyşyny düşündirmeli.
4. Spektroskopyň gurluşyny we işleýşini düşündirmeli.

Oýandyryjy potensialy kesgitlemek (Frankyň we Gersiň tejribesi)

Gerekli enjamlar:

1. Geliý ýa-da argon gazy bilen doldurylan (Tiratron) elektron çyra.
2. 6 W-lyk, 10 W-lyk we 3 W-lyk hemişelik elektrik akymynyň çeşmeleri.
3. 3 sany woltmetr.
4. 2 sany reostat.
5. 160 mkA-lik mikroampermetr.
6. 2 sany açar.

Gysgaça nazary maglumatlar

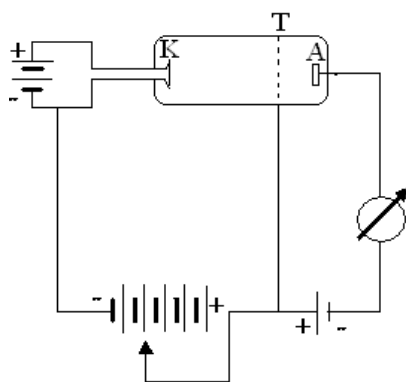
Atomlaryň energiýanyň kesgitli ululyklara eýe bolup bilýändigini tejribede subut edilen hakykatdyr. Atomyň şöhlemenmegi üçin ony oýandyrylan hala geçirmek zerur, ýagny atomdaky elektrony esasy orbitadan ýokarky orbitalaryň birine geçirmeli.

Atomy oýandyrmak dürli usullar bilen (ýokary temperatura çenli gyzdyrmak, çalt hereket edýän erkin elektronlar bilen atomyň çaknyşmasy we ş.m.-ler) amala aşyrylmagy mümkin.

Erkin elektronlaryň gazyň içinden geçmek hadysasyna seredip geçeliň. Bu ýagdaýda elektronlaryň gaz atomlary bilen maýyşgak ýa-da maýyşgak däl çaknyşmasy bolmagy mümkin. Maýyşgak däl çaknyşma atomyň ionlaşmagyna getirýär. Maýyşgak däl çaknyşmada atomyň elektrony ýokarky energetik derejeleriň birini eýeleýär we atom oýandyrylan hala geçýär.

Gaz atomyny birinji oýandyrylan hala geçirýän elektronlaryň maýyşgak däl çaknyşmasy aşadaky elektrik zynjyry arkaly amala aşyrylýar.

Elektron çyrasy pes basyşly gaz bilen (simap bugy) doldurylan. Anodyň (A) öň tarapynda oňa ýakyn aralykda tor (T) ýerleşdirilen. Katod (K) anod arasyndaky potensiallar tapawudy islendik bahany alyp bilýär.



6.1-nji surat

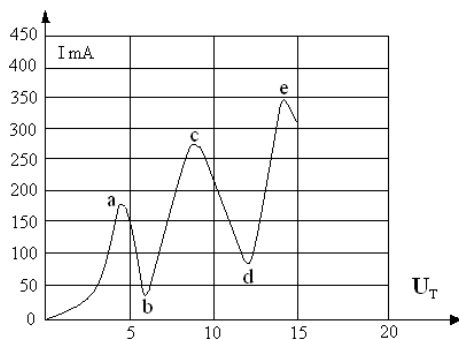
Anoda tora görä uly bolmadyk otrisatel potensial tapawudy goýulýar (mysal üçin, 0,5 W). Elektron çyranyň içindäki gazyň basyşy we elektrodlaryň ýerleşdirilişi gaz atomlary bilen çalt elektronlaryň çaknyşmasy (K-T) aralykda bolar ýaly saýlanyp alnandyr. Eger çaknyşma maýyşgak bolsa, onda elektron energiýasyny ýitirmeýär we anoda baryp ýetýär. Eger çaknyşma maýyşgak däl bolsa, onda elektron energiýasynyň käbir bölegini atoma berýär we anoda ýetip bilmän T tora çökýär.

Şeýlelikde, T toruň esasy wezipesi, atom bilen maýyşgak däl çaknyşyp, energiýasyny ýitiren elektronlary özüne siňdirmekden ybaratdyr.

Frankyň we Gersiň tejribesi aşakdaky ýaly tertipde amala aşyrylýar:

Ilki T tora, K katodyňka deň potensial berilýär; soňra U_T toruň potensialyny kem-kemden artdyryňlar, şonuň bilen birlikde katoddan goparylýan elektronlar tizlenip, hereket edip, $\frac{m}{2} \cdot v^2 = e \cdot U_T$ energiýa

eýe bolýarlar we T tora ýetýärler. Tordan geçen elektronlar T-A aralyk kiçi bolmagyna görä, hemişelik v tizlik bilen hereket edýärler diýip kabul etmek mümkin. Eger elektronlar K-T aralykda energiýasyny üýtgetmese, onda olaryň ählisi anoda barýarlar, U_T artmagy bilen anod togy hem artýar. Bu 6.2-nji suratda şekillendirilen O aralyga gabat gelýär. Şeýle şekil ähli termoelektron abzallaryň adaty (wolt-ampere) häsiýetnamasy bilen gabat gelýär.



6.2-nji surat

Tora berilýän potensiallaryň tapawudy kesgitli ululyga eýe bolýança (4,9 W) U_T baglylykda anod togy artýar. U_T potensiallaryň tapawudy 4,9. W ýetende, anod togy birden azalýar (6.2-nji suratda a-b aralyk). Soňra ýene-de tora goýulýan potensiallar tapawudy artdyrylanda, anod togy artýar we $U_T = 9,8$ W ýetende ýene-de birden azalýar.

6.2-nji suratda görnüşi ýaly, ol bir-birinden 4,9 eW tapawutlanýan örküçlerden durýar. Bu bolsa elektronlaryň energiýasy 4,9 eW ýetýänçä maýyşgak çaknyşyp, energiýasyny ýitirmän, anoda barýandygyny aňladýar. Haçan-da elektronlaryň energiýasy 4,9 eW ýetende, simap atomlary bilen çaknyşmasy maýyşgak däl häsiýete eýe bolýar. Energiýasynyň käbir bölegini ýitiren elektronlar anoda ýetip bilmeýär we tora siňýär. Eger elektronlaryň energiýasy 4,9 eW-dan görnetin artyk bolsa, energiýasynyň käbir bölegini ýitirse-de, anoda baryp ýetýär. Elektronlaryň energiýasy 9,8 eW we 14,7 eW ýetirilende hem olar simap atomlary bilen maýyşgak däl çaknyşýarlar, bu bolsa 2-nji, 3-nji örküçleri emele getirýär.

Şeýlelikde, simap atomlary üçin 4,9 eW energiýa aýratyn ähmiýete eýe bolýar. Energiýanyň şu görkezilen gymmatyndan kiçi bolsa-da, uly bolsa-da, simap atomlary energiýanyň islendik bahasyny özünde saklap bilmeýär, ol diňe kesgitli saýlanan energiýany saklamaga ukyply bolýar. Suratda şekillendirilen egriniň görnüşi atomda energiýanyň kesgitli ululyklara eýe bolýan derejeleriniň bardygyny subut edýär. Eger simap atomynyň “oýandyrylmadyk” halyndaky energiýasy E_1 deň bolsa, indiki mümkin bolan energiýasy $E_1 + 4,9 \text{ eW}$ bolar.

4,9 W tizlendiriji potensiallar tapawudy birinji oýandyryjy potensial diýlip atlandyrylýar.

Tejribeleriň görkezişi ýaly, gaz ýa-da metal buglary çalt hereket edýän elektronlar bilen maýyşgak däl çaknyşanlarynda, berlen gaz ýa-da metal bugy üçin kesgitli ýygyllykly, çyzykly spektrli ýagtylyk şöhlelenirýärler. Bu şöhlelenirilýän ýagtylygyň ýygylgy elektronyň energiýasy we oýandyryjy potensial bilen aşakdaky ýaly baglanyşýar:

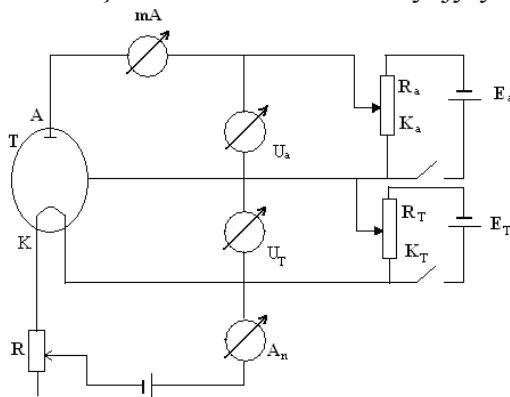
$$E = h \cdot \nu = e \cdot U$$

Simap üçin birinji oýandyryjy potensial 4,9 W deň. Şoňa degişli tolkun uzynlykly şöhlelenme simabyň spektrinde ($\lambda = 2537 \text{ Å}$) tapylýar. Bu tolkun uzynlyga degişli fotonyň energiýasy:

$$h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda} = 7,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

İşin yerine yetirilişi

1. 6.3-nji suratda şekillendirilen elektrik zynjyryny ýygnamaly.



6.3-nji surat

Zynjyrdaky mA-mikroamper anod toguny ölçeyär; U_T - woltmetr tor bilen katodyň potensiallar tapawudyny ölçeyär; U_a - woltmetr anod bilen toruň potensiallar tapawudyny ölçeyär; A_n – ampermetr katody gyzdirmek üçin berilýän toguny ölçeyär; R_a we R_T – anod we tor zynjyryndaky potensiometrler; R – anod toguny ýýtgedýän reostat.

2. Katodyň gyzdrylýan zynjyryna kesgitli tok güýjüni goýup, anoda tora görä otrisatel naprýaženiýe berip, elektron çyranyň tor häsiýetnamasyny ölçemeli, ýagny tora goýlan naprýaženiýäni 0-dan käbir baha çenli ýýtgedip, anod togunyň ýýtgeýşini ölçemeli.

3. Alnan netije boýunça anod togunyň tor naprýaženiýesine baglanyşygynyň grafigini ($I_a = f(U_T)$) gurmaly.

Grafigiň esasynda elektron çyrasynyň doldurylan gazynyň birinji oýandyryjy potensialyny kesgitlemeli.

Tejribede alnan netijeleri aşakdaky tablisa geçirmeli.

$$U_a = \quad \quad \quad I_n =$$

T/B	U_T	I_a	
1.			
2.			
3.			

Hasabat üçin soraglar:

1. Atomyň durnukly hallary baradaky Boruň postulyaty.
2. Atomyň oýandyrylan haly haçan ýüze çykýar?
3. Oýandyryjy potensial näme?
4. Maýyşgak we maýyşgak däl çaknyşma hadysalaryny düşündirmeli.
5. Işň ýerine ýetirilişini beýan etmeli.

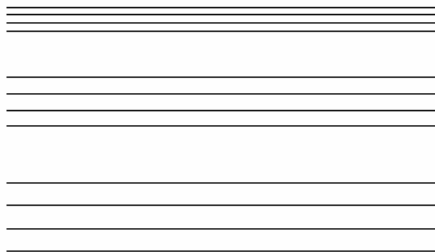
Ýarymgeçirijileriň ýagtylyk goýberme hadysasyny öwrenmek

Gerekli enjamlar:

1. Ýarymgeçirijili ýagtylyk diodlary (swetodiodlar).
2. Potensiometr.
3. Milliampermetr.
4. B7-21 kysymly uniwersal woltmetr..
5. ВП-009 kysymly hemişelik tok çeşmesi.

Gysgaça nazary maglumatlar

Nusgawy nazaryýete görä metallaryň elektrik geçirijilik elektronlary energiýanyň islendik bahasyny alyp bilýär diýlip kabul edilýär. Kwant nazaryýeti gaty jisimlerde (kristallarda) edil aýratyn alnan atomdaky elektronlar ýaly geçirijilik elektronlaryň energiýasynyň kwantlanýan ululykdygy subut edilýär. Energiýanyň bu ululyklaryna energiýanyň derejeleri diýilýär.



7.1-nji surat

Kristallarda rugsat edilen energiýanyň derejeleri zolaklara top lanýar.

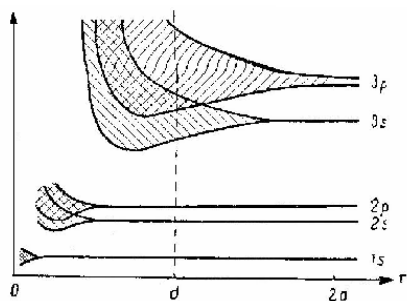
Zolaklaryň emele gelşine düşünmek üçin atomlaryň kristala jemlenmegine seredeliň. Aýratyn alnan atomdaky her bir elektron rugsat edilen energetik derejelerde saklanýar. Pauliniň düzgünine görä

islendik kwant ulgamda (atomda, molekulada, kristalda) her bir energiýa derejesinde iki elektron ýerleşip bilýär (olaryň spinleriniň ugry garşylykly). Diýmek, atomyň iň aşaky esasy energetik derejesinde iki elektron, galan elektronlar jübütme-jübüt ýokarky energiýa derejelerinde ýerleşýärler. Atomlar biri-birinden üzňe we birmeňzeş şertde bolanda birdeň energiýa derejelere eýe bolýarlar. Atomlar biri-birine ýakynlaşdyrylsa, özara täsir netijesinde energiýa derejeleriň üýtgemesi başlanýar. Eger kristal N sany birmeňzeş atomlardan emele gelýän bolsa, ýeke energiýa derejesiniň ýerine biri-birine örän ýakyn ýerleşen N sany energiýa derejeleri emele gelýär. Şeýlelikde, üzňe atomlaryň her bir energiýa derejesi kristalda gür ýerleşen N derejä dargaýar.

Bu derejeler zolagy emele getirýär. Dargama ululygy ähli derejeler üçin bir deň bolmaýar. Atomdaky doldurylan iň aşaky derejeler az dargaýar. Ýokarky derejeler köp dargaýar. Aşaky derejeler, atomlar biri-birine has golaý gelende dargap başlaýar. Ýokarky derejeleriň dargaýşy has güýçli bolup, hatda biri-biriniň üstüne-de düşýärler.

7.2-nji suratda r atomlaryň aralygy (biri-birinden uzaklygy) görkezilen.

Biri-biriniň üstüne düşýän zolaklardaky derejeleriň sany iki zolakdaky derejeleriň umumy sanyna deňdir. Özara täsirleşýän atomlar bütewi kwant ulgamy emele getirýär. Beýle ulgamda Pauliniň gadaganlyk düzgüni höküm sürýär. Diýmek, N sany üzňe atomlaryň belli bir energiýa derejesini eýeleýän $2N$ elektronlary kristalda jübüt-jübüt-den degişli zolagyň N derejelerinde, garşylykly ugrukdyrylan spinleri bilen ýerleşýärler.



7.2-nji surat

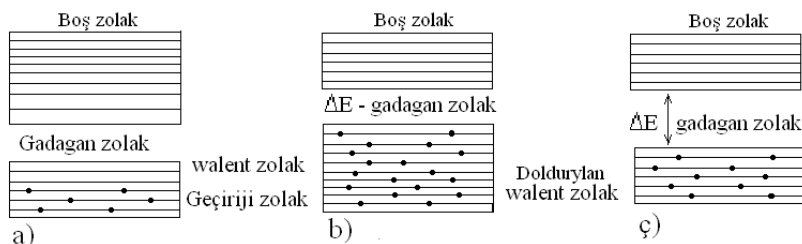
Walent elektronlaryň rugsat edilen energiýalary kristalda aýratyn zolaga jemlenýär. Zolaklaryň arasynda belli bir uzaklyk bolýar. Bu aralykda energiýanyň rugsat edilen bahasy ýok. Şonuň üçin bir zolakdan beýleki aýratyn zolaga çenli bolan aralyga gadagan zolak diýilýär. Kristalda

atomlar näçe dykyz ýerleşse, şonça-da şol bir energiýa derejeleriniň dargamalary biri-birine ýakyn ýerleşýär. Zolakdaky goňşy energiýa derejeleriniň aralygy, takmynan, 10^{-22} eW-a deňdir.



7.3-nji surat

Walent elektronlaryň ýerleşýän zolagyna walent zolagy diýilýär. Absolýut nol temperaturada kristalyň energiýasy iň kiçi baha eýedir. Bu ýagdaýda walent elektronlary, walent zolagyndaky energiýa derejeleriniň iň aşakysynda jübüt-jübütde ýerleşýär. Walent zolagyndan ýokarda ýerleşen rugsat edilýän zolaklarda elektronlar bolmaýar. Bu zolaga boş zolak diýilýär. Walent zolagynyň doldurylyşyna we gadagan zolagyň giňligine baglylykda kristallaryň üç görnüşi tapawutlandyrylýar.



7.4-nji surat

7.4-nji a) suratda walent zolagy elektronlar bilen doldurylmadyk. Bu ýagdaýda elektronlaryň zolakdaky ýokarky goňşy energetik derejelere geçmegi üçin azajyk energiýa ýeterlik. (10^{-22} , 10^{-23} eW). Şu hilli kristallara metallar degişlidir. Kem-käseýin doldurylan walent zolagyna geçirijilik zolagy diýilýär. 7.4-nji b) we c) suratlarda walent

zology elektronndan doldurylandyr. Bu ýagdaýda elektrony ýokardaky rugsat edilen energiýa, derejä geçirmek üçin gadagan zologyň giňliginden az bolmadyk energiýa gerek bolýar. Bu hili kristallaryň elektrik häsiýetleri gadagan zologyň giňligi bilen kesgitlenilýär. Eger-de gadagan zologyň giňligi eW -yň ülüşlerinde bolsa ($0,1 \div 0,5$), onda elektronlaryň ýylylyk hereketi olary boş zolaga geçirip bilýär. Bu hili kristallara ýarymgeçirijiler degişlidir. Boş zolaga geçen elektronlar metaldaky, walent zologyndaky elektronlar ýaly bolýar. Ýagny bu ýagdaýda boş zolak geçiriji zolaga öwürülýär. Eger-de gadagan zologyň giňligi birnäçe eW bolsa, onda beýle kristallarda ýylylyk hereketi elektrony boş zolaga geçirip bilmeýär. Şeýle kristallara izolýator ýada dielektrik diýilýär. Şeýlelikde, kwant nazaryýeti gowy geçirijileri (metallar), ýarymgeçirijileri we dielektrikleri zolaklar nazaryýetiniň kömeginde doly düşündirilýär.

Walent zology elektronndan doly bolup, gadagan zologynyň giňligi uly bolmadyk ($\Delta E \div 1 eW$) maddalara ýarymgeçirijiler diýilýär. Ýarymgeçirijileriň hususy we garyndy geçirijiligi tapawutlandyrylýar. Hususy geçirijilik walent zologynyň ýokarky derejelerinden boş zolaga käbir elektronlaryň geçmegi bilen ýüze çykýar. Geçirijilik zologyna geçen elektronlar elektrigi äkidijiler bolup hyzmat edýär. Walent zologynda elektronyň boşadan ýerine deşik diýilýär. Hususy geçirijilikde deşikleriň sany bilen elektronlaryň sany özara deň bolýar.

Temperatura has ýokary bolanda, käbir elektronlar baglanyşykdan boşaýar. Boşan elektronlar kristalda erkin, bitertip hereket edýär. Elektronyň boşadan ornuna goňşy baglanyşyk elektronlaryň biriniň geçmegi bilen deşik hem bitertip süýşýär. Eger ýarymgeçirijä elektrik meýdany goýulsa, elektronlaryň we deşikleriň tertipli hereketi alynýar. Elektronlar meýdanyň garşysyna, deşikler meýdanyň ugruna hereket edýär. Netijede, hususy geçirijilikde elektrik akymy otrisatel we položitel zarýadlaryň (elektronlaryň we deşikleriň) kömeginde geçýär.

Garyndyly geçirijilik 4 walentli ýarymgeçiriji madda üç ýada baş walentli maddanyň az mukdary garylmagynda ýüze çykýar. Goý, dört walentli germaniý elementine baş walentli fosfor gary-

lypdyr diýeliň. Fosforyň atomyny germaniý atomy bilen kowalent baglanyşyga girmegi üçin 4 elektron ýeterlik. Fosforyň 5-nji walent elektrony boş galýar we kristalda daşarky meýdan täsir edýänçä bitertip hereket edýär. Şeýlelikde, bu hilli garyndyda elektrik äkidijiler bolup, elektronlar hyzmat edýär. Bu hilli ýarymgeçirijilere n-kysymly ýarymgeçirijiler diýilýär. Elektron geçirijiligi berýän garyndy atomlary donorlar diýilýär. Indi 4 walentli kremniý elementine 3 walentli bor garylýpdyr diýeliň. Bu ýagdaýda kremniý we bor atomlarynyň kowalent baglanyşykda bolmagy üçin bir elektron ýetmeýär. Ýagny bir sany deşik emele gelýär. Deşik kristalda bitertip hereket edýär. Bu ýagdaýda elektrigi geçiriji bolup, deşik hyzmat edýär. Beýle geçirijilige p-kysymly geçirijilik diýilýär. Deşik artykmaçlygyny döredýän atomlara akseptor diýilýär. Has ýokary temperaturada hususy we garyndyly geçirijilik bilelikde ýüze çykýar.

Ýarymgeçirijilerde “elektron-deşijek” jübütiniň rekombinasiýasy netijesinde ýagtylyk goýbermek mümkinçiligi ýüze çykýar. Bu hadysa energetiki nukdaýnazardan ýarymgeçirijilerdäki içki fotoeffekt hadysasyna ters hadysa bolýar. [Bilşimiz ýaly, içki fotoeffekt $E = h \cdot \nu$ energiýaly foton ýarymgeçirijä siňdirilmegi bilen ($E = \Delta E$ şertde) elektron walent zolagyndan (ΔE – gadagan zolagyň energiýasy) geçirijilik zolaga geçip, “elektron-deşijek” jübütiniň döremegi arkaly bolýar].

Ýarymgeçirijiniň ýagtylyk goýbermesi elektronyň geçirijilik zolagyndan walent zolagyna geçmegi bilen ýüze çykýar, ýagny “elektron-deşijek” rekombinasiýasy amala aşýar we

$$\Delta E = h \cdot \nu \quad (7.1)$$

energiýaly foton şöhlelendirilýär.

Rekombinirlenýän jübütleriň sanynyň ýeterlik bolmagy üçin p-kysymly we n-kysymly ýarymgeçirijileriň nusgalaryny sepelýärler. Belli bolşy ýaly, sepde esasy däl geçirijileriniň diffuziýasy netijesinde p-çäkdäki deşikler üçin potensial päsgelçilik döreýär.

Bu päsgelçiligiň ululygy, takmynan, ΔE deň bolýar. Sepe potensial päsgelçiligi kiçeldýän potensiallaryň tapawudyny goýup, [(p-n) geçelge] päsgelçilikden elektronlaryň we deşikleriniň geçmek ähti-

mallygyny artdyrmaklyk mümkin. Eger goýlan potensiallaryň tapawudy

$$U = \frac{\Delta E}{\ell} \quad (7.2)$$

deň bolsa, elektronlar we deşikler p-n geçelge çäkden hiç hili päsgelçiliksiz geçip bilýär. Bu ýagdaýda p-n geçelge çäginde elektron-deşik jübütleriň rekombinasiýasy üçin amatly şert döreýär we ýarymgeçirijili diod ýagtylyk goýberýär. (7.1) we (7.2) deňliklerden ýarymgeçirijili diodyň şöhlendirilýän fotonynyň energiýasy

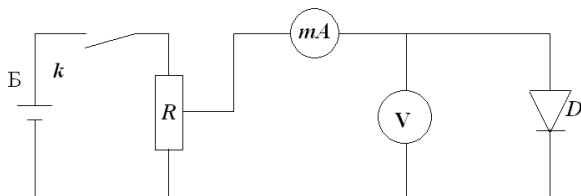
$$h \cdot \nu = \ell \cdot U \quad (7.3)$$

bolar. ℓ – elektronyň zarýady. Bu ýerden

$$h = \frac{\ell \cdot U}{\nu} \quad (7.4)$$

tejribäniň kömeginde U we ν kesgitlemek arkaly (7.4)-den Plankyň hemişeligini kesgitlep bolýar.

Işň ýerine ýetirilişi



7.5-nji surat

1. 7.5-nji suratdaky zynjyry ýygnamaly.
2. Ýagtylyk diodynyň wolt-amper häsiýetnamasyny almaly we grafik gurmaly.

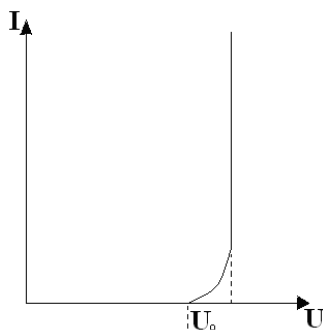
Ýagtylyk diodda elektrik togunyň birden artyp başlamagy

$$U_0 = \frac{\Delta E}{\ell}$$

bilen gabat gelýär. Mundan beýläk potensiallaryň tapawudynyň sähelçe artmagy elektrik togunyň has çalt artmagyna getirýär (7.6-njy

surat). Tok güýjüne proporsional ýagtylykda diodyň şöhlemenme kuwwaty hem artýar.

3. Ýagtylyk diodyň ýeterlik belli bir şöhlemenme kuwwatynda difraksiýa gözenegiň kömeginde onuň goýberýän ýagtylygynyň tolkun uzynlygyny kesgitlemeli we aşakdaky aňlatmadan ýygylgy kesgitlemeli.



7.6-njy surat

$$\nu = \frac{A}{\lambda}$$

c – ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi.

4. Plankyň hemişeligini kesgitlemek üçin

$$h = \frac{e \cdot U \cdot \lambda}{c} \text{ aňlatma peýdalanylmaly.}$$

Hasabat üçin soraglar:

1. Ýarymgeçirijilerde ýagtylyk şöhlemenmesi nähili ýüze çykýar?
2. Bu hadysany energiýanyň we impulsyň saklanma kanuny esasynda düşündiriň.
3. Ýarymgeçirijili ýagtylyk diodlaryny nirede ulanýarlar?
4. Işň ýerine ýetirilişini beýan etmeli.

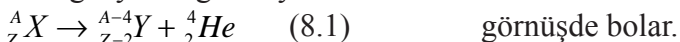
Alfa bölejikleriň erkin geçen ýoluny kesgitlemek

Gerekli enjamlar:

1. TISS – kysymly abzal.
2. Alfa bölejiklerini sanaýan hasaplaýjy.
3. Alfa – radioaktiw nusga.
4. Alfa – radioaktiw nusgany kabul edijä golaýlaşdyrýan (uzaklaşdyrýan) mikrometrik gurnama.

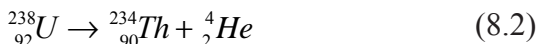
Gysgaça nazary maglumatlar

Radioaktiw nusganyň dargamasy



Bu ýerde X – dargayan (enelik) ýadronyň himiki belgisi; Y – dargama netijesinde täze emele gelen ýadronyň himiki belgisi; ${}_2^4He$ geliý atomynyň ýadrosynyň belgisi bolup, oňa α bölejik hem diýilýär. Ol iki sany protondan we iki sany neýtrondan ybarat bolan durnukly ulgamdyr.

Alfa – dargama, dargamada döreýän täze ýadronyň γ şöhlenmesi bilen birlikde amala aşýar. (8.1) aňlatmadan görnüşi ýaly, täze emele gelen ýadronyň atom tertip belgisi 2 birlige, massalar sany 4 birlige enelik ýadrosynyňkydan kiçi bolar. Mysal hökmünde uranyň ${}_{92}^{238}U$ izotopynyň α -dargama zerarly toriý ýadrosyna öwrülüşiňi görkezmek bolýar.



Dargama netijesinde ýadrodan aýrylan α - bölejikleriň (geliý ýadrosynyň) tizlikleri örän uly bolýar. ($10^7 \frac{m}{s}$), kinetik energiýasy birnäçe MeV tertipde α - bölejik maddanyň içinden geçende, öz energiýasyny kem-kemden ýitirýär we onuň tizligi maddanyň molekularynyň ýylylyk hereketiniň tizligine deňleşýär.

α bölejigiň energiýasy maddanyň molekularyny ionlaşdyrmaga ýa-da olary oýandyrylan hala geçirmäge sarp bolýar. α bölejik maddanyň içinden geçýän mahaly iki sany elektrony öz dartysy täsirine çekip, neýtral geliý atomyna öwrülýär. α bölejigiň neýtral geliý atomyna öwrülýänçä maddada geçen aralygyna onuň erkin geçen ýoly diýilýär. Eger α dargama howada amala aşýan bolsa, onda bir jübüt ion döretmek üçin 35 eV energiýa harçlanýar we ol neýtral geliý atomyna öwrülýänçä 10^5 jübüt ion döredip bilýär. Normal atmosfera basyşynda, howada α bölejigiň erkin geçen ýoly 2,5-3,5 sm deňdir. Gaty jisimlerde α bölejigiň erkin geçen ýoly 10^{-3} sm tertipde bolýar (hat ýazmak üçin niýetlenen kagyz α bölejigi doly togtadýar). α bölejigiň erkin geçen ýoly bilen onuň energiýasynyň arabaglanyşygy Geýgeriň empirik deňlemesi arkaly aňladylýar:

$$\langle l \rangle \approx k \cdot v^3 \approx a \cdot E^{\frac{3}{2}} \cdot m \quad (8.3)$$

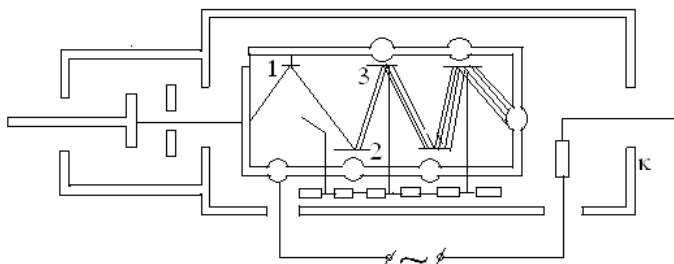
Bu ýerde $a = 30,7 \cdot 10^{-15} \text{ kg}^{\frac{3}{2}} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^3$

$$E = \sqrt[3]{\left(\frac{\langle l \rangle}{a}\right)^2} \text{ MeV} \quad (8.4)$$

α bölejikleriň döredýän impulsary ýörite hasaplaýjy gural arkaly kesgitlenilýär. Bu gural (8.1-nji suratda şekillendirilýär) lýuminescent ekrandan we fotoköpeldijiden ybaratdyr.

α bölejikler lýuminescent ekrana urlup, ýagtylyk ýylpyldysyny ýüze çykarýar. Bu ýüze çykan ýylpyldylar fotoköpeldijä düşüp güýçlendirilýär we hasaplaýja geçirilýär.

Fotoköpeldiji daşky fotoeffekt hadysasynyň esasynda işleýär.



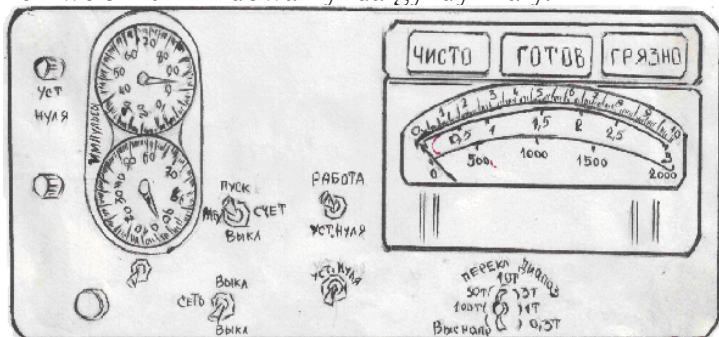
8.1-nji surat

Fotoköpeldiji içiniň howasy sorulyp çykarylan aýna gapjagazda katod (1) we birnäçe elektrod emitterler: (2,3,4, ... , 10) we anod (11) ýerleşdirilen radioelektron çyra şekilinde bolýar. Fotoköpeldijiniň her elektrod – emitteriniň potensialy ondan öňki elektrod-emitteriňkiden ýokarydyr. α bölejikleriň täsirinde lýuminescent ekranda döredilen ýagtylyk fotoköpeldijiniň katodyna düşüp, elektrony goparyp aýyrýar. Bu elektron elektrik meýdanynyň täsirinde tizlendirilen ikinji elektrod – emittere düşýär we ondan birnäçe elektronlary goparyp aýyrýar. Bu elektronlar hem elektrik meýdanynyň täsirinde tizlenip,

üçünji elektrod emittire düşýärler we her bir elektron ýene-de birnäçe elektrony goparyp aýyrýar. Bu hadysa elektronlar anoda barýança dowam edýär. Netijede, katoddan goparylyp aýrylan ýekeje elektron anoda barýança köpelişip, onuň sany ýüzlerçä ýetýär we uly elektrik akymynyň impulsyny döredýär.

Işň ýerine ýetirilişi

1. TUSS – radiometri üýtgeýän elektrik çeşmesine (220 W) birleşdirmeli we 5-10 min dowamynda gyzdymaly.



8.2-nji surat

2. “перекл.диапоз” öwürjini “выс.напр” ýagdaýa öwürmeli we fotoköpeldijä 1500 W naprýaženiýe bermeli (abzalyň aşaky görkezijisi boýunça almaly) (8.2-nji surat). (Bu iş mugallym tarapyndan ýerine ýetirilýär).

3. Mehaniki hasaplaýjyny (механики счетчик) nola goýmaly we tutguç 2-njini “работа” ýagdaýa geçirmeli.

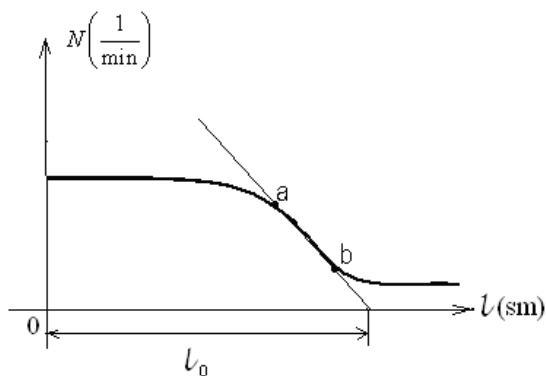
α bölekleriň çeşmesini lýumenissent ekrana iň golaý aralyga ýerleşdirmeli.

Sekundomeri we tutguç 1-i bir wagtda utgaşdymaly we 3 minut geçýänçä garaşmaly, soň olary ýazdymaly. Hasaplaýjydan impulsalaryň sanyny almaly.

Aralygy 0,5 sm artdymaly, ölçemäni gaýtalamaly, impulsalaryň sanyny hasapçydan almaly.

Aralygy her gezek 0,5 sm artdyryp, bölekleriň döredýän impulsary çürt -kesik azalýança ölçemäni dowam etmeli.

$N = f(l)$ baglanyşygyň grafigini gurmaly. Grafiğiň $(a - b)$ gö-nüçyzykly bölejigini dowam etdirmeli we l ok bilen kesişýän noka-dyndan α bölejikleriň erkin geçen ýoluny kesgitlemeli, tejribede al-nan netijeleri aşakdaky tablisa geçirmeli:



8.3-nji surat

T / No	$l(sm)$	$N(1/min)$	T / No	$l(sm)$	$N(1/min)$	\bar{l}	E
	$l(sm)$						
1	0		11	5			
2	0,5		12	5,5			
3	1		13	6			
4	1,5		14	6,5			
5	2		15	7			
6	2,5		16	7,5			
7	3		17	8			
8	3,5		18	8,5			
9	4		19	9			
10	4,5		20	9,5			

Hasabat üçin soraglar:

1. α bölejik diýlende näme göz önünde tutulýar?
2. α bölejigiň erkin geçen ýoly diýip näme aýdylýar?
3. α bölejigiň energiýasy nämä harçlanýar?
4. α fotoköpeldijiniň gurluşyny we işleýşini düşündirmeli.

Matematikadan käbir maglumatlar

Algebranyň we trigonometriýanyň käbir aňlatmalary

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_{1,2} = -\frac{P}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{P}{2}\right)^2 - q}$$

$$z = a + ib$$

$$z^* = a - ib$$

$$z = \rho (\cos \varphi + i \sin \varphi)$$

$$z^* = \rho (\cos \varphi - i \sin \varphi)$$

$$z = \rho \exp(i\varphi)$$

$$z^* = \rho \exp(-i\varphi)$$

$$|z| = \rho = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$zz^* = |z|^2$$

$$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \sin y \cos x$$

$$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$$

$$\sin(x - y) = \sin x \cos y - \sin y \cos x$$

$$\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$$

$$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$$

$$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$$

$$\sin^2 x = \frac{1}{2}(1 - \cos 2x)$$

$$\cos^2 x = \frac{1}{2}(1 + \cos 2x)$$

$$\sin ax \sin bx = \frac{1}{2} \cos(a-b)x - \frac{1}{2} \cos(a+b)x$$

$$\sin ax \cos bx = \frac{1}{2} \sin(a+b)x + \frac{1}{2} \sin(a-b)x$$

Differensial we integral hasaplama formulary

$$\frac{d(Uv)}{dx} = v \frac{dU}{dx} + U \frac{dv}{dx} \qquad \frac{d\left(\frac{U}{v}\right)}{dx} = v \frac{dU}{dx} - U \frac{dv}{dx} \frac{1}{v^2}$$

$$\frac{d(x^m)}{dx} = mx^{m-1} \qquad \frac{d(\exp(x))}{dx} = \exp(x)$$

$$\frac{d(\ln x)}{dx} = \frac{1}{x} \qquad \frac{d(a^x)}{dx} = a^x \ln a$$

$$\frac{d(\cos x)}{dx} = -\sin x \qquad \frac{d(\sin x)}{dx} = \cos x$$

$$\frac{d(\operatorname{ctgx})}{dx} = -\frac{1}{\sin^2 x} \qquad \frac{d(\operatorname{tgx})}{dx} = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$\int x^m dx = \frac{1}{m+1} x^{m+1} + c \quad (m \neq -1)$$

Takmynan hasaplamak üçin formulalar

Eger $a \ll 1$ bolsa onda hasaplamalarda aşakdaky formulalardan peýdalanmaly

$$\frac{1}{1 \pm a} \approx 1 \mp a; \qquad \frac{1}{\sqrt{1 \pm a}} \approx 1 \mp \frac{1}{2} a$$

$$(1 \pm a)^2 \approx 1 \pm 2a; \qquad \exp(a) \approx 1 + a$$

$$\sqrt{1 \pm a} \approx 1 \pm \frac{1}{2} a; \qquad \ln(1 + a) = a$$

Eger α burç kiçi ($\alpha < 5^0$ ýa-da $\alpha < 0,1rad$) we radianlarda aňladylan bolsa onda

$$\sin \alpha \approx tg \alpha \approx \alpha;$$

$$\cos \alpha \approx 1$$

Trigonometrik funksiýalar

Burçlar	Radianlar	sin	cos		
1	2	3	4	5	6
0°	0	0	1	1,5708	90°
1	0,0175	0,0175	0,9998	1,5533	89
2	0349	0349	9994	1,5359	88
3	0524	0523	9986	1,5184	87
4	0698	0698	9976	1,5010	86
5	0,0873	0,0875	0,9962	1,4835	85
6	1047	1051	9945	1,4661	84
7	1222	1228	9925	1,4486	83
8	1396	1405	9903	1,4312	82
9	1571	1584	9877	1,4137	81
10	0,1745	0,1763	0,9848	1,3963	80
11	1920	1944	9816	1,3788	79
12	2094	2126	9781	1,3614	78
13	2269	2309	9744	1,3439	77
14	2443	2493	9703	1,3265	76
15	0,2618	0,2679	0,9659	1,3090	75
16	2793	2867	9613	1,2915	74
17	2967	3057	9563	1,2741	73
18	3142	3249	9511	1,2566	72
19	3316	3443	9455	1,2392	71
20	0,3491	0,3640	0,9397	1,2217	70
21	3665	3839	9336	1,2043	69
22	3840	4040	9272	1,1868	68

23	4014	4245	9205	1,1694	67
24	4189	4452	9135	1,1519	66
25	0,4363	0,4663	0,9063	1,1345	65
26	4538	4877	8988	1,1170	64
27	4712	5095	8910	1,0996	63
28	4887	5317	8829	1,0821	62
29	5061	5543	8746	1,0647	61
30	0,5236	0,5774	0,8660	1,0427	60
31	5411	6009	8572	1,0297	59
32	5585	6249	8480	1,0123	58
33	5760	6494	8387	0,9948	57
34	5934	6745	8290	9774	56
35	0,6109	0,7002	0,8192	0,9599	55
36	6283	7265	8090	9425	54
37	6458	7536	7986	9250	53
38	6632	7813	7880	9076	52
39	6807	8098	7771	8901	51
40	0,6981	0,8391	0,7660	0,8727	50
41	7156	8693	7547	8552	49
1	2	3	4	5	6
42	7330	9004	7431	8377	48
43	7505	9325	7314	8203	47
44	7679	9656	7193	8029	46
45	7854	1,0000	7071	7854	45
		sin	cos	Radianlar	Burçlar

Sanlaryň kwadraty (n^2); kwadrat kökler (\sqrt{n}); ters ululyklar
 $\left(\frac{1}{n}\right)$; $\frac{\pi n}{180}$ burçlary gradus ölçeginde radianlara geçirmek üçin

n	(n^2)	(\sqrt{n})	$\left(\frac{1}{n}\right)$	$\frac{\pi n}{180}$
1	2	3	4	5
1	1	1,000	1,0000	0,0175
2	4	1,414	0,5000	0,0349
3	9	1,732	0,3333	0,0524
4	16	2,000	0,2500	0,0698
5	25	2,236	0,2000	0,0873
6	36	2,449	0,1667	0,1047
7	49	2,646	0,1429	0,1222
8	64	2,828	0,1250	0,1396
9	81	3,000	0,1111	0,1571
10	100	3,162	0,1000	0,1745
11	121	3,317	0,0909	0,1920
12	144	3,464	0,0833	0,2094
13	169	3,606	0,0769	0,2269
14	196	3,742	0,0714	0,2443
15	225	3,837	0,0667	0,2618
16	256	4,000	0,0625	0,2793
17	289	4,123	0,0588	0,2967
18	324	4,243	0,0556	0,3142
19	361	4,359	0,0526	0,3316
20	400	4,472	0,0500	0,3491
21	441	4,583	0,0476	0,3665
22	484	4,690	0,0455	0,3840
23	529	4,796	0,0435	0,4014
24	576	4,899	0,0417	0,4189

1	2	3	4	5
25	625	5,000	0,0400	0,4363
26	676	5,099	0,0385	0,4538
27	729	5,196	0,0370	0,4712
28	784	5,292	0,0357	0,4887
29	841	5,385	0,0345	0,5061
30	900	5,477	0,0333	0,5236
31	961	5,568	0,0323	0,5411
32	1024	5,657	0,0313	0,5585
33	1089	5,745	0,0303	0,5760
34	1156	5,831	0,0294	0,5934
35	1225	5,916	0,0286	0,6109
36	1296	6,000	0,0278	0,6283
37	1369	6,083	0,0270	0,6458
38	1444	6,164	0,0263	0,6632
39	1521	6,245	0,0256	0,6807
40	1600	6,325	0,0250	0,6981
41	1681	6,403	0,0244	0,7156
42	1764	6,481	0,0238	0,7330
43	1849	6,557	0,0233	0,7505
44	1936	6,633	0,0227	0,7679
45	2025	6,708	0,0222	0,7854
46	2116	6,782	0,0217	0,8029
47	2209	6,856	0,0213	0,8203
48	2304	6,928	0,0208	0,8378
49	2401	7,000	0,0204	0,8552
50	2500	7,071	0,0200	0,8727
51	2601	7,141	0,0196	0,8901
52	2704	7,211	0,0192	0,9076
53	2809	7,280	0,0189	0,9250

1	2	3	4	5
54	2916	7,348	0,0185	0,9425
55	3025	7,416	0,0182	0,9599
56	3136	7,483	0,0179	0,9774
57	3249	7,550	0,0175	0,9948
58	3364	7,616	0,0172	1,0123
59	3481	7,681	0,0169	1,0297
60	3600	7,746	0,0167	1,0472
61	3721	7,810	0,0164	1,0650
62	3844	7,874	0,0161	1,0820
63	3969	7,937	0,0159	1,1000
64	4096	8,000	0,0156	1,1170
65	4225	8,062	0,0154	1,1340
66	4356	8,124	0,0152	1,1520
67	4489	8,185	0,0149	1,1690
68	4624	8,246	0,0147	1,1870
69	4761	8,307	0,0145	1,2040
70	4900	8,367	0,0143	1,2220
71	5041	8,426	0,0141	1,2390
72	5184	8,485	0,0139	1,2570
73	5329	8,544	0,0137	1,2740
74	5476	8,602	0,0135	1,2920
75	5625	8,660	0,0133	1,3090
76	5776	8,718	0,0132	1,3260
77	5929	8,775	0,0130	1,3440
78	6084	8,832	0,0128	1,3610
79	6241	8,888	0,0127	1,3790
80	6400	8,944	0,0125	1,3960
81	6561	9,000	0,123	1,4140
82	6724	9,055	0,0122	1,4310
83	6889	9,110	0,0120	1,4490

1	2	3	4	5
84	7056	9,165	0,0119	1,4660
85	7225	9,220	0,0118	1,4840
86	7396	9,274	0,0116	1,501
87	7569	9,327	0,0115	1,518
88	7744	9,381	0,0114	1,536
89	7921	9,434	0,0112	1,5530
90	8100	9,487	0,0111	1,5710
91	8281	9,539	0,0110	1,5880
92	8464	9,592	0,0109	1,6060
93	8649	9,644	0,0108	1,6230
94	8836	9,695	0,0106	1,6410
95	9025	9,747	0,0105	1,6580
96	9216	9,798	0,0104	1,6760
97	9409	9,849	0,0103	1,6930
98	9604	9,899	0,0102	1,7110
99	9801	9,950	0,0101	1,7280
100	10000	10,000	0,0100	1,7450

Fiziki ululyklaryň ölçeg birlikleri barada maglumatlar
Halkara birlikler ulgamynda hususy atlary bolan fiziki ululyklar

Ululyk	Ölçeg birligi		
	ady	belgisi	
		türkmençe	halkara
1	2	3	4
Uzynlyk	metr	m	m
Massa	kilogram	kg	kg
Wagt	sekunt	s	s
Tekiz burç	radian	rad	rad
Jisim burç	steradian	sr	sr
Güýç, agram	nýuton	N	N

1	2	3	4
Basyş	paskal	Pa	Pa
Zor (mehaniki)	paskal	Pa	Pa
Maýyşgaklyk moduly	paskal	Pa	Pa
Maddanyň mukdary	mol	mol	mol
Iş, energiýa	joul	J	J
Kuwwat	watt	Wt	W
Ýygylyk	gers	Gs	Hz
Temperatura	kelwin	K	K
Ýylylyk mukdary	joul	J	J
Elektrik zarýady	kulon	Kl	C
Tok güýji	amper	A	A
Elektrik meýdanynyň potensiýaly:			
Napryženiýesi	wolt	W	V
Elektrik sygymy	farad	F	F
Elektrik garşylygy	om	Om	Ω
Elektrik geçirijiligi	simens	Sm	S
Magnit induksiýasy	tesla	Tl	T
Magnit akymy	weber	Wb	Wb
Induktiwlik	genri	Gn	H
Ýagtylyk güýji	kandela	kd	cd
Ýagtylyk akymy	lýumen	lm	lm
Ýagtylandyryş	lýuks	lk	lk
Şöhlemenme akymy	watt	Wt	W
Şöhlemenmäniň mukdary (dozasy)	greý	Gr	Gy
Izotopyň işjeňligi (aktiwligi)	bekkerll	Bk	Bq

**Fiziki ululyklaryň birlikleriniň onluga kratnyý hem-de onlugyň
ülüşlerine köpeldilip alynmalarynyň atlandyrylyşy**

Ýazylyşy	ady	belgisi	mysal	belgisi
1	2	3	4	5
10^{18}	eksa	E	eksametr	Em
10^{15}	peta	P	petagers	PGs
10^{12}	tera	T	terajoul	TJ
10^9	giga	G	giganýuton	GN
10^6	mega	M	megaom	MOm
10^3	kilo	k	kilometr	km
10^2	geкто	g	gektowatt	gWt
10^1	deka	da	dekalitr	dal
10^{-1}	desi	d	desimetr	dm
10^{-2}	santi	s	santimetr	sm
10^{-3}	milli	m	milliamper	mA
10^{-6}	mikro	mk	mikrowolt	mkW
10^{-9}	nano	n	nanosekunt	ns
10^{-12}	piko	p	pikofarada	pF
10^{-15}	femto	f	femtogramm	fg
10^{-18}	atto	a	attokulon	aKl

Latyn elipbiýi

1	2	3	4
A a	a	N n	en
B b	be	O o	o
C c	se	P p	pe
1	2	3	4
D d	de	Q q	ku
E e	e	R r	er
F f	ef	S s	es

1	2	3	4
G g	ge (že)	T t	te
H h	ha (aş)	U u	u
I i	i	V v	we
J j	ýot (ži)	W w	duble-we
K k	ka	X x	iks
L l	el	Y y	igrek
M m	em	Z z	zet

Grek elipbiyi

1	2	3
A, α alfa	I, ι ýota	P ρ ro
B, β beta	K, χ kappa	Σ, σ sigma
Γ, γ gamma	Λ, λ lýambda	T, τ tau
Δ, δ delta	M, μ mýu	Y, υ ipsilon
E, ε epsilon	N, ν nýu	Φ, ϕ fi
Z, ξ dzeta	Ξ, ζ ksi	X, x hi
H, η eta	O, o omikron	Ψ, ψ psi
$\Theta, \vartheta, \theta$ teta	Π, π pi	Ω, ω omega

Halkara birlikler ulgamy bilen bir hatarda ulanmaga hukukly ölçeg birlikleri

1	2	3	4
Ululyk	ady	belgisi	HU bilen gatnaşygy
massa	tonna	t	$10^3 kg$
	massanyň atom	m.a.b.	$1,66 \cdot 10^{-27} kg$

1	2	3	4
	birliği		
göwrüm	litr	1	$10^{-3}m^3$
tekiz burç	gradus	\dots^0	$1,74 \cdot 10^{-2} rad$
	minut	\dots'	$2,91 \cdot 10^{-4} rad$
	sekunt	\dots''	$4,85 \cdot 10^{-6} rad$
iş, energiýa	elektron-wolt	eW	$1,6 \cdot 10^{-19} J$
temperatura	gradus selsiýa	0I	10C 10K

**Halkara birlikler ulgamy bilen halkara birlikler ulgamyna girmeyän
ölçeg birlikleriniň özara gatnaşygy**

1	2
Uzynlyk	1 angstrom (\AA^0) = $10^{-10} m$ 1 gije-gündiz = 86400 s
Wagt	1 ýyl= 365,25 gije-gündiz = $3,16 \cdot 10^7 s$
Tekiz burç	$1^0 = \pi / 180 rad = 1,75 \cdot 10^{-2} rad$ $1' = \pi / 180 \cdot 10^{-2} rad = 2,91 \cdot 10^{-4} rad$ $1'' = \pi / 648 \cdot 10^{-3} rad = 4,85 \cdot 10^{-6} rad$
Göwrüm	$1l = 10^{-3} m^3$
Massa	$1t = 10^3 kg$ 1 m.a.b. = $1,66 \cdot 10^{-27} kg$
Güýç	1 kG = 9,81 H
Iş, energiýa	$1 kG \cdot m = 9,81 J$ 1 Wt . sag = $3,6 \cdot 10^3$ J 1 eW = $1,6 \cdot 10^{-19} J$

1	2
Kuwwat	1 at g. = 736 Wt
Basyş	1 mm.sim.süt. =133 Pa 1 bar = 10^5 Pa 1 atm = $1,01 \cdot 10^5$ Pa
Mehaniki güýjenme (zor)	1 kG/mm ² = 9,81.106 Pa
Aýlaw ýygylygy	1 aýl/min = 1/60 c-1
Tolkun sany	1 sm ⁻¹ = 100 m ⁻¹
Bölejikleriň göwrüm birligindäki sany	1 sm ⁻³ = 106 m ⁻³
Ýylylyk (ýylylyk mukdary)	1 kal = 4.19 J 1 kkal = $4.19 \cdot 10^3$ J
Dipolyň elektrik momenti	1 D = $3.34 \cdot 10^{30}$ Kl.m
Udel elektrik garşylygy	1 Om mm ² /m= 10^{-6} Om m
Magnit induksiýasy	1 Gauss = 10^{-4} Tl
Magnit akymy	1 Mks = 10^{-8} Wb
Magnit meýdanynyň güýjenmesi	1 ε = 79,6 A/m
Ýagtylandyrylyş	1 fot = 104 lk
Rentgen we gamma şöhlemenmäniň ekspozisiýalaýyn mukdary (dozasy)	1 R = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Kl/kg
Rentgen we gamma şöhlemenmäniň ekspozisiýalaýyn mukdarynyň (dozasynyň) kuwwaty	1 R/s = $2,58 \cdot 10^{-4}$ A/Kg
Radioaktiw çeşmedäki nuklidiň işjeňligi (aktiwligi)	1 dargama/s = 1 Bk 1Ki = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bk

Fiziki ululyklaryň tablisalary

Astronomik ululyklar

1-nji tablisa

Kosmiki jisim	Orta radiusy m	Massasy kg	Orta dykzlygy 103 kg/m3	Öz okunyň daşynda aýlanma periody gije-gündiz
1	2	3	4	5
Gün	6,95	$1,97 \cdot 10^{30}$	1,41	25,4
Ýer.	6,37	$5,96 \cdot 10^{24}$	5,52	1,00
Aý..	$1,74 \cdot 10^6$	$7,3 \cdot 10^{22}$	3,30	27,3

Gün ulgamynyň planetalary	Günden orta uzaklygy 10^6 km	Günüň daşyndan aýlanma periody ýyllarda
Merkuriý	57,87	0,241
Wenera	108,50	0,615
Ýer	149,5	1,00
Mars	227,79	1,881
Ýupiter	777,8	11,862
Saturn	1426,1	29,458
Uran	2867,7	84,013
Neptun	4494	164,79
Pluton	9508	248,43

Maddalaryň dykzlygy (15-20°S temperaturada)

2-nji tablisa

Gaty jisimler	$10^3 \frac{kg}{m^3}$	Suwuklyklar	$10^3 \frac{kg}{m^3}$
1	2	3	4
Almaz	3,1	Benzol	

1	2	3	4
Alýuminiý	2,7	Benzin	
Beton	2,2	Gliserin	
Wolfram	19,1	Kastor ýagy	
Gury agaç	0,7	Kerosin	
Galaýý	7,4	Spirt	
Demir (polat çöýun)	7,8	Skipidar	
Grafit	1,6	Efir	
Altyn	19,3	Simap	
Kadmiý	8,65		
Kobalt	8,9	Gazlar (kadaly şertde)	$\frac{kg}{m^3}$
Buz	0,916		
Mis	8,9	Azot	1,25
Molibden	10,2	Argon	1,78
Nikel	8,9	Ammiak	0,77
Platina	21,5	Wodorod	0,09
Probka	0,2	Kislorod	1,43
Gurşun	11,3	Kömürturşy gazy	1,98
Kümüş	10,5	Geliý	0,18
Titan	4,5	Metan	0,72
Uran	19,0	Howa	1,29
Farfor	2,3	Hlor	3,21
Sink	7,0		
Aýna	2,7		

Gaty jisimleriň maýyşgaklyk hemişelikleri
(15-20°S temperaturada)

3-nji tablisa

Maddalar	Ýunguň moduly 10⁹ Pa	Süýşme moduly 10⁹ Pa	Puassonyň koef-ti	Berklik çägi 10⁹ Pa	Gysylma koef-ti 10⁹ Pa
Alýuminiý	70	26	0,34	0,1	0,014
Mis	130	40	0,34	0,3	0,007
Gurşun	16	5,6	0,44	0,015	0,022
Demir (polat)	200	81	0,29	0,6	0,006
Aýna	60	30	0,25	0,05	0,025
Kümüş	74	27	-	-	-
Wolfram	380	140	-	-	-

Jisimleriň ýylylykda (termiki) giňelme koeffisiýenti

4-nji tablisa

Gaty jisim	Uzynlygyna giňelme koef-ti 10⁻⁶ K⁻¹	Suwuklyk	Göwrümine giňelme koef-ti 10⁻⁴ K⁻¹
Alýuminiý	22,9	Gliserin	5,0
Latun	18,9	Kerosin	10,0
Mis	16,7	Suw	1,5
Demir (polat)	11	Simap	1,8
Galaýy	21	Spirt	11,0
Gurşun	29	Efir	17,0
Kümüş	19	Nebit	10,0
Sink	26		
Aýna	8,50		

Gazlaryň hemişelikleri (kadaly şertde)

5-nji tablisa

Gaz	Ýylylyk geçirijilik $\frac{mWt}{m \cdot K}$	Dinamiki şepbeşiklik $mkPa \cdot s$	Effektiv Diametr nm	Wan-der-Waalsyň hemişelikleri	
				a $\frac{N \cdot m^4}{mol}$	b $\frac{m^3}{mol} 10^{-5}$
Azot	24,3	16,6	0,38	0,135	3,86
Argon	16,2	21,5	0,35	0,134	3,22
Wodorod	168,4	8,66	0,28	0,024	2,7
Geliý	142	18,9	0,22	-	-
Kislorod	24,4	19,8	0,36	0,136	3,17
Suw bugy	15,8	8,32	0,30	0,545	3,04
Howa	24,1	17,2	0,35	-	-

Suwuklyklaryň hemişelikleri (kadaly şertde)

6-njy tablisa

Suwuklyk	Udel ýylylyk sygymy $\frac{kJ}{kg \cdot K}$	Dinamiki şepbeşiklik koef- fisiýenti $mPa \cdot s$	Üst dartuw koef- fisiýenti mN/m
Aseton	2,16	0,322	23,3
Benzin	2,09	-	
Benzol	-	0,648	28,9
Gliserin	2,39	1480	62
Kerosin	2,1	-	30
Simap	0,138	1,554	5
Suw	4,19	1,002	73
Kastor ýagy	1,8	987	-
Maşyn ýagy	1,67	100	-
Spirt	2,39	1,2	22
Sabyňly suw ergini(1)	-	-	40

Sesiň ýaýrama tizligi

7-nji tablisa

Madda	m/s	Madda	m/s
Agaç	4000	Aýna	5000
Probka	500	Gurşun	1300
Rezin	54	Suw (0° S)	1485
Demir (polat)	5100	Wodorod (0 ° S)	1286
Howa (0° S)	331.8	Uglerodyň ikili okisi (0° S)	258

Maddalaryň dielektrik syzyjylygy (ε)

8-nji tablisa

Dielektrik		Dielektrik	
Suw	81	Slýuda	7,5
Howa	1,006	Spirt	26
Kerosin	2	Aýna	6
Parafin	2	Farfor	5
Polietilen	2,3	Ebonit	3

Geçirijileriň udel garşylygy we termiki koeffisiýenti

9-njy tablisa

Madda	p $nOm \cdot m$	α $10^{-3} \cdot K^{-1}$	Madda	p $nOm \cdot m$	α $10^{-3} \cdot K^{-1}$
Alýuminý	26	3,6	Wolfram	50	4,8
Mis	17	4,2	Grafit	3900	80
Nikel	420	0,1	Altyn	20	4,0
Kümüş	16	4,0	Demir	98	4,2
Nihrom	110	0,1	Gurşun	2100	4,0

Spektriň görnüşän böleginiň tolkun uzynlyklary

10-njy tablisa

Reňki	Tolkun uzynlygy \AA^0	Reňki	Tolkun uzynlygy \AA^0
Melewşe	3800 - 4500	Sary-ýaşyl	5500 - 5750
Gök	4500 - 4800	Sary	5750 - 5850
Mawy	4800 - 5100	Mämişi	5850 - 6200
Ýaşyl	5100 - 5500	Gyzyl	6200 - 7600

Maddalaryň döwme görkezijisi

11-nji tablisa

Almaz	2,42	Buz	1,31
Suw.	1,33	Skipidar (20°C)	1,47
Giliserin	1,47	Etil spirti	1,36
Daş duzy.	1,54	Aýna	1,5
Kwars.	1,54	Kükürtturşyuglerod	1,63

Metallardan elektronlaryň çykyş işi (eW)

12-nji tablisa

Wolfram	4,5	Nikel	5,0
Demir.	4,74	Platina	5,29
Altyn	4,68	Simap	4,52
Kaliý	2,0	Rubidiý	2,13
Litiý	2,4	Kümüş	4,74
Magniý	3,46	Tantal	4,07
Mis	4,47	Seziý	1,97
Molibden	4,2	Sink	4,0
Natriý	2,3		

Käbir elementar bölejiklerin massasy we energiýasy

13-nji tablisa

Bölejik	Massasy		Energiýasy	
	Kg	m.a.b	J	MeW
Elektron	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,18 \cdot 10^{-14}$	0,511
Proton	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,5 \cdot 10^{-10}$	938
Neýtron	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,5 \cdot 10^{-10}$	939
Deýton	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,0 \cdot 10^{-10}$	1876
- bölejik	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$1,5 \cdot 10^{-10}$	3733

Käbir radioaktiv maddalaryň ýarymdargama periody

14-nji tablisa

Aktiniý	$^{225}_{89}Ac$	10-gije-gündiz	Radon	$^{222}_{86}Rn$	3,5-gije-gündiz
Ýod	$^{131}_{58}I$	8 -gije-gündiz	Stronsiý	$^{90}_{38}Sr$	28 ýyl
Iridiý	$^{192}_{77}Ir$	75-gije-gündiz	Toriý	$^{229}_{90}Th$	$7 \cdot 10^3$ ýyl
Kobalt	$^{60}_{27}Co$	3,5 ýyl	Toriý	$^{232}_{90}Th$	$1,39 \cdot 10^{11}$ ýyl
Magniý	$^{27}_{13}Mg$	10 min	Uran	$^{238}_{92}U$	$4,5 \cdot 10^8$ ýyl
Radiý	$^{219}_{88}Ra$	10^{-3} s	Uran	$^{235}_{92}U$	$7,1 \cdot 10^8$ yl
Radiý	$^{226}_{88}Ra$	$1,62 \cdot 10^3$ ýyl	Fosfor	$^{32}_{15}P$	14,3 gije-gündiz
Poloniý	$^{210}_{84}Pa$	138/-gije-gündiz	Natriý	$^{22}_{11}Na$	2,6 ýyl

Käbir izotoplaryň massalary (massanyň atom birligi)

15-nji tablisa

Element	Izotop	Massa	Element	Izotop	Massa
1	2	3	4	5	6
Neýtron	n	1,000367	Berilliý	7Be	7,01693
Wodorod	1H	1,00783		9Be	9,01219
	2H	2,01410		^{10}Be	10,01354

15-nji tablisanyň dowamy

1	2	3	4	5	6
	3H	3,01605	Bor	9B	9,01333
Geliý	3He	3,01603		^{10}B	10,01294
	4He	4,00260		^{11}B	11,00931
Litiý	2Li	6,01513	Natriý	^{22}Na	21,99444
	7Li	7,01601		^{23}Na	22,98977
Uglerod	^{10}C	10,00168	Magniý	^{23}Mg	22,99414
	^{12}C	12,00000	Alýuminiý	^{10}Be	10,01354
	^{13}C	13,00335	Kremniý	^{31}Si	30,97535
	^{14}C	14,00324	Fosfor	^{31}P	30,97376
Azot	^{13}N	13,00574	Kaliý	^{41}K	40,696184
	^{14}N	14,00307	Kalsiý	^{44}Ca	43,95549
	^{15}N	15,00011	Gurşun	^{206}Pb	205,97446
Kislород	^{16}O	15,99491	Poloniý	^{210}Po	209,98297
	^{17}O	16,99913	Ftor	^{19}F	18,99840
	^{18}O	17,9916	Elektron		0,00055

Periodlar	D.I.Mendeleyevin himiki elementlerin periodik sistemasy										VIII		Terip sany
	I		II	III	IV		V	VI	(H)	2	He		
1	H 1,00794 Wodород												
2	Li 6,941 Litiy	Be 9,01218 Berilliy	B 10,81 Bor	C 12,011 Uglerod	N 14,0067 Azot	O 15,999 Kislorod				9 18,998 Ftor	10 20,17 Neon		
3	Na 22,989 Natriy	Mg 24,305 Magniy	Al 26,981 Aluminiy	Si 28,086 Kremniy	P 30,974 Fosfor	S 32,064 Kükürt				17 35,453 Ilor	18 39,948 Argon		
4	K 39,098 Kalii	Ca 40,078 Kalsiy	Sc 44,956 Skandiy	Ti 47,90 Titan	V 50,94 Wanadiy	Cr 51,996 Hrom				25 54,938 Marganes	26 55,847 Demir		
5	Zn 65,38 Mik	Cu 63,546 Mik	Ga 69,72 Galliy	Ge 72,59 Germaniy	As 74,922 Miyayok	Se 78,96 Selen				35 79,904 Brom	36 83,80 Kripton		
6	Rb 85,468 Rubidiy	Sr 87,62 Stronsiy	Y 88,906 Ittriy	Zr 91,22 Sirkoniy	Nb 92,906 Niobiy	Mo 95,94 Molibden				43 98,906 Tehnesiy	44 101,67 Ruteniy		
7	Cs 132,905 Sesiy	Ba 137,33 Bariy	La* 138,905 Lantan	Hf 178,49 Gafniy	Ta 180,947 Tantal	W 183,85 Volfram				53 126,904 Yod	54 131,30 Ksenon		
	Au 196,966 Alfiy	Hg 200,59 Simap	Tl 204,38 Talliy	Pb 207,2 Kursum	Bi 208,980 Vismut	Po 209 Poloni				75 186,207 Reni	76 190,23 Osmiy		
	Fr 223 Fransiy	Ra 226,025 Radiy	Ac** 227 Aktiniy	Rf 261 Riforfordiy	Db 262 Dubniy	Sg 266 Siborgiy				107 267 Boriy	108 278 Hassiy		
	Rg 280 Rentgeniy	Uub 286 Ununbiy	Uut 288 Ununtriy	Uug 289 Ununquadiy	Uup 291 Ununpentiy	Uuh 293 Ununheksiy				117 293 Ununseptiy	118 295 Ununoktiy		
* Lantanoidler													
Ce 140,12 Seri	Pr 140,908 Praseodim	Nd 144,24 Neodim	Pm 145 Prometi	Sm 150,4 Samar	Gd 157,25 Gadoliniy	Tb 158,925 Terbiy				67 140,905 Goliniy	68 167,26 Erbiy		
Th 232,038 Toriy	Pa 231,036 Protaktiniy	U 238,029 Uran	Np 237,048 Neptuniy	Pu 244 Plutoni	Am 243 Amerisiy	Bk 247 Berkli				99 254 Eksimiy	100 257 Fermiy		

Terip sany

47

Ag

107,868

Kümüs

Oxosilet atom massasy

107,868

Ady

28

Ni

58,70

Nikel

27

Ni

58,933

Nikel

E – s elementler

Co

26

Fe

55,847

Demir

25

Mn

54,938

Marganes

35

Br

79,904

Brom

42

Mo

95,94

Molibden

52

Te

127,60

Tellur

74

W

183,85

Wolfram

85

At

210

Astat

106

Bh

264

Boriy

116

Uuh

293

Ununheksiy

117

Uus

295

Ununseptiy

118

Uuo

295

Ununoktiy

E – p elementler

Rh

45

Pd

106,4

Palladiy

43

Ru

98,906

Ruteniy

54

Xe

131,30

Ksenon

76

Os

190,23

Osmiy

77

Pt

195,08

Platina

86

Rn

222

Radon

109

Ds

282

Darmstadtiy

110

Ds

282

Darmstadtiy

118

Uuo

295

Ununoktiy

E – d elementler

Rh

45

Pd

106,4

Palladiy

43

Ru

98,906

Ruteniy

54

Xe

131,30

Ksenon

76

Os

190,23

Osmiy

77

Pt

195,08

Platina

86

Rn

222

Radon

109

Ds

282

Darmstadtiy

110

Ds

282

Darmstadtiy

118

Uuo

295

Ununoktiy

E – f elementler

Rh

45

Pd

106,4

Palladiy

43

Ru

98,906

Ruteniy

54

Xe

131,30

Ksenon

76

Os

190,23

Osmiy

77

Pt

195,08

Platina

86

Rn

222

Radon

109

Ds

282

Darmstadtiy

110

Ds

282

Darmstadtiy

118

Uuo

295

Ununoktiy

*** Lantanoidler

Ce

58

Pr

59

Nd

60

Pm

61

Sm

62

Eu

63

Gd

64

Tb

65

Dy

66

Ho

67

Er

68

Tm

69

Yb

70

Lu

71

*** Aktinoidler

Th

90

Pa

91

U

92

Np

93

Pu

94

Am

95

Cm

96

Bk

97

Cf

98

Es

99

Fm

100

Md

101

(No)

102

(Lr)

103

Bellik: 112-118 elementlere degisiq masgumatlar qutarniykly dal

Esasy fiziki hemişelikler

1	2
Erkin gaçmanyň tizlenmesi	$g = 9,81 m / s^2$
Grawitasiýa hemişeligi	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} m^3 / s^2$
Awogadro hemişeligi	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} 1 / mol$
Uniwersal gaz hemişeligi	$R = 8,31 J / min K$
Bolsmanyň hemişeligi	$K = 1,38 \cdot 10^{-23} J / K$
Faradeýiň hemişeligi	$F = 9,65 \cdot 10^7 Kl / min$
Stefanyň-Bolsmanyň hemişeligi	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W / m^2 K^4$
Winiň süýşmek kanunynyň hemişeligi	$2 = 2,9 \cdot 10^{-3} m$
Plankyň hemişeligi	$h = 6,625 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34} J \cdot s$
Ridbergiň hemişeligi	$R = 3,29 \cdot 10^{15} s^{-1}$
Ýagtylygyň wakuumda ýaýrama tizligi	$C = 3 \cdot 10^8 m / s$
Massanyň atom birligi	$1 m.a.b. 1,66 \cdot 10^{-27}$
Elektronyň massasy	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} kg$
Elementar zarýad	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} Kl$
Bor boýunça wodorod atomynyň esasy halyndaky elektronyň orbitasynyň radiusy	$a_0 = 5,29 \cdot 10^{-11} m$
Elektronyň Kompton boýunça tolkun uzynlygy	$\lambda_k = 2,43 \cdot 10^{-12} pm$
Elektrik hemişeligi	$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \Phi / m$
Magnit hemişeligi	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \Gamma_H / m$

EDEBIÝATLAR

1. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistanda saglygy goraýşy ösdürmegiň ylmy esaslary. – A. TDNG, 2007.
2. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhbelentligiň ýurdy. – A. TDNG, 2007.
3. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Döwlet adam üçindir. – A. TDNG, 2008.
4. *Gurbanguly Berdimuhamedow*. Türkmenistanyň Beýik Galkynyş eýýamynyň Kosititusiýasy hakynda. – A. TDNG, 2008.
5. *Савельев И.В.* Курс общей физики. Т.1.2.3. – М. 1989.
6. *Сивухин Д.В.* Общей курс физики. Т.1.2.3.4.5. – М. 2002.
7. *Гершензон Е.М.* и др. Курс общей физики. – М. 1992.
8. *Яворский Б.М.* и др. Курс физики. Т.1.2.3. – М. ВШ-1977.
9. *Кухлинг Х.* Справочник по физике – М. Мир.1982.
10. *Цедрик М.С.* и др. Сборник задач по курсу общей физики. – М. “Просвещение”-1989.
11. *Трофимова Т.И.* Курс физики. М. ВШ-1985.
12. Физический практикум. под. ред. проф. Ивероновой В.И., М. Л-1951.
13. *Кортнев А.В., Рублев Ю.В., Куценко А.Н.* Практикум по физике. – М. “Высшая школа” 1963.
14. *Майсова Н.Н.* Практикум по курсу общей физики. М. “Высшая школа”, 1970.
15. *Çaryýew A.* Fizikanyň esasy kanunlary. – A. TDNG. 2004.
16. *Allakow Ö., Gurbangeldiýew Ç.* Mehanika. – A. TDNG. 2006.
17. *Nurgeldiýew A., Bekmyradow Ö., Akmyradow B.* Molekulýar fizika we termodinamika. – A. TDNG. 2006.
18. *Gurbanmuhammedow A.* Elektrik we magnit hadysalary. – A. TDNG. 2006.
19. *Ataýew A.* Atom we ýadro fizikasy. – A. TDNG. 2006.
20. *Awliýakuliýew J., Ataýew G.* Kwant fizikasy. – A. TDNG. 2008.

MAZMUNY

Sözbaşy	7
Tejribe işlerine taýýarlyk we olary ýerine ýetirmek boýunça maslahatlar .	9
Fiziki ululyklaryň ortaça bahasy. Ölçemeleriň absolýut we göräli ýalňyşlyklary	9

Birinji bölüm. Optikadan tejribe işleri

Fotometriýanyň käbir kanunlaryny öwrenmek	14
Ýygnaýjy we dargadyjy linzalaryň baş fokus aralygyny kesgitlemek . .	21
Linzanyň sferik we hromatik aberrasiýasyny kesgitlemek	30
Mikroskopyň kömegi bilen aýnanyň döwürme görkezijisini kesgitlemek	36
Freneliň biprizmasynyň kömegi bilen ýagtylygyň tolkun uzynlygyny hasaplamak	38
Nýutonyň interferensiýa halkalarynyň kömegi bilen linzanyň egirlik radiusyny kesgitlemek	45
Difraksiýa gözenegiň kömegi bilen ýagtylygyň tolkun uzynlygyny kesgitlemek	50
Refraktometriň kömegi bilen gant ergininiň döwürme görkezijisini we ergindäki gandyň konsentrasiýasyny kesgitlemek	56
Ýagtylygyň polýarlanma tekizliginiň erginde aýlanmagyny öwrenmek we erginde gandyň konsentrasiýasyny kesgitlemek	64
Erginleriň konsentrasiýasyny kesgitlemek üçin interferometriň ulanylyşy	66
Fotometriň kömegi bilen gaty we suwuk jisimleriň ýagtylygy içinden geçirme koeffisiýentini ölçemek	73
Kolorimetriň kömegi bilen erginleriň ýagtylyk geçirijilik koeffisiýentini we konsentrasiýasyny ölçemek	83

Ikinji bölüm. Kwant fizikasyndan tejribe işleri

Optiki pirometriň kömegi bilen Stefanyň – Bolsmanyň	
hemişeligini kesgitlemek	92
Fotoelementiň duýgurlygyny kesgitlemek	98
Fotogarşylygy öwrenmek	102
Daşky fotoelektrik hadysasyny öwrenmek we Plankyň hemişeligini	
kesgitlemek	106
Wodorodyň spektrini öwrenmek we Ridbergiň hemişeligini	
kesgitlemek	112
Oýandyryjy potensialy kesgitlemek (Frankyň we Gersiň tejribesi) .	118
Ýarymgeçirijileriň ýagtylyk goýberme hadysasyny öwrenmek.	123
Alfa bölejikleriň erkin geçen ýoluny kesgitlemek	129
Matematikadan käbir maglumatlar	134
Fiziki ululyklaryň ölçeg birlikleri barada maglumatlar	141
Fiziki ölçeg birlikleriň tablisalary	147
Esasy fiziki hemişelikler	156
Edebiýat.	157

Jora Awliýakuliýew

FIZIKADAN TEJRIBE IŞLERI

(Optika. Kwant fizikasy)

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw gollanmasy

Redaktory

N.Kakalyýewa

Teh. redaktory

T.Aslanowa

Operatory

S.Durdyýewa

Ýygnamaga berildi 13.09.2010. Çäp etmäge rugsat edildi 11.11.2010.

Ölçeği 60x84 $\frac{1}{16}$, Ofset kagyzy. Edebi garnitura.

Ofset çap ediliş usuly. Çap listi 10,0. Hasap-neşir listi 7,068.

Türkmenistanyň Ylymlar akademiýasynyň “Ylym” neşirýaty.

744000. Aşgabat, Türkmenbaşy şaýoly, 18.