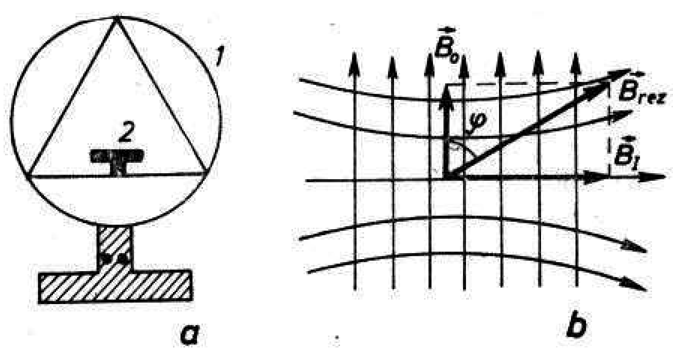
Laboratorijas darbu apraksts

(II semestris)

2.5. Zemes magnētiskā lauka horizontālās komponentes noteikšana ar tangensgalvanometru.

Katrā zemeslodes vietā Zemes magnētiskā lauka indukcijas vektors attiecībā pret horizontālo plakni un meridiānu vērsts kādā noteiktā leņķī. Tāpēc Zemes magnētiskā lauka indukcijas vektoru parasti sadala divās komponentēs - vertikālajā un horizontālajā. Uz vertikālās ass nostiprināta magnētadata novirzās magnētiskā lauka horizontālās komponentes ietekmē. Šo parādību izmanto t.s. tangensgalvanometros, ar kuriem var noteikt Zemes magnētiskā lauka horizontālo komponenti B_0 vai arī mērīt strāvas stiprumu, ja šī komponente dotajai vietai ir zināma. Rīgā $B_0 = 0.168 \cdot 10^{-4}$ T.

Par tangensgalvanometru sauc magnētiskās sistēmas mēraparātu, kurā pastāvīgā magnēta vietā izmanto Zemes magnētiskā lauka horizontālo komponenti un kura rādītāja (magnētadatas) novirzes leņķa tangenss ir tieši proporcionāls caur aparātu plūstošās strāvas stiprumam. Šīs sakarības dēļ arī radies galvanometra nosaukums. Tangensgalvanometrs sastāv no vertikāli novietota riņķveida strāvas vada 1 ar vienu vai vairākiem vijumiem. Riņķa centrā novietota maza magnētadata 2 (vai busole), kura var brīvi kustēties ap vertikālu asi horizontālā plaknē.



2.13. att. Tangensgalvanometrs.
a - shematisks attēls;
b - Zemes un strāvas magnētisko lauku attēlojums tangensgalvanometra tinuma iekšienē (skats no augšas)

Ja strāva caur galvanometru

neplūst, tad uz magnētadatu darbojas Zemes magnētiskā lauka horizontālā komponente un magnētadata nostājas magnētiskā meridiāna virzienā. Šajā virzienā jānostāda arī riņķveida vada plakne. Ja tagad caur galvanometru laiž strāvu, tad šīs strāvas veidotā magnētiskā lauka indukcija $\boldsymbol{B}_{\mathrm{I}}$ ir perpendikulāra Zemes magnētiskā lauka horizontālajai komponentei $\boldsymbol{B}_0$. Abi šie lauki (skats no augšas) parādīti 2.13. attēlā, *b*.

Abu lauku iedarbībā magnētadata nostājas rezultējošā lauka $\boldsymbol{B}_{rez}$ virzienā un novirzās par leņķi φ no sākotnējā virziena. Šo leņķi (2.13. att., *b*) var noteikt pēc šādas sakarības:

$$tg\varphi = \frac{B_I}{B_0} \tag{2.30}$$

Pēc Bio-Savāra likuma var noteikt magnētiskā lauka indukciju B_I riņķveida strāvas centrā:

$$B_I = \frac{\mu_0 In}{2r} \tag{2.31}$$

kur B_I - magnētiskā indukcija (*T*); μ_0 - magnētiskā konstante ($1.2566.10^{-6}$ *H/m*); *I* - strāvas stiprums (*A*); *n* - vijumu skaits; *r* - riņķveida vada rādiuss (*m*).

No izteiksmes (2.31) izsakām strāvas stiprumu un, izmantojot sakarību (2.30), rakstām

$$I = \frac{2B_0 r}{\mu_0 n} tg\varphi = ktg\varphi \tag{2.32}$$

kur

$$k = \frac{2B_0 r}{\mu_0 n}$$

ir tangensgalvanometra konstante. No pēdējām izteiksmēm iegūstam

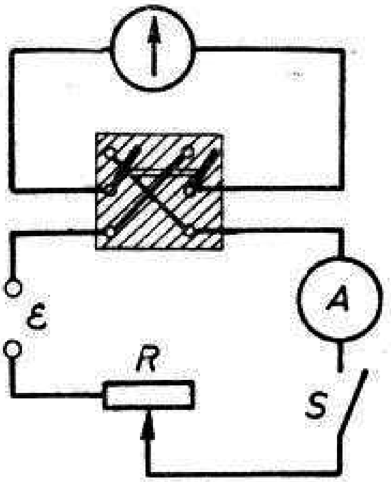
$$B_0 = \frac{\mu_0 kn}{2r} \tag{2.33}$$

un

$$B_0 = \frac{\mu_0 nI}{2rtg\varphi} \tag{2.34}$$

t.i., Zemes magnētiskā lauka horizontālo komponenti B_0 var noteikt, ja mēra strāvu, kas plūst caur tangensgalvanometru, vai zina tā konstanti.

Zinot konstanti k, tangensgalvanometru var lietot arī strāvas stipruma mērīšanai. Konstantes k aprēķināšanai jāzina B_0. Konstanti k var noteikt eksperimentāli, izmērot magnētadatas novirzes leņķi un strāvas stiprumu galvanometrā vai arī izmantojot doto B_0 vērtību.



2.14. att. Elektriskā slēguma shēma Zemes magnētiskā lauka horizontālās komponentes noteikšanai ar tangensgalvanometru.

Saslēdz ķēdi pēc 2.14. attēlā dotās shēmas un nostāda tangensgalvanometra vijumu plakni Zemes magnētiskā lauka meridiāna plaknē. Rūpīgi nostāda magnētadatu riņķa centrā. Ar ampērmetru A mēra strāvas stiprumu galvanometra vijumos. Ar sešpolīgo pārslēgu P maina strāvas virzienu galvanometrā. Lai pareizāk noteiktu φ, strāvu laiž vienā un otrā virzienā par rezultātu ņem vidējo aritmētisko no abiem nolasījumiem:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \qquad (2.35)$$

Eksperimentē ar dažādiem strāvas stiprumiem, kurus maina ar reostatu R. Eksperimentus atkārto ar citu vijumu sakaitu. Pēc izteiksmes (2.34) aprēķina B_0 .

Tangensgalvanometra rādījumus ietekmē dažādi blakus magnētiskie lauki, tāpēc, lai no tiem izvairītos, galvanometrs jānovieto tālāk no dažādiem strāvas vada tinumiem (piemēram, reostata, transformatora u.c.) un feromagnētiskiem ķermeņiem.

Darba uzdevumi.

1. Noteikt Zemes magnētiskā lauka horizontālo komponenti dotajā vietā (ņemot vērā vijumu skaitu).

2. Uzzīmēt grafiku tgφ=$f(I)$ un noteikt tangensgalvanometra konstanti (dažādam vijumu skaitam).

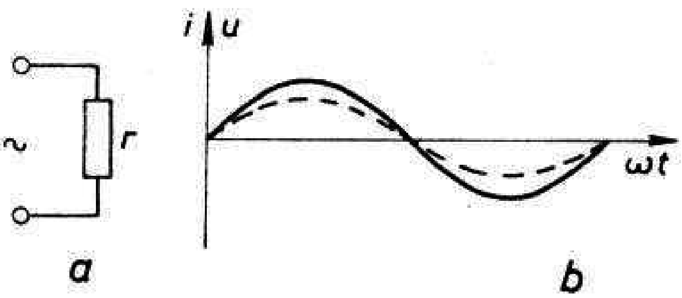
2.6. Maiņstrāvas ķēde. Induktivitātes un kapacitātes noteikšana

Tā kā tehnikā un ikdienas dzīvē liela nozīme ir maiņstrāvai, tad labi jāizprot maiņstrāvas ķēdes likumsakarības.

Ja elektriskajā ķēdē līdzsprieguma avota vietā ieslēdz maiņsprieguma avotu ar tādu pašu elektrodzinējspēku, strāvas stiprums kļūst citāds. Tas nozīmē, ka mainās ķēdes pretestība. Vēl, bez tam, maiņstrāvas ķēdē rodas fāzu nobīde starp strāvu un spriegumu utt.

Par maiņstrāvu sauc tādu strāvu, kuru vadītājā izraisa gan pēc skaitliskās vērtības, gan virziena periodiski mainīgs elektrodzinējspēks.

Maiņstrāvas ķēdē ir divi pretestības veidi: 1) aktīvā pretestība un 2) reaktīvā pretestība. Pēdējā, savukārt, var būt a) induktīva; b) kapacitīva.



2.15. att. Aktīvā pretestība maiņstrāvas ķēdē: *a* - shēma; *b* - sprieguma un strāvas grafiki.

Par aktīvo pretestību sauc pretestību, kuras pārvarēšanai jāpatērē enerģija, kas visa pāriet siltumā (praktiski vara un alumīnija vadiem, ja *f*=50 *Hz*, šī pretestība ir tā saucamā omiskā pretestība, ko aprēķina pēc formulas $r = \rho \frac{l}{S}$, jo tad var neievērot skinefektu).

Aktīvās pretestības gadījumā strāva un spriegums ķēdē sakrīt fāzē (2.15. att. *b*). Pieliktais maiņspriegums rada strāvu, kuras stiprumu jebkurā momentā nosaka Oma likums:

$$i = \frac{u}{r} \qquad (2.36)$$

Šo formulu varam pārrakstīt šādi:

$$I = \frac{U}{r} \qquad (2.37)$$

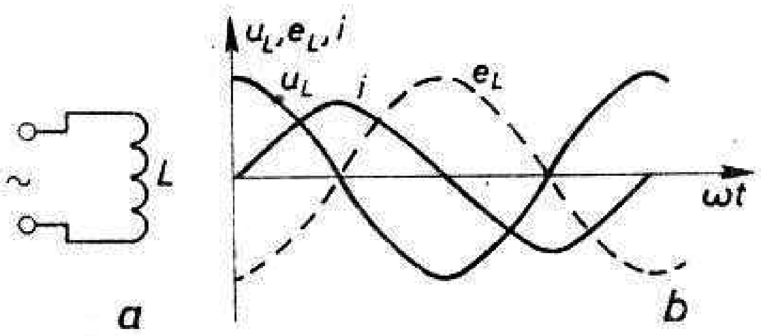
kur I un U - strāvas un sprieguma efektīvās vērtības, t.i., vērtības, kuras uzrāda mēraparāti maiņstrāvas ķēdē.

Ja līdzstrāva, plūstot caur kādu vadītāju, attīsta tādu pašu siltuma daudzumu kā maiņstrāva tajā pašā laika sprīdī (vienā periodā), tad tādas līdzstrāvas vērtība ir vienāda ar attiecīgās maiņstrāvas efektīvo vērtību. Sakarības starp strāvas un sprieguma efektīvajām un maksimālajām vērtībām ir šādas:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \qquad (2.38)$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \qquad (2.39)$$

Reaktīvās pretestības. A. Induktīvā pretestība X_L. Vispirms aplūkosim tādu spoli, kurai nav omiskās pretestības. (2.16. att.). Šādai spolei pieliktais spriegums u_L vienīgi kompensē pašindukcijas elektrodzinējspēku e_L, kas inducējas, mainoties strāvai spolē, t.i.,



2.16. zīm. Induktīvā pretestība maiņstrāvas ķēdē:
a - shēma; *b* - sprieguma, strāvas un elektrodzinējspēka grafiki.

$$u_L = e_L = -L\frac{di}{dt} \qquad (2.40)$$

kur L - spoles induktivitāte.

Ja spolē plūst sinusoidāla maiņstrāva $i = I_m sin\omega t$, tad

$$\frac{di}{dt} = I_m \omega cos\omega t = -I_m \omega sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \ .$$

Ievietojot $\frac{di}{dt}$ izteiksmi sakarībā (2.40), iegūstam

$$u_L = LI_m \omega sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \ .$$

Apzīmējot

$$U_{mL} = LI_m \omega \ , \qquad (2.41)$$

varam rakstīt

$$u_L = U_{mL} sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \ . \qquad (2.42)$$

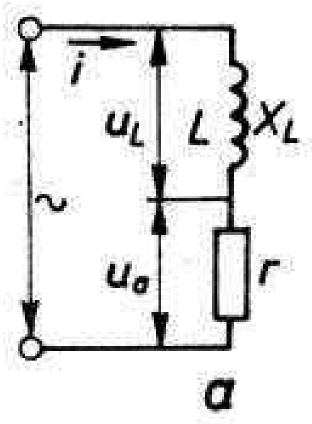
Pēdējā izteiksme rāda, ka strāva atpaliek fāzē no sprieguma par $\frac{\pi}{2}$, kas parādīts attēlā 2.16. *b*. Var arī teikt, ka induktivitāte rada starp strāvu un spriegumu pozitīvu fāzu nobīdes leņķi. Fizikāli to saprotam tā - lai gan spolei ir pielikts spriegums, tomēr strāvas vēl nav, jo tieši tajā momentā, kad tā rastos, rodas pašindukcijas elektrodzinējspēks, kas, pēc Lenca likuma, šajā pašā momentā rada strāvu pretējā virzienā (kompensē tiešo strāvu).

Sakarībā (2.41) abas puses izdalot ar $\sqrt{2}$, iegūstam efektīvo vērtību sakarību $U_L = \omega LI$, no kuras

$$I = \frac{U_L}{\omega L} \ . \qquad (2.43)$$

Uzskatot pēdējo formulu par Oma likumu, varam rakstīt, ka $\omega L = X_L$, kur X_L - induktīvā pretestība. Pārveidojot iegūsim, ka

$$X_L = 2\pi fL \ . \qquad (2.44)$$



2.17. att. Aktīvās pretestības un induktīvās pretestības elementu virknes slēguma shēma maiņstrāvas ķēdē.

Praktiski katrai spolei ir arī omiskā pretestība r (arī ķēdei), kas ar šīs pašas spoles induktīvo pretestību X_L veido it kā virknes slēgumu (2.17. att.)

No pretestību trijstūra varam noteikt spoles pilno pretestību Z:

$$Z^2 = r^2 + X_L^2 \quad \text{jeb} \quad Z = \sqrt{r^2 + X_L^2} \ . \qquad (2.45)$$

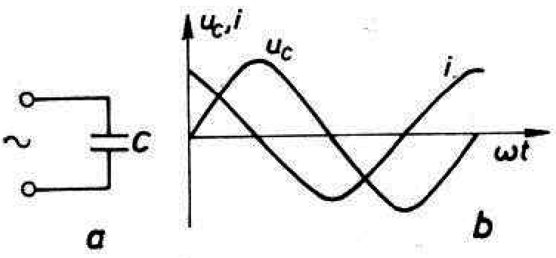
Saskaņā ar Oma likumu

$$Z = \frac{U}{I} \ . \qquad (2.46)$$

No pretestību trijstūra redzam, ka fāzu nobīdes leņķis starp strāvu un spriegumu aprēķināms pēc šādas sakarības:

$$tg\varphi = \frac{X_L}{r} \ . \qquad (2.47)$$

B. Kapacitīvā pretestība X_C. Strāvas ieslēgšanas brīdī, kad kondensators tikko sāk uzlādēties, tā spriegums u_C ir vismazākais, turpretī uzlādes strāva, kas plūst ķēdē, ir vislielākā. Ja kondensators ir uzlādēts, tad tā spriegums u_C ir vislielākais, bet strāva vismazākā. Tāpēc spriegums uz kondensatora un strāva tajā nav vienādā fāzē. Šis process attēlots grafiski 2.18. attēlā *b*.



2.18. Kapacitīvā pretestība maiņstrāvas ķēdē: *a* - shēma; *b* - sprieguma un strāvas grafiki

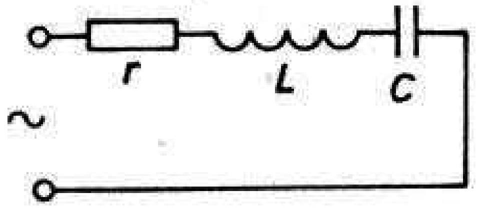
Arī šajā gadījumā varam atrast gan pašu kapacitīvo pretestību X_C, gan fāzu nobīdi starp strāvu un spriegumu:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} ; \qquad (2.48)$$

$$X_C = \frac{U}{I}; \quad (2.49)$$

$$tg\varphi = \frac{1}{2\pi fCr} \quad . \quad (2.50)$$

Maiņstrāvas ķēdē var būt visi trīs minētie pretestību veidi dažādās kombinācijās, piemēram, virknē (2.19. att.). Var aprēķināt, ka šādā gadījumā virknes slēguma pilnā pretestība

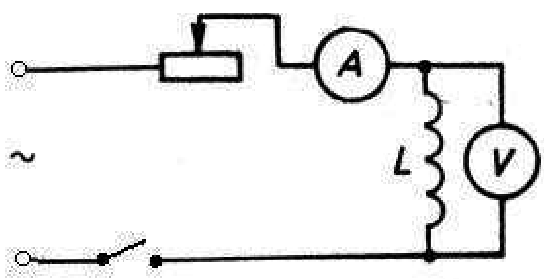


2.19. att. Maiņstrāvas ķēdes shēma, kurā ir aktīvās, induktīvās un kapacitīvās pretestības virknes slēgums.

$$Z = \sqrt{r^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2} \quad , \quad (2.51)$$

bet fāzu nobīdi starp strāvu un spriegumu nosaka formula

$$tg\varphi = \frac{2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}}{r} \quad . \quad (2.52)$$



2.20. att. Elektriskā slēguma shēma spoles induktivitātes noteikšanai.

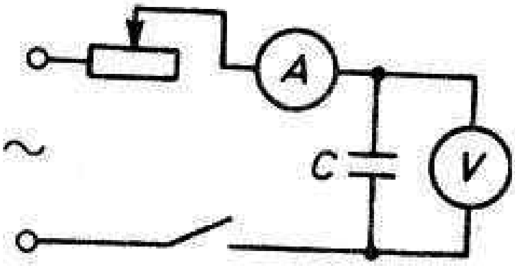
Lai noteiktu spoles induktivitāti L un fāzu nobīdes leņķi φ, jāsaslēdz 2.20. attēlā parādītā elektriskā ķēde. Pieslēdzot maiņsprieguma avotu un izmērot efektīvo strāvu I un spriegumu U, pēc formulas (2.46) var aprēķināt spoles pilno pretestību Z.

Mērījumus atkārto ar dažādiem strāvas stiprumiem. Tā kā induktivitātes L aprēķināšanai (formula (2.44)) jānosaka induktīvā pretestība X_L, tad, kā redzams no formulas (2.45), vēl jāizmēra arī spoles aktīvā (omiskā) pretestība r.

Spoles omisko pretestību r var izmērīt ar tehnisko līdzstrāvas tiltu.

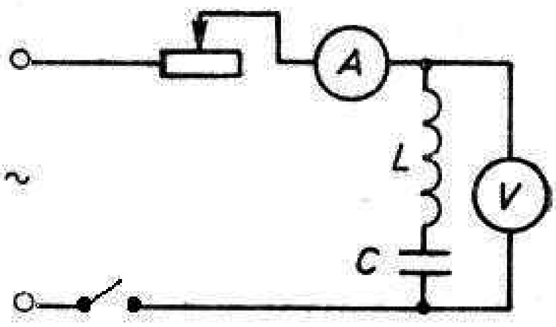
Zinot L, r un f, pēc formulas (2.47) aprēķina fāzu nobīdes leņķi φ starp strāvu un spriegumu.

Lai noteiktu kondensatora kapacitāti C, izmanto 2.21. att. doto shēmu.



2.21. att. Elektriskā slēguma shēma kondensatora kapacitātes noteikšanai.

Vispirms nosaka kondensatora kapacitīvo pretestību X_C, ķēdi pieslēdzot maiņspriegumam. No iegūtajiem ampērmetra un voltmetra rādījumiem, izmantojot formulu (2.49), var aprēķināt X_C. Mērījumus atkārto ar dažādiem strāvas stiprumiem. Zinot kapacitīvo pretestību X_C un frekvenci f, pēc formulas (2.48) var aprēķināt kondensatora kapacitāti C.



2.22. Elektriskā slēguma shēma Oma likuma pārbaudei maiņstrāvas ķēdē, ja virknē saslēgti aktīvās, induktīvās un kapacitīvās pretestības elementi.

Lai pārbaudītu Oma likumu, saslēdz ķēdi pēc 2.22. attēlā parādītās shēmas. No ampērmetra un voltmetra rādījumiem var aprēķināt ķēdes pilno pretestību Z. Taču ķēdes pilno pretestību Z var izskaitļot arī pēc formulas (2.51), ievietojot tajā jau pirmajos uzdevumos aprēķinātos lielumus r, L un C. Iegūtos rezultātus ievietojot teorētiskajās formulās, var spriest par Oma likuma pareizību pilnai maiņstrāvas ķēdei,kā arī noteikt fāzu nobīdi starp strāvu un spriegumu (izteiksme (2.52)).

Aizrādījums. Nosakot eksperimentāli pilnās pretestības pēc shēmām 2.20, 2.21 un 2.22, var iegūt kļūdainus rezultātus, jo ar ampērmetru mēra kopējo strāvas stiprumu, kas plūst caur mērāmo objektu un voltmetru. Aprēķinot pilno pretestību pēc Oma likuma formulām (2.46) un (2.49), jāņem tikai tās strāvas stiprums, kura plūst caur mērāmo objektu. Šo strāvas stiprumu var atrast, ja no kopējā strāvas stipruma I, ko uzrāda ampērmetrs, atņem strāvas stiprumu I_V, kas plūst caur voltmetru. Līdz ar to formulas (2.46) un (2.49)) pārrakstāmas šādi:

$$Z = \frac{U}{I - I_V} \quad ; \qquad X_C = \frac{U}{I - I_V} \quad .$$

Strāvu I_V var noteikt pēc Oma likuma, ja zināma voltmetra pretestība R_V:

$$I_V = \frac{U}{R_V} \quad .$$

Ja voltmetra pretestība R_V ir stipri lielāka par mērāmo pretestību, tad var strāvas stiprumu voltmetrā neievērot un lietot formulas (2.48) un (2.49). Voltmetra pretestības R_V vērtība vai nu dota uz voltmetra skalas, vai tā jāizmēra ar tehnisko tiltu.

Darba uzdevumi.

1. Noteikt spoles (ar serdi vai bez tās) induktivitāti. Noteikt fāzu nobīdes leņķi starp strāvu un spriegumu maiņstrāvas ķēdē, ja ieslēgta tikai dotā spole.
2. Noteikt kondensatora kapacitāti.
3. Pārbaudīt Oma likumu maiņstrāvas ķēdei, ja virknē ieslēgti aktīvās pretestības un reaktīvās (induktīvās un kapacitīvās) pretestības elementi. Noteikt fāzu nobīdi φ.

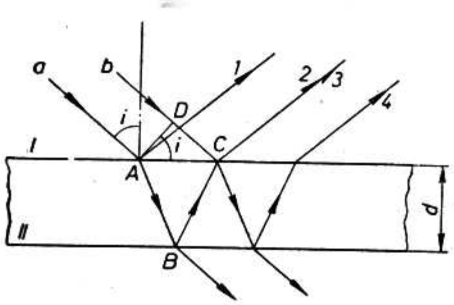
3.2. Gaismas interference

Parādību, kad divi vai vairāki viļņi vienlaikus iedarbojas kādā telpas punktā, sauc par *interferenci*. Interferējošo viļņu rezultējošā amplitūda un interferences aina var būt laikā nemainīga vai mainīga. Labi var novērot nemainīgu vai arī samērā lēni periodiski mainīgu interferences ainu.

Nemainīgu interferenci dod, t.s., *koherentie* (saistītie) viļņu avoti, kas izstaro *svārstības ar laikā nemainīgu fāzu starpību*. Fāzu starpība var saglabāties laikā nemainīga tad, ja svārstību frekvences ir vienādas. Tāpēc koherentiem avotiem jādarbojas ar vienādām frekvencām.

Gaismu izstaro atomi un molekulas, pie tam, viens izstarošanas akts ilgst apmēram 10^{-8} sekundes. Jebkurā gaismas avotā vienlaikus izstaro ļoti daudzi atomi vai molekulas. Kad vieni atomi beidz izstarot un citi sāk izstarot, tad pēdējo atomu starojumam var būt citāda fāze nekā pirmo atomu starojumam. Tāpēc nevar izgatavot divus atsevišķus gaismas avotus, kuru atomi starotu saskaņoti - koherenti. Koherentus gaismas viļņus var iegūt, sadalot vienu vilni divās daļās un pēc tam ļaujot šīm daļām pārklāties. Koherenti starotāji, piemēram, ir gaismas avots un tā attēls spogulī (Loida spogulis) vai arī viena gaismas avota attēli divos spoguļos (Freneļa spoguļi), jo katram atomam, kas raida gaismas vilni, spoguļa attēlā atbilst saistītais, koherentais atoms. Koherentus gaismas avotus var iegūt arī ar dubultspraugām (Junga dubultsprauga), dubultprizmām (Freneļa biprizma), dubultlēcām (Bijē bilēca) u.c.

Interferences aina var izveidoties, gaismai atstarojoties no plānās kārtiņas divām virsmām. Ja gaismas stars krīt uz plānu, dzidru kārtiņu (3.4. att.), kuras laušanas



3.4. att. Koherentu staru veidošanās, gaismai atstarojoties no plānās kārtiņas virsmām.

koeficients atšķiras no apkārtējās vides laušanas koeficienta, tad daļa stara iziet kārtiņai cauri, bet daļa atstarojas no kārtiņas virsmām I un II.

Ja kārtiņu apgaismo paralēli stari, t.i., ja visos tās punktos α ir vienāds (α=const), tad staru 1 un 2 gājumu diference viscaur atkarīga tikai no kārtiņas biezuma aplūkojamajā punktā un interferences aina ir vienāda visos kārtiņas punktos, kuros tās biezums ir vienāds. Interferences joslas, kas veidojas šajā gadījumā, sauc par vienāda biezuma joslām.

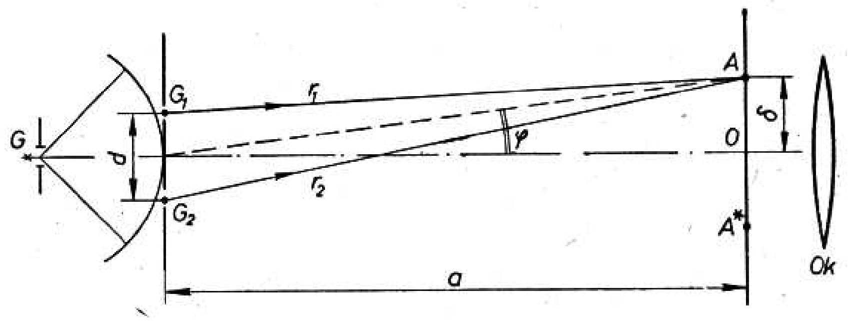
Ja kārtiņas biezums ir viscaur vienāds (*d=const*), tad staru 1 un 2 gājumu diferenci nosaka krišanas leņķis α. Interferences aina ir vienāda visos punktos, kur ir vienāds krītošo staru slīpums. Interferences joslas, kas veidojas šajā gadījumā, sauc par vienāda slīpuma joslām.

Interferenci var izmantot gaismas viļņa garuma un virsmas liekuma rādiusa noteikšanai.

3.2.1. Junga dubultsprauga.

Par dubultsparaugu (3.5. att.) sauc divas attālumā d paralēli novietotas vienādas spraugas G_1 un G_2.

Ja monohromatiskas gaismas vilnis no gaismas avota G ir nonācis līdz dubultspraugai, kas novietota perpendikulāri



3.5. att. Junga dubultsprauga.

gaismas staram, tad gaismas vilnis vienlaikus rada svārstības atbilstošajos spraugu punktos G_1 un G_2.

Saskaņā ar Heigensa principu punkti G_1 un G_2 ir jauni viļņu avoti, kas dod viļņus visos virzienos un darbojas vienādās fāzēs. Tāpēc rodas interferences aina - spraugām paralēlas gaišas un tumšas interferences joslas. To var novērot uz ekrāna vai arī ar okulārmikrometru. Tādā gadījumā attālums starp m gaišām (vai tumšām) interferences joslām ir

$$D = \frac{a}{d} m\lambda \ , \qquad (3.5)$$

kur a - attālums no koherentajiem gaismas avotiem līdz interferences novērošanas vietai, d - attālums starp avotiem, m - interferences joslu skaits, λ - gaismas viļņa garums.

Attālumu D starp interferences joslu viduslīnijām mēra ar okulārmikrometru, gan ņemot vienu un to pašu joslu skaitu m, bet mērot dažādās interferences ainas vietās, gan arī mainot joslu skaitu m. Vēlams izdarīt vairākas interferences ainas mērījumu sērijas - katru ar citu attālumu a.

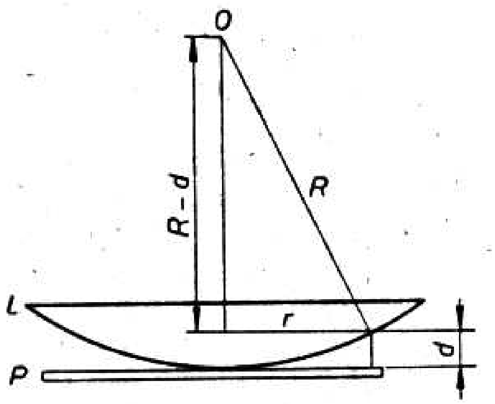
Attālums *a* no dubultspraugas līdz okulārmikrometram (līdz plaknei, kuras attēls redzams okulārā) var būt no dažiem desmitiem centimetru līdz 1 metram, un to mēra ar lineālu.

Attālums *d* starp spraugām parasti ir mazāks par 1 *mm*, tāpēc tas jāmēra ļoti rūpīgi. Ieteicams izmantot mērmikroskopu vai okulārmikrometru. Ja diegu krustu tieši uz spraugas viduslīnijas nostādīt pagrūti, to var nostādīt pēc kārtas uz katras spraugas abām malām un pēc šiem nolasījumiem aprēķināt *d*.

Darba uzdevumi.

1. Noteikt gaismas viļņa garumu, lietojot dubultspraugu.
2. Noteikt attālumu starp spraugām, ja ir zināms izmantotā starojuma viļņa garums.

3.2.2. Ņūtona gredzeni.



3.6. att. Kārtiņa starp plakanu un sfērisku virsmu

Speciālos apstākļos vienāda biezuma interferences joslām var būt koncentrisku gredzenu veids. Šādu interferences ainu sauc par Ņūtona gredzeniem. Tie var izveidoties plānā kārtiņā starp divām sfēriskām virsmām ar nevienādiem liekuma rādiusiem vai arī starp sfērisku un plakanu virsmu.

Aplūkosim kārtiņu starp plakanu un sfērisku virsmu, kāda izveidojas, uzliekot plakani izliektu sfērisku lēcu *L* uz plakanas plāksnītes *P* (3.6. att.).

Kārtiņas biezums *d* ir vienāds visos tajos punktos, kuri atrodas vienādā attālumā *r* no plāksnītes un lēcas saskaršanās punkta. To var izteikt atkarībā no attāluma *r* un lēcas sfēriskās virsmas rādiusa *R*. Saskaņā ar Pitagora teorēmu

$$R^2 = (R-d)^2 + r^2 \quad ,$$

t.i., $$2Rd = d^2 + r^2 \quad ,$$

no kurienes, tā kā $r << R$ un $d << r$, izriet, ka $2Rd = r^2$ un

$$d = \frac{r^2}{2R} \quad . \tag{3.6}$$

Virsmas, starp kurām attālumā r no plāksnītes un sfēriskas lēcas saskaršanās punkta veidojas plānā kārtiņa, ir gandrīz paralēlas. Stars, kas krīt perpendikulāri kārtiņai, daļēji atstarojas no virsmas starp lēcu un gaisa slānīti. Gaismas stara lielākā daļa iziet cauri kārtņai, un no robežvirsmas starp gaisa slānīti un stikla plāksnīti vēlreiz notiek daļēja atstarošanās. No kārtiņas abām virsmām atstaroto staru gājumu diference ir $\Delta s = 2d$, jo gaisam n=1. Tātad,

$$\Delta s = \frac{r^2}{R} \quad . \tag{3.7}$$

Tā kā viens stars reflektējas no optiski blīvākas vides - stikla un maina fāzi uz pretējo, bet otrs reflektējas no optiski mazāk blīvas vides - gaisa un fāzi nemaina, varam teikt, ka interferences maksimuma nosacījums ir

$$\Delta s = \pm(2k-1)\frac{\lambda}{2} \quad ; \qquad \text{(k=1, 2, 3, ...)} \tag{3.8}$$

bet interferences minimuma nosacījums

$$\Delta s = \pm 2k\frac{\lambda}{2} \quad ; \qquad \text{(k=0, 1, 2, ...)} \tag{3.9}$$

t.i., gaišajiem gredzeniem ir tādi r, kuriem ir spēkā nosacījums

$$\frac{r^2}{R} = (2k-1)\frac{\lambda}{2} \quad , \tag{3.10}$$

kur k=1, 2, 3, ... , un tumšajiem gredzeniem ir tādi rādiusi r, kuriem ir spēkā nosacījums

$$\frac{r^2}{R} = 2k\frac{\lambda}{2} \quad , \tag{3.11}$$

kur k=0, 1, 2, ...

Veselais skaitlis k ir gredzenu kārtas skaitlis, skaitot no centra uz perifēriju, centrā d=0, t.i., ja centrā sfēriskā virsma pieskaras plakanajai. Gredzena rādiusu r var izmērīt. Ja izmēra arī R, tad var aprēķināt λ, un, otrādi - ja zināms λ, tad var aprēķināt R.

No izteiksmēm (3.10) un (3.11) redzams, ka gaismas viļņa garuma λ noteikšanai jāzina lietotās plakani izliektās lēcas sfēriskās virsmas liekuma rādiuss R un jāizmēra Ņūtona gredzenu rādiusi r. Jāatzīmē, ka mēriekārtās kuras lieto Ņūtona gredzenu novērošanai, parasti $d \neq 0$, jo puteklīši ir jau atbalstījuši lēcu, pirms tā paspējusi tieši pieskarties plāksnītei.

Ja starp lēcu un plāksnīti centrā ir attālums d_0, tad gājumu diference starp atstarotajiem stariem ir

$$\Delta s = 2d_0 + \frac{r^2}{R}$$

un izteiksmju (3.10) un (3.11) vietā iegūstam šādas izteiksmes: gaišajiem gredzeniem

$$2d_0 + \frac{r^2}{R} = (2k-1)\frac{\lambda}{2} \qquad (3.12)$$

un tumšajiem gredzeniem

$$2d_0 + \frac{r^2}{R} = 2k\frac{\lambda}{2} \qquad (3.13)$$

Skaitlis k šeit ir lielāks par gredzena numuru. Ja gredzena numuru apzīmēsim ar i, tad $k=i+x$. Nezināmos lielumus x un d_0 no izteiksmēm var izslēgt, ja sakarību (3.12) un (3.13) uzraksta diviem gaišajiem vai diviem tumšajiem gredzeniem, piemēram, gredzenam i_1 ar rādiusu r_1 un gredzenam i_2 ar rādiusu r_2. Kā gaišajiem, tā tumšajiem gredzeniem iegūstam izteiksmi:

$$\frac{r_2^2 - r_1^2}{R} = (i_2 - i_1)\lambda \quad . \qquad (3.14)$$

Tiešajos mērījumos parasti nosaka gredzenu diametrus, piemēram, $D_1=2r_1$ un $D_2=2r_2$. Izsakot no izteiksmes (3.14) viļņa garumu λ, dabūjam formulu:

$$\lambda = \frac{D_2^2 - D_1^2}{4(i_2 - i_1)R} \quad , \qquad (3.15)$$

kas noderīga aprēķiniem.

Lai rezultāts būtu pietiekami precīzs, diference $D_2^2 - D_1^2$ (resp., D_2 - D_1) nedrīkst būt pārāk maza. Tas nozīmē, ka λ aprēķiniem nevajadzētu ņemt divus tuvus gredzenus. Nav ieteicams lietot arī gredzenus, kas ir tuvu centram (pirmo, otro), jo saskares vietā abas virsmas ir vairāk vai mazāk deformētas, tāpēc liekuma rādiuss tur ir citāds nekā nedeformētajā daļā.

Darba uzdevumi.

1. Noteikt gaismas viļņa garumu, izmantojot Ņūtona gredzenus.
2. Noteikt plakani izliektas lēcas sfēriskās virsmas liekuma rādiusu, izmantojot Ņūtona gredzenus.

3.6. Fotoefekts

Par *fotoefektu* sauc parādību, kad, vielai absorbējot gaismas (starojuma) kvantus, notiek vielas elektronu pilnīga vai daļēja atbrīvošanās, t.i., elektronu izraušana no vielas vai elektronu enerģijas palielināšanās, tiem vēl paliekot vielā.

Katrā elementārajā aktā gaismas kvanta enerģiju $\varepsilon = h\upsilon$ saņem kāds elektrons. Atkarībā no šīs enerģijas lieluma salīdzinājumā ar elektrona izejas darbu *A* iespējami šādi gadījumi:

1. ja $h\upsilon < A$, tad starojums nespēj izraut elektronu no vielas,
2. ja $h\upsilon = A$, tad starojums spēj izraut elektronu no vielas,
3. ja $h\upsilon > A$, tad starojums spēj izraut elektronu no vielas un piešķir tam arī kinētisko enerģiju.

Tā, piemēram, cēzija elektronu izejas darbs ir *A*=1.90 *eV*. Kvanta enerģija $h\nu$ sarkanajai, zaļajai un violetajai gaismai (λ=700 *nm*, 500 *nm* un 400 *nm*) ir atbilstoši 1.77 *eV*, 2.48 *eV* un 3.10 *eV*. Salīdzinot šīs kvantu enerģijas vērtības ar izejas darbu, redzam, ka violetā un zaļā gaisma spēj izraut elektronu no cēzija, bet sarkanā - nespēj.

Ja elektroni tiek izrauti no vielas, tad fotoefektu sauc par *ārējo fotoefektu*. Ja elektroni, atrāvušies no "saviem" atomiem, tomēr paliek vielā, kļūstot par brīviem - vadītspējas elektroniem, tad fotoefektu sauc par *iekšējo fotoefektu*. Palielinoties vadītspējas elektronu skaitam gaismas absorbcijas rezultātā, var mainīties vielas elektriskā vadītspēja (fotorezistori) vai arī rasties *elektrodzinējspēks*. Pēdējo parādību sauc par *fotogalvanisko jeb sprostslāņa fotoefektu*, jo tajā svarīgs ir robežslānis (sprostslānis) starp divu tipu pusvadītājiem vai starp metālu un pusvadītāju.

Ārējam fotoefektam ir spēkā Einšteina formula:

$$h\upsilon = A + \frac{mv_{\max}^2}{2}, \tag{3.31}$$

kur $h\nu$ - starojuma kvanta enerģija (h - Planka konstante, ν - starojuma frekvence), A - elektrona izejas(izraušanas) darbs, $\frac{mv_{\max}^2}{2}$ - izrautā elektrona maksimālā kinētiskā enerģija (v_{max} - no vielas izrautā elektrona maksimālais ātrums).

Izrauto elektronu ātrumi var būt arī mazāki par v_{max}, ja elektrons pirms iziešanas no vielas daļu enerģijas zaudē sadursmēs ar vielas kristālrežģi.

Ierīces, kuras pārvērš gaismas enerģiju elektriskajā, izmantojot fotoefektu, sauc par *fotoelementiem*. Fotoelementu raksturošanai izmanto vairākas raksturlīknes. Svarīgākās no tām ir voltampēra raksturlīkne, apgaismojuma raksturlīkne un spektrālās jutības raksturlīkne.

Voltampēra raksturlīkne dod sakarību starp fotostrāvas stiprumu I un fotoelementam pielikto spriegumu U, pastāvot konstantai uz fotoelementu krītošās gaismas plūsmai Φ vai konstantam apgaismojumam E. Šo raksturlīkni lieto fotoelementiem ar ārējo fotoefektu un dažkārt arī fotopretestībām.

Vakuuma fotoelementiem, kuros izmantots ārējais fotoefekts, novērojama sātstrāva, t.i., fotostrāvai ir nemainīga vērtība I_s neatkarīgi no fotoelementam pieliktā sprieguma U, ja tas ir lielāks par kādu vērtību U_0. Ar gāzi pildītajos fotoelementos sātstrāva nav novērojama.

Apgaismojuma raksturlīkni lieto visu veidu fotoelementiem. Fotoelementiem, kuros izmantots ārējais fotoefekts, apgaismojuma raksturlīkne ir sakarība starp fotostrāvu I un uz fotoelementu krītošās gaismas plūsmu Φ, pastāvot konstantam spriegumam.

Starp fotostrāvu I_s un gaismas plūsmu Φ pastāv tieša proporcionalitāte, t.i.,

$$I_S = k_S \Phi \ , \qquad (3.32)$$

kur k_s - katoda sātstrāvas jūtība, kutas mērvienība ir $\frac{\mu A}{lm}$. Ja sātstrāvas nav, piemēram, ar gāzi pildītiem fotoelementiem, vai arī, ja fotoelementam pielikts spriegums, pie kura sātstrāva vēl nav sasniegta, arī tad bieži vien pastāv proporcionalitāte starp fotostrāvu I un uz fotoelementu krītošo gaismas plūsmu:

$$I = k\ \Phi, \qquad (3.33)$$

kur k - fotokatoda strāvas jūtība. Fotokatoda strāvas jūtība, protams, atkarīga no fotoelementam pievadītā sprieguma U.

Lietojot fotoelementus ar ārējo fotoefektu, nav svarīgi, vai gaismas plūsma sadalīta pa visu fotokatoda virsmu vai koncentrēta uz nelielu tās daļu. Ja apgaismotais laukums visu laiku vienāds, piemēram, apgaismots viss fotokatods, par apgaismojuma raksturlīkni var uzskatīt arī sakarību starp fotostrāvu I un apgaismojumu E.

Fotorezistoriem, līdzīgi kā fotoelementiem, apgaismojuma raksturlīkne ir sakarība starp fotostrāvu I un gaismas plūsmu Φ, pastāvot konstantam fotorezistoram pieliktajam spriegumam U:

$$I = k_R \Phi \ , \qquad (3.34)$$

kur k_R - fotorezistora strāvas jūtība, kas atkarīga no tam pieliktā sprieguma U - strāvas jūtība ir proporcionāla spriegumam. Tāpēc var rakstīt:

$$I = \gamma U \Phi , \qquad (3.35)$$

kur γ - fotorezistora īpatnējā strāvas jūtība, kas no sprieguma nav atkarīga. Tomēr fotorezistora jūtība k_R arī nemainīga sprieguma gadījumā nav konstanta - tā atkarīga no gaismas plūsmas lieluma, tāpēc arī īpatnējā jūtība γ ir atkarīga no Φ.

Bieži fotorezistoru raksturo arī ar tā pretestības relatīvo izmaiņu

$$s_R = \frac{R_t - R_g}{R_t} \ , \qquad (3.36)$$

kur R_t un R_g ir tā pretestības tumsā un gaismā. Tāpēc fotorezistoriem par apgaismojuma raksturlīkni var uzskatīt arī sakarību starp pretestības relatīvu izmaiņu s_R un gaismas plūsmu Φ vai apgaismojumu E.

Vēl jāatzīmē, ka strāva fotorezistorā atkarīga arī no gaismas plūsmas sadalījuma pa tā virsmu. Tāpēc, mainot gaismas plūsmas lielumu, jāraugās, lai plūsmas sadalījums nemainītos. Vislabāk, ja plūsma sadalīta vienmērīgi, t.i., ja fotorezistora apgaismojums visos tā punktos ir vienāds.

Sprostslāņa fotoelementiem apgaismojuma raksturlīkne parāda fotostrāvas I vai fotosprieguma U sakarību ar krītošās gaismas plūsmu Φ vai apgaismojumu E. Arī šai gadījumā nav vienalga, vai gaismas plūsma sadalīta vienmērīgi pa visu fotoelementa virsmu vai koncentrēta uz mazas tā daļas.

Bez tam, sprostslāņa fotoelementos fotostrāva un fotospriegums atkarīgi no ārējās ķēdes pretestības. Tāpēc bieži vien sprostslāņa fotoelementus raksturo ar ekstremāliem lielumiem - īsslēguma strāvu I_0 (ārējās ķēdes pretestība ir 0) vai tukšgaitas spriegumu, t.i., fotoelektrodzinējspēku ε (ārējās ķēdes pretestība ir ∞). Starp šiem lielumiem un krītošās gaismas plūsmu pastāv proporcionalitāte:

$$\varepsilon = k_u \Phi \ , \qquad (3.37)$$

kur k_u - sprostslāņa fotoelementa sprieguma jūtība, un

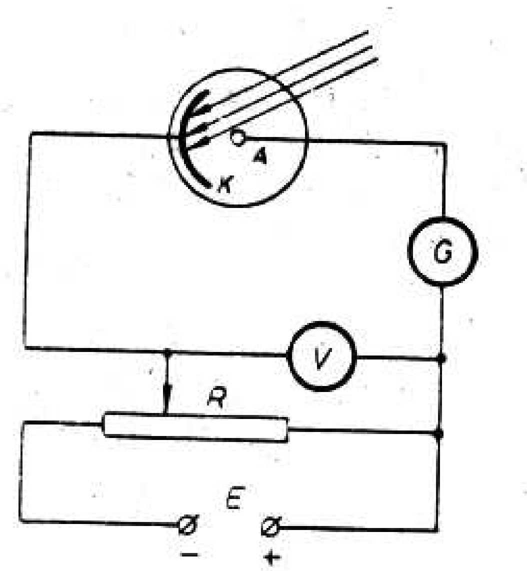
$$I_0 = k_0 \Phi \ , \qquad (3.38)$$

kur k_0 - sprostslāņa fotoelementa strāvas jūtība.

Spektrālās jūtības raksturlīkne parāda fotoelementa jūtību atkarībā no lietotās monohromatiskās gaismas viļņa garuma:

$$k_\lambda = \frac{I}{\Phi_\lambda} \quad \text{vai} \quad k_\lambda' = \frac{I}{E_\lambda} \qquad (3.39)$$

Ja spektrālā jūtība sākas ar kādu viļņa garumu λ_0 (sarkanā robeža) un monotoni pieaug, samazinoties viļņa garumam, tad šādu fotoefektu sauc par *normālo fotoefektu*. Daudz biežāk sastopams *selektīvais fotoefekts*, kad noteiktai λ vērtībai spektrālā jūtība sasniedz maksimumu. Dažos gadījumos ir vairāki maksimumi, piemēram, cēzija-sudraba - skābekļa fotokatodiem ir divi maksimumi - viens pie λ=800 *nm*, otrs - pie λ=380 *nm*, un sarkanā robeža, kad λ_0=1100 *nm*.



3.13.zīm. Slēguma shēma fotoelementu voltampēra un apgaismojuma raksturlīkņu uzņemšanai.

Lai uzņemtu fotoelementu voltampēra raksturlīknes, nepieciešams līdzsprieguma avots, potenciometrs, voltmetrs, galvanometrs vai mikroampērmetrs un no blakus gaismas aizsargāts optiskais sols. Iekārtas elektriskā slēguma shēma parādīta 3.13. zīmējumā.

Ieslēdz gaismas avotu un nostāda to apmēram 15 *cm* attālumā no fotoelementa. Potenciometru nostāda stāvoklī, kuram atbilst mazs fotoelementam pievadītais spriegums, un pieslēdz iekārtu sprieguma avotam. Pēc tam izdara mērījumus - nolasa katram spriegumam atbilstošo fotostrāvas lielumu, spriegumu pakāpeniski palielina līdz maksimāli pieļaujamajam.

Pēc vienas šādas mērījumu sērijas pabeigšanas atvirza gaismas avotu tālāk no fotoelementa un izdara iepriekšējiem analogus mērījumus, t.i., uzņem voltampēru raksturlīkni, ņemot citu (mazāku) apgaismojumu. Tādā vaidā iegūst datus veselai voltampēru rarsturlīkņu $I = f(U)$ saimei, kurā katrai līknei atbilst cits apgaismojums E, resp., gaismas plūsma Φ. Plūsmu Φ var aprēķināt pēc formulas

$$\Phi = \frac{\Im \cdot S}{r^2} \tag{3.40}$$

kur $\Im$ - gaismas avota stiprums, S - fotoelementa katoda laukums, r - fotoelementa attālums no gaismas avota.

Raksturlīknes attēlo grafiski.

Var saglabāt spriegumu konstantu, bet mainīt gaismas avota attālumu r no fotoelementa, t.i., mainīt fotoelementa apgaismojumu un apzīmēt katram attālumam atbilstošo fotostrāvas vērtību. Kad izpildīta viena šādu mērījumu sērija, izmaina spriegumu un izdara līdzīgus mērījumus. Tādā veidā iegūst datus apgaismojuma raksturlīkņu $I = f(\Phi)$ saimei dažādiem spriegumiem U.

Katram attālumam r atbilstošo gaismas plūsmu Φ, kas krīt uz fotoelementu, aprēķina pēc formulas (3.40). Līkņu saimi attēlo grafiski.

Ja nav zināms gaismas avota stiprums $\Im$, tad Φ var izteikt relatīvās vienībās, par vienu vienību pieņemot, piemēram, plūsmu, kāda nonāk uz fotokatoda, kad gaismas avots atrodas attālumā r_0=1 *m* no fotoelementa. Tad

$$\Phi_{(relat.vien)} = \frac{1}{r^2} \; . \tag{3.41}$$

Fotoelementa strāvas jūtības aprēķināšanai izmanto izteismes (3.32) un (3.33). Bez tam fotoelementa strāvas jūtību var aprēķināt, ņemot kādu $\Delta \Phi$ un tam atbilstošo ΔI no grafika $I = f(\Phi)$, kas novilkta kā izlīdzināšanas taisne caur eksperimentāli iegūtajiem punktiem. Tad

$$k = \frac{\Delta I}{\Delta \Phi} \tag{3.42}$$

Piezīme. Apgaismojuma raksturlīkņu saimi var konstruēt arī no tiem pašiem datiem, kas iegūti voltampēra raksturlīkņu saimei, ja vien mērījumi izdarīti pietiekami lielam dažādu apgaismojumu skaitam un fotostrāva katrreiz nolasīta atbilstoši tām pašām sprieguma vērtībām.

Uzņemot fotorezistora raksturlīkņu saimi, rīkojas tāpat kā fotoelementa gadījumā. Rezultātus attēlo grafiski līkņu saimes veidā. Fotorezistora īpatnējo strāvas jūtību aprēķina, izmantojot izteiksmi (3.35). Tā kā γ vērtība nav konstanta, bet ir atkarīga no gaismas plūsmas Φ, ieteicams to attēlot grafiski: $\gamma = f(\Phi)$.

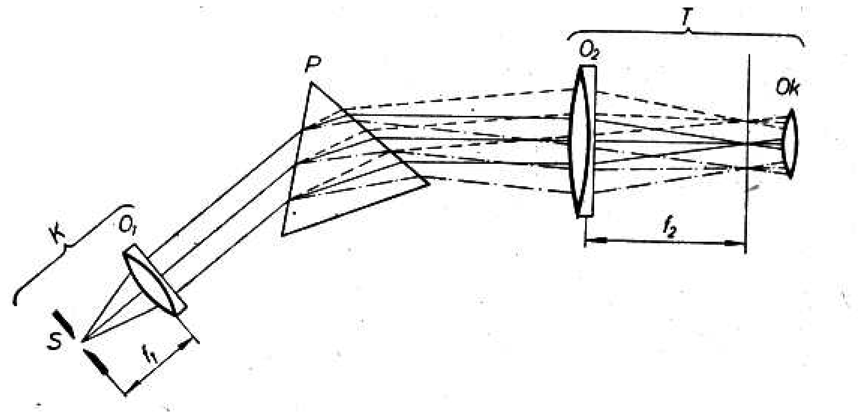
Darba uzdevumi

1. Uzņemt dotā fotoelementa vai fotopretestības voltampēru raksturlīkņu saimi.
2. Uzņemt dotā fotoelementa apgaismojuma raksturlīkņu saimi un aprēķināt tā strāvas jūtību atkaribā no pieliktā sprieguma.
3. Uzņemt dotā fotorezistora raksturlīkņu saimi un aprēķināt tā īpatnējo strāvas jūtību.

3.7. Spektroskopija

Spektrālie instrumenti ir ierīces salikta starojuma sadalīšani spektrā. Vienkāršākie spektrālie instrumenti ir spektrometri. Katra spektrometra galvenās sastāvdaļas ir: *kolimators*, *disperģējošā sistēma* un *tālskatis* spektra vizuālai novērošani vai kamera spektra fotografēšanai. Spektrometra principiālā shēma parādīta 3.14. attēlā.

Kolimators sastāv no maināma platuma spraugas S un ahromatiska objektīva O_1 (skat. 3.14. att.) Tā uzdevums ir no apgaismotās spraugas S punktiem iznākošos starus padarīt paralēlus un novirzīt uz disperģējošo sistēmu. Spraugu S novieto objektīva O_1 galvenajā fokālajā plaknē.



3.14. att. Spektrometra principiālā shēma: K – kolimators, kurā S – ieejas sprauga, O_1 – objektīvs;
P – prizma; T – tālskatis, kurā O_2 – objektīvs, Ok – okulārs.

Disperģējošā sistēma ir principiāli svarīgākā spektrometra daļa, kurā notiek dažāda viļņa garuma starojuma nošķiršana. Šim nolūkam visbiežāk lieto prizmu vai difrakcijas režģi.

Tālskatis vai kamera nepieciešama spektra novērošanai vai fotografēšanai. No disperģējošās sistēmas dažādos virzienos iziet paralēlu staru kūļi. Tālskata vai kameras objektīvs O_2 katru monohromatisko paralēlo staru kūli sakopo tā, ka objektīva galvenajā fokālajā plaknē katrs viļņa garums dod savu monohromatisku spraugas *S* attēlu – spektrālo līniju. Spektru var novērot vizuāli, piemēram, uztverot uz ekrāna (matstikla) vai aplūkojot caur okulāru *Ok*. Objektīvs O_2 kopā ar okulāru *Ok* veido tālskati.

Spektrometrus, kuros spektru vēro vizuāli, sauc par *spektroskopiem*, bet spektrometrus, kuros spektru reģistrē – par *spektrogrāfiem*. Dažkārt spektroskopus, kas speciāli pielāgoti vizuālām spektrālanalīzēm, sauc par *stiloskopiem*.

Gaismas avoti dod elektromagnētisko starojumu, kas sastāv no svārstībām ar dažādām frekvencēm, resp., dažādiem viļņa garumiem. Tāpēc saka, ka starojums satur veselu spektru dažādu svārstību. Ja starojumā ietilpst tikai svārstības ar atsevišķiem pilnīgi noteiktiem viļņa garumiem λ_1, λ_2, λ_3, ..., tad tāda starojuma spektru sauc par līniju spektru. Bez līniju spektriem izšķir vēl joslu spektrus un nepārtrauktus spektrus. Joslu spektri sastāv no ļoti daudzām ļoti tuvu novietotām spektrālajām līnijām, kuras parastie spektrālie instrumenti neatšķir citu no citas. Nepārtrauktie spektri sastāv no svārstībām, kurās var atrast jebkuru viļņa garumu plašā spektra intervālā.

Līniju spektrus dod elementi gāzveida stāvoklī (retinātas gāzes, metālu tvaiki pie zemiem spiedieniem). Joslu spektrus dod molekulas. Nepārtrauktus spektrus dod kondensētas vielas (šķidrā un cietā agregātstāvoklī), kā arī gāzes tvaiki pie augstiem spiedieniem.

Spektrus, ko dod starojuma avoti, sauc par emisijas spektriem. Bet daudzas vielas starojumu arī absorbē. Tās svārstības, kuras no visa nepārtrauktā elektromagnētisko svārstību spektra absorbē vide, veido šīs vides absorbcijas spektru. Arī absorbcijas spektri ir līniju, joslu un nepārtraukti.

Lai gan sākumā šķiet, ka spektri ir ļoti sarežģīti, izrādās, tie pakļauti noteiktām likumsakarībām. Tā, piemēram, ūdeņraža atomu spektrus var aprakstīt ar izteiksmi (Balmera formula):

$$\upsilon = Rc\left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right) \ , \qquad (3.43)$$

kur ν - svārstību frekvence; R - Ridberga konstante (R=1,096776×10^7 m^{-1}); c - gaismas ātrums vakuumā; k - vesels skaitlis (k=1, 2, 3, ...); n - vesels skaitlis (n=k+1, k+2, ...).

Katram noteiktam k un dažādiem n atbilst vesela spektrālo līniju sērija: ar k=1 - Laimana sērija, ar k=2 - Balmera sērija, ar k=3 - Pašēna sērija utt. Redzamajā spektra apgabalā novērojama tikai Balmera sērija. Zinot pārejas frekvenci ν un izmantojot sakarību $c = \lambda\nu$, kura saista elektromagnētisko viļņu izplatīšanās ātrumu c, viļņa garumu λ un starojuma frekvenci ν, var aprēķināt ūdeņraža spektrāllīniju viļņa garumu.

Un galvenais - katram elementam, katrai vielai atbilst savs tikai tai raksturīgs spektrs. Šo apstākli izmanto kvalitatīvajā spektrālanalīzē. Ja gaismas avota spektrā ir kāda elementa spektrāllīnijas, tad var apgalvot, ka gaismas avotā ir šis elements. Tomēr dažādiem elementiem var būt atsevišķas līnijas ar ļoti tuviem viļņa garumiem, kuras ne katrs spektrālais instruments var nošķirt (sakrītošās līnijas). Tāpēc, lai drošāk varētu spriest par elementa klātbūtni, jācenšas sameklēt vairākas tam raksturīgās līnijas.

Tātad, kvalitatīvās spektrālanalīzes uzdevums ir noteikt spektrāllīniju viļņa garumus un noskaidrot to piederību kādam elementam. Izdarot pilno kvalitatīvo analīzi, jāidentificē visas spektrā novērojamās līnijas. Dažreiz izdara daļēju kvalitatīvo analīzi - meklē tikai noteiktus elementus pēc to jūtīgajām līnijām.

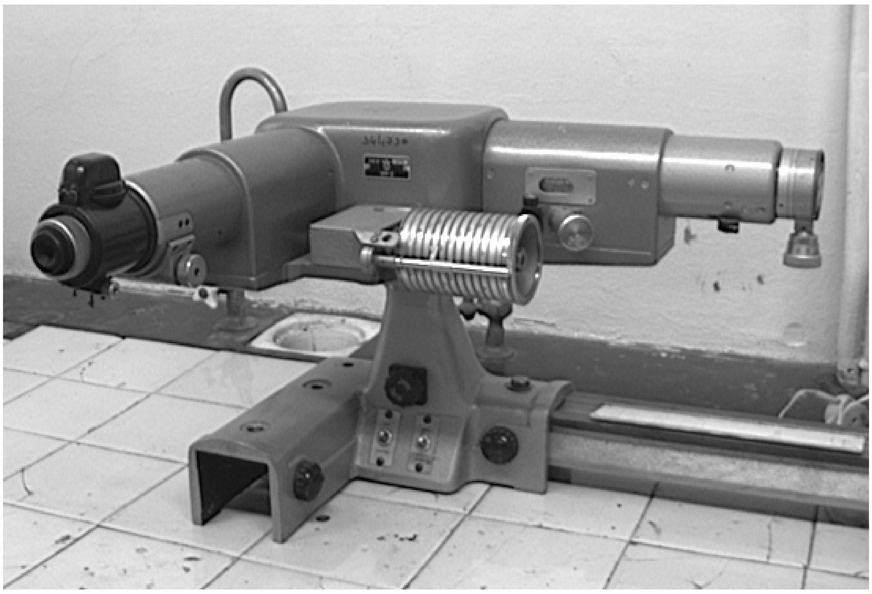
Jāatzīmē tomēr, ka kāda elementa spektrāllīniju trūkums spektrā vēl pilnīgi droši neliecina, ka šī elementa paraugā nav. Varbūt tas ir, bet ļoti mazā koncentrācijā vai arī dotajā gaismas avotā tas netiek ierosināts.

Divu dažādu elementu spektrāllīniju relatīvo intensitāti kādos noteiktos apstākļos nosaka šo elementu atomu relatīvais daudzums gaismas avotā, kurš savukārt saistīts ar šo elementu koncentrāciju paraugā. Šo sakarību starp spektrāllīniju intensitāti un elementa koncentrāciju paraugā izmanto kvantitatīvajā spektrālanalīzē. Salīdzinot divu elementu, piemēram, sakausējuma pamatelementa un piejaukuma elementa līniju intensitāti noteiktos ierosināšanas apstākļos, nosaka piejaukuma elementa koncentrāciju; pie tam, izmanto rezultātus, kas iegūti iepriekš, lietojot etalonus ar zināmu piejaukuma koncentrāciju.

3.7.1. Momohromators

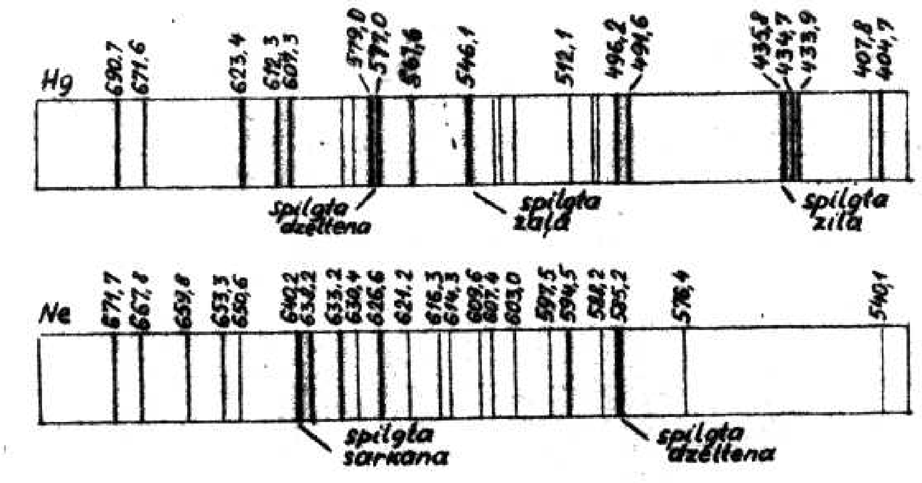
Emisijas un absorbcijas spektru pētīšanai lieto monohromatoru *УМ*-2. Instrumenta mērapjoms ir 300 - 1000 *nm*. Ar monohromatoru var izdalīt šauru monohromatisku spektra rajonu.

Instrumenta ārējais izskats redzams 3.15. attēlā, bet optiskā shēma atbilst tai, kas parādīta 3.14. attēlā. Caur ieejas spraugu gaisma nonāk kolimatora objektīvā un pēc tam iziet caur pastāvīgas nolieces prizmu. Izejas sprauga un objektīvs novietoti uz ass, kas veido 90^{o} leņķi ar kolimatora asi. Izejas spraugu, kura izdala monohromatisku spektra rajonu, var nomainīt ar okulāru, kas kopā ar objektīvu veido tālskati. Tādā gadījumā monohromators pārvēršas par pastāvīgas nolieces spektroskopu.



3.15. zīm. Monohromators *УМ*-2 un tā optiskā shēma.

Spektru novēro ar tālskati. Vajadzīgo spektra daļu okulāra redzes laukā ievada, griežot mērcilindru. Mērcilindra skala uzrāda tā pagrieziena leņķi grādos. Nolasījumus izdara pret monohromatorā speciāli izveidotu trīsstūrveida rādītāju. Rādītāja asumu redzes laukā ieregulē, pagriežot okulāru. Salīdzinot okulārā redzamo spektru ar zināmo Hg vai Ne spektru (3.16. att.), atrod tajā kādu raksturīgu līniju (piemēram, ļoti spēcīgo dzelteno vai zaļo līniju Hg spektrā) un pieraksta tai atbilstošo nolasījumu *m* uz mērcilindra. Pēc tam, salīdzinot līniju savstarpējos attālumus, kā arī līniju intensitātes spektrā un dotajā Hg vai Ne spektra attēlā, identificē citas spektra



3.16. att. Hg un Ne spektrs.

līnijas un izdara nolasījumus m, kas atbilst izvēlēto līniju viļņa garumiem λ. Atliekot m atkarībā no λ, zīmē grafiku $m=f(\lambda)$.

Darba uzdevumi.

1. Nograduēt monohromatora *УМ*-2 skalu viļņa garuma noteikšanai, izmantojot dzīvsudraba vai neona lampas spektru.
2. Izmantojot monohromatoru *УМ*-2 un tā graduēšanas grafiku, noteikt dotā gaismas avota spilgtāko līniju viļņa garumus.