

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOI

ÜLDFÜÜSIKA
PRAKTIKUMI
TÖÖJUHENDID

4.

TARTU 1963

23672

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOI

Üldfüüsika kateeder

ÜLDFÜÜSIKA
PRAKTIKUMI
TÖÖJUHENDID

4.

OPTIKA

TARTU 1963

Тартуский государственный университет
СССР, Тарту, ул. Юликооли, 18

РУКОВОДСТВО К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ
ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

IУ

Оптика

На эстонском языке

*

Vastutav toimetaja E. Tamm

Korrektor E. Oja

=====

TRÜ rotaprint 1963. Trükipoognaid 2.

Arvutuspoognaid 1,5. Trükiarv 1000.

MB 08781. Tell. nr. 904.

Hind 5 kop.

2

Tartu Riikliku Olikooli
Raamatukogu

84498

~~ARHIIVKOGU~~

Eessõna.

Käesolevas kogumikus on avaldatud üldfüüsika kateedris viimaste aastate jooksul ülesseatud optikaalaste katsete juhendid. Samuti on siia paigutatud spektromeetri kor-
rastamise juhend, mis on avaldatud 1946.a. ilmunud J.Langi ja A. Pae raamatus "Füüsika praktikum Tartu Riiklikus Üli-
koolis" II.

Sisukorras märgitud autorid on juhendite tõlkijad või kohandajad. Originaalsem on fotoelemendi kaliibrimise töö.

Toimetaja.

SPEKTROMEETRI KORRASTAMINE.

1. Tööülesanne.

Spektromeetri korrastamine mõõtmiseks: pikksilma teravustamine lõpmatusse; pilu reguleerimine kollimaatori läätse fookusesse; pikksilma vaatesuuna risti seadmine oma pöörlemisteljega; kollimaatori risti seadmine pikksilma pöörlemisteljega; pikksilma vertikaalniidi ja pilu paralleelseks seadmine spektromeetri pöörlemisteljega.

2. Töövahendid.

Spektromeeter, valgusallikas, prisma ja tasaparalleelne klaasplaat koos kallutatava alusega.

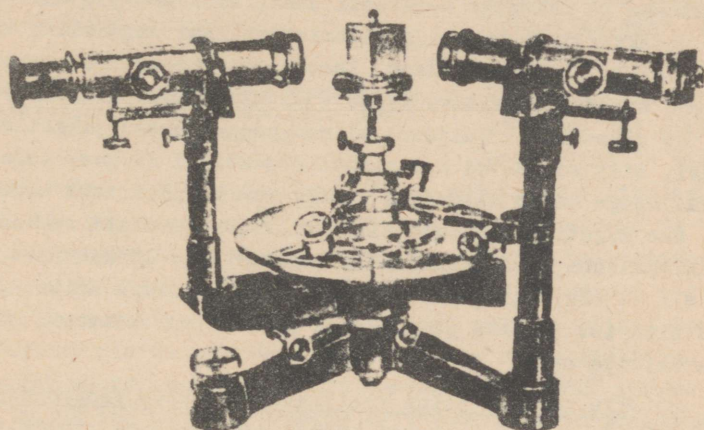
3. Töö käik.

a) Et spektromeetrit kasutada mõõtmiseks, peame ta vastavalt korda seadma. Spektromeetri pilu peab asuma kollimaatori läätse fookuse tasapinnas, et kollimaatorist väljunud kiired oleksid paralleelsed. Pikksilm peab olema teravustatud lõpmatusse kollimaatorist väljuva paralleelse kiirtekimbu vaatlemiseks. Samal ajal peab pikksilma okulaari niitrist olema teravasti näha. Täpseks nurkade mõõtmiseks peavad pikksilma ja kollimaatori vaatesuunad ning prisma aluslaud olema risti spektromeetri pöörlemisteljega ja pilu ning niitristi vertikaalniit sellega paralleelsed.

Korrastamist algame pikksilma teravustamisega lõpmatusse, kuna selle järgi on lihtsam pilu reguleerimine kollimaatori läätse fookusesse.

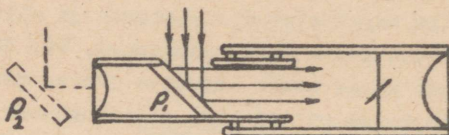
b) Pikksilma teravustamine lõpmatusse. Reguleerime okulaari välimise läätsega niitristi teravaks. Eemaldame pikk-

silma spektromeetrilt ja vaatleme läbi pikksilma mõnd kaugget (praktiliselt lõpmatuses asuvat) eset. Reguleerime eseme kujutise teravaks, selleks okulaari tervikuna nihutades. Siis ongi pikksilm teravustatud lõpmatusse ja niitrist ning eseme kujutis peavad asuma ühes tasapinnas. Sel juhul ei tohi niitrist anda kaugese kujutise suhtes prallaksi, s.o. nihkuda teineteise suhtes, kui silma okulaari ees nihutada. Niiviisi reguleeritud pikksilma asetame endisele kohale spektromeetri külge tagasi.



Joonis 1.
Spektromeeter.

Et vältida igakordset pikksilma eemaldamist lõpmatusse teravustamisel, on mõned spektromeetri pikksilmad varustatud Gaussi okulaariga, mille esiläätse ja niitristi vahel asetseb 45° all kallutatud klaasplaat P_1 (joon.2), millele on võimalik okulaaris oleva külgava kaudu valgust juhtida, kust valgus peegeldub piki pikksilma toru objektiivile poole, valgustades seejuures ka niitristi. Kui okulaaris puudub seesugune plaadike, siis võime ta lisada väljapoole läätse (P_2) ja valgustada küljelt. Kui pikksilm on teravustatud



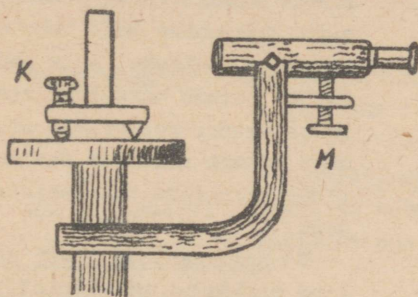
Joonis 2. Gaussi okulaar.

lõpmatuse ja niitrist teravasti näha, siis asetseb niitrist objektiivi fookuses ja niitristist läbi objektiivi väljunud kiired on paralleelsed. Asetame spektromeetri prisma alusele tasase peegeldava pinna (näiteks prisma külgtahu) nii, et pikksilmast väljunud kiired peegelduksid pikksilma tagasi, siis koonduvad nad uuesti objektiivi fookuse tasapinda. Seega tekib niitristi tasapinnas ka niitristi kujutis. See kujutis on ainult siis terav ja niitristi suhtes parallaksivaba, kui pikksilm on teravustatud lõpmatuse. Kui see nii ei ole, siis nihutame okulaari tervikuna niikaua, kuni niitrist ja tema peegeldunud kujutis on teravasti ning parallaksita näha.

c) Pilu reguleerimine kollimaatori läätse fookusesse.

Kui pikksilm on teravustatud lõpmatuse, siis on lihtne reguleerida kollimaatori pilu läätse fookuse tasapinda. Selleks valgustame pilu ja vaatleme kollimaatorist väljunud kiiri pikksilmaga. Lõpmatuse teravustatud pikksilm annab terava kujutise ainult paralleelseist kiirtest. Kollimaatorist väljunud kiired on aga ainult siis paralleelsed, kui pilu asetseb kollimaatori läätse fookuses. Seega on pilu õige asukoha tunnuseks pilu terav kujutis lõpmatuse teravustatud pikksilmas. Meil tarvitseb pilu niikaua nihutada, kuni kujutis muutub teravaks ega anna niitristi suhtes parallaksi.

d) Pikksilma vaatesuuna risti seadmine oma pöörlemisteljega. Selleks kasutame alusel kruviga K kallutatavat täiesti tasaparalleelset klaasplaati P (joon.3), mille asetame

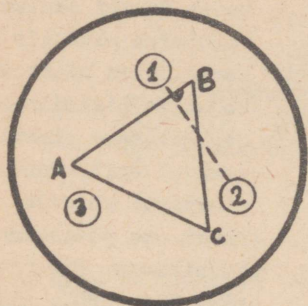


Joonis 3. Klaasplaadi kasutamine pikksilma risti seadmiseks pöörlemisteljega.

paralleelne pöörlemisteljega. Viime kujutised kattumiseni, kaotades poole erinevust plaadi kruvi K keeramisega ja teise poole pikksilma asendi muutmiseega kruvi M keeramisega. Pöörame pikksilma uuesti 180° esialgsesse asendisse tagasi ja viime kujutised kattumiseni, tehes endisel viisil pool parandust plaadi kallutamise ja teise poole pikksilma kaldenurga muutmise. Menetlust kordame, kuni 180° pöörde puhul kujutised mõlemas asendis kattuvad. Siis on pikksilma vaatesuund risti pöörlemisteljega.

e) Prisma aluslaua risti seadmine pikksilma pöörlemisteljega. Prisma aluslaua asend on reguleeritav kolme kruviga. Aluslaua risti seadmiseks pikksilma pöörlemisteljega asetame prisma aluslauale nii, et ta üks tahk AB oleks risti kahe reguleerimiskruvi, näiteks 1. ja 2. ühendusjoonega (joon.4). Pöörame pikksilma risti tahuga AB ja viime niitristi kujutise kattumisele tahult peegeldunud niitristi kujutisega, parandades pool erinevust kruviga 1 ja teise poole kruviga 2. Seejuures ei tohi muuta pikksilma asendit. Kui kujutised kattuvad, on tahk AB risti pikksilma vaatesuunaga. Edasi pöörame pikksilma nii, et prisma mingilt teiselt tahult, näiteks BC-lt, peegeldub niitristi kujutis pikk-

prisma alusele. Kasutades Gaussi okulaa-ri, otsime plaadilt peegeldunud niitristi kujutise pikksilmas ja kallutame plaati kruvi K abil, kuni niitristi kujutis ühtib oma peegeldunud kujutisega. Pöörame pikksilma 180° , siis niitristi kujutis ei ühti enam oma peegelpildiga, kui pikksilm pole risti ja plaat



Joonis 4. Prisma aluse reguleerimine.

ti üle pilu keskkoha niidi. Juhime pikksilma otse kollimaatori valgustatud pilule, kallutame kollimaatorit vastava kruviga, kuni pilu keskkoha tähistav niit ühtib pikksilma horisontaalniidiga. Seejuures ei tohi pikksilma kaldenurka muuta.

g) Vertikaalniidi ja pilu paralleelseks seadmine spektromeetri pöörlemisteljega. Juhime pikksilma otse kollimaatorile ja reguleerime pilu paralleelseks vertikaalniidiga. Asetame nüüd prisma aluslauale pöörlemisteljega paralleelse ja kollimaatorist tulevatele kiirtele umbes 45° all peegeldava klaaspinna ning juhime pikksilma klaasi pinnalt peegeldunud pilu kujutisele. Kui pilu ja niitristi kujutised pole enam paralleelsed, siis keerame nad paralleelseks, tehes pool parandust pilu pööramisega ja teise poole niitristi pööramisega. Seega oleme pikksilma vertikaalniidi ja pilu seadnud paralleelseks spektromeetri pöörlemisteljega.

silma. Kujutised viime kattumisele ainult kruvi 3 keeramisega. Seejuures jääb tahu AB tasapind endiseks, kuna pöördumine toimub tasapinna ristjoone ümber. Sel viisil oleme prisma aluslaua seadnud risti pikksilma pöörlemisteljega.

f) Kollimaatori risti seadmine pikksilma pöörlemisteljega. Kollimaatori suuna täpselt määramiseks kleebime ris-

SUHKRULAHUSE REFRAKTOMEETRILINE ANALÜÜS REFRAKTOMEETRIGA P77-2.

1. Tööülesanne.

Refraktomeetri ehituse ja tööpõhimõttega tutvumine. Antud suhkrulahuse murdumisnäitaja ja suhkrusisalduse määramine.

2. Töövahendid.

Refraktomeeter koos refraktomeetrilise tabeliga, destilleeritud vesi riista nullseisu kontrolliks, uuritav suhkrulahus, puhastusvahendid.

3. Refraktomeetri ehitus ja tööpõhimõte.

Refraktomeetriteks nimetatakse riistu aine murdumisnäitaja määramiseks.

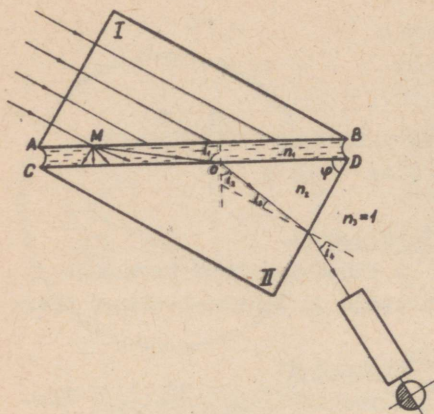
Murdumiseaduse põhjal on langemisenurga i_1 ja murdumisenurga i_2 siinuste suhe jääv suurus

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}.$$

Suurust n_{21} nimetatakse keskkonna, kuhu kiir murdus, suhteliseks murdumisnäitajaks esimese keskkonna suhtes. Aine murdumisnäitajat vaakuumi suhtes nimetatakse selle aine absoluutseks murdumisnäitajaks n . Kahe aine suhteline murdumisnäitaja võrdub nende ainete absoluutsete murdumisnäitajate suhtega

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Refraktomeetrite ehituse aluseks on järgmine optiline meetod. Refraktomeetri olulisemateks osadeks on valgustaja prisma I ja suure murdumisnäitajaga ainest mõõteprisma II (jocn.1).



Kui valguskiirte kimp langeb valgustaja prisma mateeritud tahule AB, siis muutub viimane kõikvõimalikes suundades levivate valguskiirte allikaks.

Mõõteprisma II ülemine tahk CD on poleeritud. Mõõteprisma murdumisnäitaja on n_2 ; prismade tahkude vahele viiakse uuritav vedelik murdumisnäitajaga n_1 .

Joonis 1.

all langeva kiire MO edasine käik on määratud murdumisseeadusega

Tahule CD nurga i_1

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{ja} \quad \frac{\sin i_3}{\sin i_4} = \frac{1}{n_2}. \quad (1)$$

Et mõõteprisma murdumisnäitaja n_2 on suurem kui uuritava vedeliku murdumisnäitaja n_1 , siis maksimaalsele langemisnurgale $i_1 = 90^\circ$ vastaks maksimaalne nn. murdumise piirnurk i_2 . Langemisnurk on 90° piki tahku CD libisevate kiirte jaoks, mis esinevad ainult siis, kui vedelikukiht prismade vahel on väga õhuke. Maksimaalse murdumisnurga all murdunud kiired langevad prisma II teisele murdvale tahule aga minimaalse langemisnurga all ning murduvad õhku (murdumisnäitaja $n_3 = 1$) minimaalse nurga all. Kõik teised kiired, mis langevad mõõteprisma poleeritud tahule 90° -st väiksemate nurkade all, murduvad õhku vastavalt suuremate nurkade all.

Et tahule CD langeb lai kiirtekimp, siis väljuvad prismast paralleelsed kiirtekimbud mitmesuguste nurkade all, mis on suuremad teatud i_4 väärtusest, mis vastas langemisnurgale $i_1 = 90^\circ$. Kui lõpmatusse teravustatud pikksilma optiline telg suunata minimaalse väljumisnurgaga kiirte sihis, siis selle

nurga all prismast väljunud kiirtekimp koondub pikksilma fokaaltasandile optilisel teljel. Suuremate nurkade all väljuvad paralleelsed kiirtekimbud koonduvad fokaaltasapinnale vasakule (joon.1). Seega on parem pool vaateväljast heledalt valgustatud (kujutis pikksilmas on ümber pööratud).

Minimaalsest nurgast väiksemate nurkade all väljuvad kiired puuduvad - seega vaatevälja vasem pool on tume. Lahutuspiiri asend on määratud libisevale kiirele vastava väljumisnurgaga i_4 .

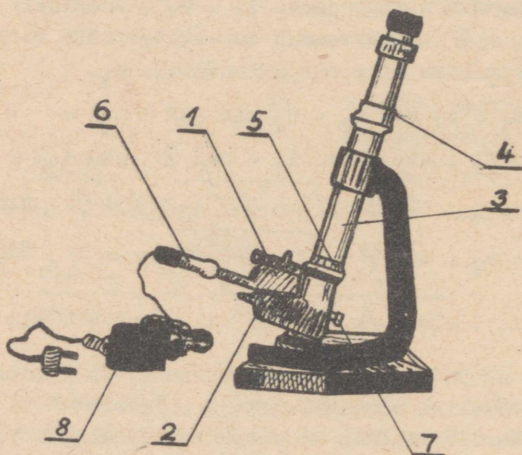
Libisevate kiirte jaoks $i_1 = 90^\circ$. Jooniselt 1 on näha, et $i_2 + i_3 = \varphi$. Üaltoodut arvestades võib valemite (1) avaldada tundmatu aine murdumisnäitaja n_1 .

$$\begin{aligned} n_1 &= n_2 \sin i_2 = n_2 \sin (\varphi - i_3) = \\ &= n_2 (\sin \varphi \cos i_3 - \cos \varphi \cdot \sin i_3) = \\ &= n_2 (\sin \varphi \cdot \sqrt{1 - \sin^2 i_3} - \cos \varphi \cdot \sin i_3) = \\ &= n_2 (\sin \varphi \cdot \sqrt{1 - \frac{\sin^2 i_4}{n_2^2}} - \cos \varphi \cdot \frac{\sin i_4}{n_2}). \\ n_1 &= \sin \varphi \sqrt{n_2^2 - \sin^2 i_4} - \cos \varphi \cdot \sin i_4. \quad (2) \end{aligned}$$

Kuna n_2 ja φ (prisma murdev nurk) on konstantsed, on tundmatu vedeliku murdumisnäitaja n_1 määratud minimaalse nurgaga i_4 . Saadud valemite kasutatakse tavaliselt refraktomeetrite gradueerimisel või arvutustabelite koostamisel.

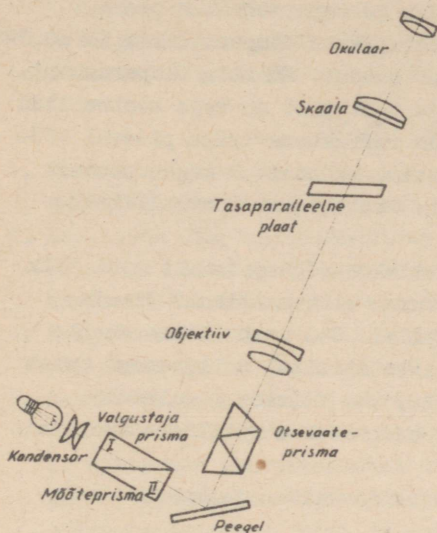
Refraktomeetrit PПП-2 kasutatakse suhkrutööstuses suhkrolahuse murdumisnäitaja kaudu lahuse kuivaine kaalu-protsendi määramiseks. Mõõta võib ka teiste vedelike murdumisnäitajaid vahemikus 1,3330 - 1,3811.

Riista optiline skeem on järgmine (joon.3). Elektrilambist suunduvad kiired kaheläatselise kondensori kaudu valgustajasse prisma I. Kiired läbivad uuritava vedeliku õhukese kihi ja mõõteprisma II. Peegeldudes tasapeeglit, suunduvad kiired otsevaateprismasse. Otsevaateprisma pööramisega ümber riista optilise telje kõrvaldatakse värviline lahuspiir, mis tekib dispersiooni tõttu prismades I ja II



Joonis 2.

1 - šarniirselt ühendatud ülemine kamber valgustaja prisma; 2 - kamber mõõteprismaga; 3 - pikksilm; 4 - limb; 5 - rõngas värvilise vahevööndi kõrvaldamiseks; 6 - valgustuslamp kronsteinil; 7 - nullseisu reguleerimise seade; 8 - transformaator.



Joonis 3.

ri tabelist leitakse skaala ja limbi näitudele vastavad murdumisnäitaja väärtused.

4. Töö käik ja riista hooldamine.

Mõõteprisma tahule viiakse klaaspulga või pipeti abil tilk uuritavat vedelikku, misjärel ülemine kamber ettevaatlikult suletakse.

Vaadates pikksilma läbi okulaari, seatakse valgustuslamp kronsteinil nii, et vaateväli oleks ühtlaselt valgustatud. Kõik mõõtmised selle riistaga tehakse valgese valguses. Rõngast 5 (joon.2) pöörates kõrvaldatakse värviline vaheriba ning saadakse terav lahuspiir. Lugemi tegemiseks peab limbi 4 pöörates viima lahuspiiri kuni kõige lähema ülemise jaotiseni skaalal ja skaala lugemile lisama limbi lugemi.

Murdumisnäitaja määramiseks tabelist tuleb aluseks võt-

ning vedelikukihis. Edasi suunduvad kiired pikksilma. Okulaari fokaaltasandis on skaala jaotistega 0 - 100, mis vastab murdumisnäitajatele 1,3330-1,3811. Riista limb on ühendatud tasaparalleelse plaadiga, mille pööramisel toimub vaateväljas valgus - varju lahuspiiri nihkumine.

Pöörates limbi 10 jaotise võrra, nihkub lahuspiir 1 jaotise võrra skaalal. Seega loetakse limbilt riista skaala kümnendikke jaotisi. Refraktomeet-

ta kolme mõõtmise keskmine ühe ja sama vedeliku jaoks.

Riist on ette nähtud töötamiseks temperatuuril $20 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$.
Praktikumis vastav termostaat puudub. Märkida temperatuur!

Enne uuritava vedelikuga töötamist on vaja kontrollida riista nullseisu. Kirjeldatud refraktomeetriga pideval töötamisel kontrollitakse nullseisu vähemalt 2 korda päevas või vahetult enne töö algust. Praktikumis kontrollitakse nullseisu enne töö algust.

Nullseisu kontrolliks viiakse mõõteprismale mõni tilk destilleeritud vett ja suletakse ettevaatlikult ülemine kamber. Vaadeldakse lahutuspiiri. See peab ühtima skaala nulljoonega. Lahutuspiiri mitteühtimisel nulljoonega tuleb sellest teatada tööjuhatajale, kes viimase reguleerib.

Värvilise lahuse puhul kasutatakse optilises süsteemis valgusfiltrit.

Refraktomeetrit tuleb hoida kuivas ja kaitsta teda tolmu eest.

Mõõteprisma poleeritud pinda ei tohi kriimustada. Tilka kandva klaaspulga ots olgu ümmarguseks sulatatud.

Kasutada võib ainult puhtaid, filtreeritud lahuseid. Kui lahus sisaldab hõljuvaid osakesi, siis jääb lahutuspiir ebateravaks. Uuritavas lahuses sisalduvad kristallid võivad rikkuda prisma poleeritud pinda.

Pärast tööd puhastatakse prismade tahud pehme puhta lapi või vatiga, mis on niisutatud vees või piirituses, ning alles siis kuivatatakse.

Kui riista ei kasutata, siis asetatakse prismade kambrite vahele filterpaberi või hügrokoopse vati kiht.

Tehnilisi karakteristikuid.

Murdumisnäitaja " n_D " on määratav vahemikus 1,33299 - 1,38110, mis vastab kuivainete sisaldusele 0 - 30%.

Riista viga on $\pm 0,1$ skaala jaotist, millele vastab $\pm (4,4 - 5) \cdot 10^{-5}$ " n_D "-st.

Maksimaalne keskmine dispersioon $n_F - n_C$, mida saab otsevaateprismaga kompenseerida, on 0,00849.

Normaalne töötemperatuur on $(20 \pm 0,2)^{\circ}\text{C}$.

Valgusallikat, tüüp MH-15 (6,3 volti, 0,28 amprit) toidetakse võrgust 220 volti pinget madaldava trafo kaudu.

Lisaülesandeid.

1. Kuidas on juhendis nimetatud murdumise piirnurk seotud täieliku sisepeegeldumisega?
2. Selgitada dispersiooninähtuse olemust. Mis on eridispersioon ja keskmine dispersioon?
3. Kuidas otsevaateprisma kompenseerib dispersiooni?
4. Selgitada lahutuspiiri nihkumist tasaparalleelse plaadi pööramise abil.
5. Kasutades valemit (2), ehitada graafikud, mis väljendavad refraktomeetri mõõtepiirkonna ülemise ja alumise raja sõltuvust refraktomeetri murdva nurga (φ) suurusest ja mõõteprisma murdumisnäitajast n_2 . Murdumisnäitaja väärtuse esimesel juhul ja murdva nurga väärtuse teisel juhul määrab juhendaja.

Kirjandus.

1. Ландсберг, Г.С., Оптика, Москва 1957, § 131-132.
2. Кортнев, А.В., Рубель, Ю.В., Куценко, А.Н., Практикум по физике, Москва 1961, lk. 298-300.
3. Lang, J. jt., Füüsika üldkursus II, Tallinn 1961, § 161-163.

SUHKRULAHUSE SUHKRUSISALDUSE MÄÄRAMINE SAHHARI- MEETRIGA CY-2.

1. Tööülesanne.

Sahharimeetri ehituse ja tööpõhimõttega tutvumine. Antud suhkrulahuse ruumilise ja kaalulise kontsentratsiooni määramine.

2. Töövahendid.

Sahharimeeter CY-2, toru suhkrulahusega täitmiseks, uuritav suhkrulahus, vahendid toru puhastamiseks.

3. Polariseeritud valguse mõiste ja ainete optiline aktiivsus.

Maxwelli loodud valguse elektromagnetilise teooria kohaselt tekib valgus aine aatomite elektriliselt laetud koostisosakeste võnkumise tagajärjel ning levib ruumis perioodiliselt muutuva elektromagnetilise vahelduvväljana. Valguse levikusuunda nimetatakse kiireks. Valgus on ristlainetus, kuna võnkumised toimuvad risti kiirega (siin ja edaspidi mõeldakse võnkumiste all laine elektrilise komponendi - elektrivälja tugevuse vektori võnkumisi). Tavalise valguse korral on võnkumised valguskiirt läbivates kõikvõimalikes tasandites. Valgust, mille puhul võnkumised toimuvad ühes ja samas tasandis, nimetatakse polariseeritud valguseks.

Polariseerida võib valgust polarisatsiooniprismade ehk nikolite abil. Viimastel on omadus läbi lasta ainult kindlas tasandis toimuvaid võnkumisi.

Kui valgus läbib kaht nikolit, siis olenevalt nende vastastikusest asendist märgatakse erinevaid nähtusi. Valgus-

allikapoolse prisma ülesanne on valguse polariseerimine. Teine prisma on analüsaatoriks.

Analüsaatorit läbinud valguse intensiivsus sõltub teemale langeva polariseeritud valguse võnketasandi orientatsioonist nikoli peatasandi suhtes (peatasand - kristalli optilise peatelje ja langeva kiire poolt määratud tasand). Nende tasandite ristseisu korral ei läbi valgus analüsaatorit, paralleelsete tasandite korral aga läbib täielikult. Vahepealsetes asendites kustub valgus osaliselt.

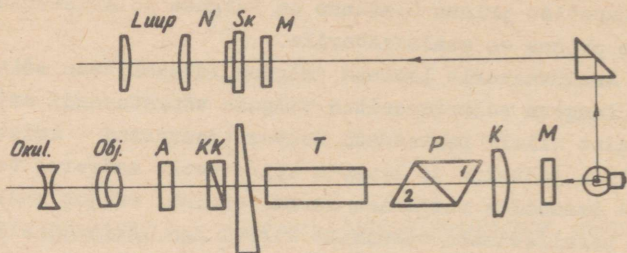
On olemas rida aineid, mis polariseeritud valguse võnketasandit pööravad. Neid aineid nimetatakse optiliselt aktiivseteks. Kui vaadata kiire levimise vastassuunas, siis mõned optiliselt aktiivsed ained pööravad võnketasandit vasakule, teised paremale. Sahharoosi (s.o. peedi- ja roosuhkru-) lahused pööravad võnketasandit paremale.

Polariseeritud valguse võnketasandi pöördenurga suurus oleneb valgustatava lahusekihi paksusest ning suhkru kontsentratsioonist. Sellel olenevusel põhinebki töö saharimeetriga.

4. Sahharimeetri ehitus ja tööpõhimõte.

Sahharimeetri optiline süsteem on kujutatud joonisel 1. Elektrilambi kiirgus läbib valgust hajutava mattklaasi M, mille asemel võib olla ka valgusfilter. Edasi läbib valgusvoog kondensorlääts K, mis muudab hajuva kiirtekimbu paralleelseks süsteemi optilise peateljega, ja satub polarisaatorisse P, milleks on spetsiaalse ehitusega Nicoli prisma. (Vt. joonis 1.) Selle esitahul toimub valguse kaksikmurumine ning mõlemad kiired polariseeritakse lineaarselt teineteisega ristuvates tasapindades. Prismasid ühendavalt kanada palsami kihilt juhitakse tavaline kiir täieliku sisepeegeldumise teel kõrvale, kus ta neeldub. Polarisaatori teises prismas toimub valgusvoo lahutamine kaheks osaks, mille võnketasapinnad erinevad teineteisest väikese nurga võrra.

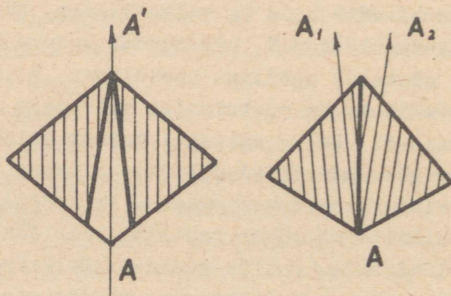
Nikolit läbiva ebataavalise kiire võnketasand on AA' (joon.2). 2. prisma lõigatakse pooleks piki tasandit AA',



Joonis 1.

mõlemalt poolt lihvitakse ära õhuke kiilukujuline osa ning liidetakse nad seejärel kokku. Nüüd toimuvad prisma vasakut poolt läbiva valguse võnkumised tasandis AA_1 , paremat osa läbiva valguse võnkumised tasandis AA_2 . Prisma osade vahejoon poolitab vaatevälja.

Saadud poolvarjupolarimeeter võimaldab suurema täpsusega määrata polarisatsioonitasandi pöördumist, kuna silm hindab vaatevälja poolte heleduse vahet hoopis täpsemalt kui kogu vaatevälja heleduse absoluutset maksimumi või miinimumi.



Joonis 2.

Polarisaatorile järgneb toru T uuritava optiliselt aktiivse vedelikuga ja kvartskompensaator KK, mis koosneb nihutatavast kvartskiilust, mis pöörab võnketasandit vasakule, klaasist kontrakiilust ja liikumatust kvartskiilust, mis pöörab võnketasandit paremale. (Kompensaatoriga kompenseeritakse uuritava lahuse poolt tekitatud võnketasandi pöördumine.)

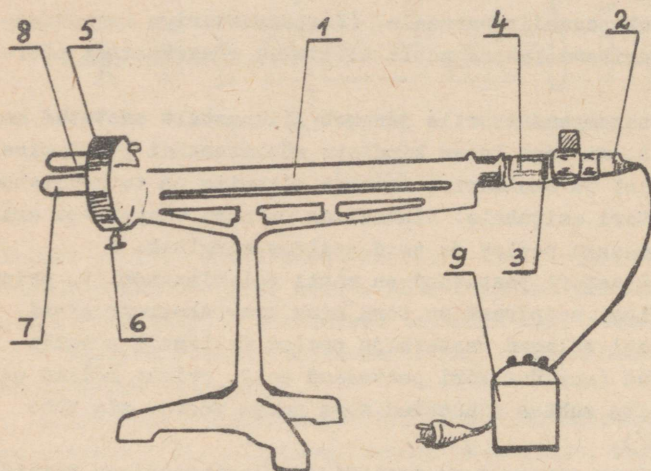
Kvartskompensaatorile järgneb liikumatult asetatud analüsaator A, millega teeme kindlaks võnketasandi pöördumise. Objektiivist ja okulaarist koosnev pikksilm on teravustatud polarisaatori esitahule. Pikksilmas on näha vaatevälja erineva heledusega pooled ja neid eraldav sirglõik.

Analüsaatori peatasand on risti polarisaatori 1. prisma peatasandiga, seepärast on toru ning kvartskompensaatori eemaldamisel mõlemad vaatevälja pooled ühtlaselt nõrgalt valgustatud (analüsaatori peatasand on 2. prisma mõlema osa peatasandite suhtes nihutatud sama nurga võrra, mis vähe erineb 90°).

Aktiivse ainega toru asetamine polarimeetrisse tekitab polarisaatori 2. prismast väljunud kiirte võnketasandite pöördumise teatud nurga võrra, millega vaatevälja ühtlane valgustatus kaob. Selleks, et uuesti saavutada vaatevälja ühtlast valgustust, kasutataksegi kvartskompensaatorit. Nihutatava kiilu paksuse vähenemisel pöörab kompensaator võnketasandit paremale, paksuse suurenemisel pöörab vasakule. Kiilu nihutamisel võib võnketasandit pöörata uuesti nii, et vaatevälja mõlemad pooled oleksid ühtlaselt valgustatud. Kompensatsiooni võib saavutada nii vasakpoolse kui parempoolse pööranguga ainete jaoks.

Kvartskiilu nihkumine, mis on võrdeline uuritava lahuse poolt tekitatava polarisatsioonitasandi pöördenurgaga, fikseeritakse temaga ühendatud nooniusega N varustatud skaalalt Sk.

Sahharimeetris CY -2 (joon.3) kasutatakse rahvusvahelist suhkruskaalat ($/S$), mille $100^{\circ}S$ vastab $34,62$ polarimeetri nurgakraadi.



Joonis 3.

Universaalne saharimeeter CY-2.

1 - kamber uuritava lahusega toru jaoks; 2 - valgustaja; 3 - raam mattklaasi ja valgusfiltritega; 4 - kamber polarisaatoriga; 5 - kompensatsiooniseade; 6 - kremaljeerkruvi, millega muudetakse nihutatava kvartskiilu asendit; 7 - okulaar polarisaatorit läbinud kiirte vaatlemiseks; 8 - okulaar skaala lugemiseks; 9 - transformaatoreid 220 V / 4 V.

100°S pöördenurga tekitab 200,00 mm pikkuses torus saharoosi vesilahus, mille 100 cm³ sisaldub 26,000 g õhus valgevasest vihtidega kaalutud keemiliselt puhast ja kuiva saharoosi, temperatuuril 20°C.

Lahuse ruumiline kontsentratsioon c näitab lahuse iga 100 cm³ kohta tulevat lahustunud suhkru hulka grammides.

Seega 100°S pöördenurga tekitab lahus ruumilise kontsentratsiooniga $c = 26$. Et pöördenurga suurus on võrdeline lahuse kontsentratsiooniga, siis 1°S vastab ruumiline kontsentratsioon $\frac{26}{100}$ ning $n^{\circ}S$ vastab $n \frac{26}{100}$.

Mõõtmisteks valmistatakse standardlahus. Selleks tuleb võtta 26 g lahust, mille kuivaine kaalulist kontsentratsiooni n on vaja määrata (lahuse kaaluliseks kontsentratsiooniks nimetatakse lahuse iga 100 g kohta tulevat lahustunud suhkru hulka grammides). Lahus sisaldab $\frac{n}{100} \cdot 26$ g sahharoosi, nüüd lahjendame saadud lahust destilleeritud veega ruumalani 100 cm³. Saadud standardlahuse ruumiline kontsentratsioon on $n \frac{26}{100}$, millele vastab sahharimeetri näit $n^{\circ}S$.

Seega näitab sahharimeetri lugem otseselt uuritava lahuse kuivaine kaalulist kontsentratsiooni. Ruumilise kontsentratsiooni leiame valemist

$$c = 0,26 n.$$

Kui on määratud lahuse erikaal, võib suhkrulahuse analüüsi teostada standardlahust valmistamata. Sahharimeetri toru täidetakse uuritava lahusega. Sahharimeetri näidu n' järgi arvutatakse ruumiline kontsentratsioon $c = 0,26 n'$ ja kaaluline kontsentratsioon $p = \frac{c}{e}$ (vt. Lang jt. Füüsika praktikum 1960, lk.321).

Neil juhtudel, kus lahus võib puhta sahharoosi kõrval sisaldada veel teisi optiliselt aktiivseid aineid (näit. laktoosi jm.), määratakse sahharoosisisaldus teistel meetoditel.

5. Töö käik.

1. Pikksilma okulaar ja lugemiluup tuleb reguleerida vaateleja silma järgi. Selleks pöörame raamtoru piki telge, kuni vaatevälja pooli eraldav joon on terav. Samuti teravustatakse luubis nähtavad skaala ja nooniuse kriipsud.

2. Riista viimiseks nullseisu eemaldame toru polariimeetrist ja pöörame kremaljeerkruvi nii, et vaatevälja pooled oleksid ühtlaselt valgustatud. Skaala ja nooniuse nullkriipsud peavad ühtima. Nullseisu reguleerib vajaduse kor-

ral praktikumi juhendaja.

3. Pärast nullseisu kontrolli võib alustada mõõtmisi. Mõõtmistel kasutame kindla pikkusega torusid, mis on suletud spetsiaalse katteklaasiga. Hermeetiliseks sulgemiseks on klaasi juures kummirõngas.

Enne tarvitamist tuleb torud pesta ja kuivatada. Selleks surume läbi toru puuvarda abil kuiva filterpaberitombukese.

4. Toru katteklaasid ise ei tohi olla optiliselt aktiivsed. Selle kontrolliks täidame ta destilleeritud veega ja kontrollime vaatevälja heleduse ühtlust. Seejuures pöörame toru kambris ümber pikitelje. Kui vaateväli ei muutu, siis on toru kõlblik.

Toru täitmisel tuleb valada lahust nii, et oleks välditud õhumullide jäämine torusse. Katteklaasid peavad olema kuivad ja puhtad. Katteklaase ei tohi liiga tugevasti kinni kruvida, see võib muuta klaasid optiliselt aktiivseiks ning kutsuda esile lisapöörangut. Katteklaasiks ei kõlba harilik klaas. Kui toru pikkus on kulunud alla 199,90 mm, siis ta mõõtmisteks enam ei kõlba. Täpsetel mõõtmistel toru termos-tateeritakse.

5. Asetame riista kambrisse toru uuritava suhkrulahusega. Selle tagajärjeks on vaatevälja poolte ebaühtlus. Kremaaljeerkruvi abil viiakse vaateväli jälle ühtlaseks. Lugem võetakse nooniuse abil 0,1 jaotise täpsusega. Suhkrulahuse kontsentratsioonid määratakse vähemalt 5 mõõtmise keskmisena.

Kui uuritav lahus on hele, siis viiakse valgustaja liikuv raam keskseisu, s.t. seatakse ette mattklaas. On aga lahus tume, siis viiakse raam äärmisse seisu paremal (vaadates riista pikksiilma poolt). Nii saadakse vaatevälja maksimaalse tugevusega valgustus.

Uurides värvituid või nõrga värviga suhkrulahuseid, on vaatevälja pooled vähesel määral eri värvi (nõrgalt kollakas või sinakas). See raskendab väljade ühtlustamist. Siis on raam vaja nihutada äärmisse seisu vasemal.

6. Töö lõpul puhastame vahendid pehme ligniinpaberiga.

Toru loputame destilleeritud veega. Katteklasse võib puhastada pulgakese otsa pandud õhukese hügrokoopse vatikihiga või ligniinpaberiga. Tuleb hoiduda klaasi poleeritud pinna kriimustamisest.

Lisaküsimusi.

1. Selgitada valguse võnketasapindade orientatsiooni muutumist kiire läbimisel sahharimeetrist.
2. Miks tööl sahharimeetriga kasutatakse valgusfiltreid?
3. Miks poolvarjupolarimeeter on kasutamiseks otstarbekam kui 2 nikolist koosnev süsteem?
4. Tuletada seos lahuse ruumilise ja kaalulise kontsentratsiooni ning erikaalu vahel.
5. Kuidas arvutada suhkrulahuse eripöörangut (pöördenurka, mille tekitab 1 dm paksune suhkrulahus ruumilise kontsentratsiooniga 1), kui on teada sahharimeetri näit $^{\circ}S$.

Kirjandust.

1. Lang, J. jt., Füüsika praktikum, 1960, lk.318-323.
2. Lang, J. jt., Füüsika üldkursus II.
3. Фриш, С.Э. и Тиморева, А.В., Курс общей физики, т. III, lk. I7I-2II.

TÖID FOTOELEMENTIDGA.

1. Tööülesanne.

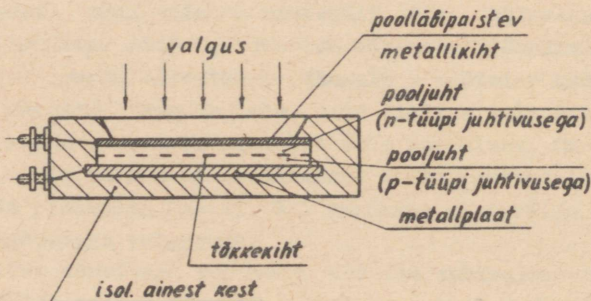
- 1) Fotoelemendi kaliibrimine.
- 2) Hõõglambi valgusvoo jaotuse uurimine.
- 3) Valgusti valgusvälja uurimine.

2. Töövahendid.

Tõkkekihtfotoelement, mikroampermeeter, takistusmaga-
sin, tuntud hõõglamp (6 V, 21 cd), transformaator, pinge-
stabilisaatorid, optiline pink lambi ja fotoelemendi hoidja-
ga ning diafragma, uuritav lamp goniomeetriga alusel, uurit-
tav valgusti statiivil ja joonlaud.

3. Sissejuhatus.

Töös kasutatakse tõkkekihtfotoelementi (joonis 1). See
koosneb metallplaadile kantud pooljuhikihist, mis on pealt



Joonis 1.

kaetud poolläbipaistva metallikihi. Valgustamisel pooljuhis vabanevad elektronid. Kuna nende difusioon läbi tõkkekihi (potentsiaalibarjääri tõttu) võib toimuda ainult ühes suunas, siis tekib fotoelemendi klemmidel potentsiaalivahe, mis tekitab välisvooluringis voolu. Voolu tugevus on võrdeline valgusvoo suurusega.

Et fotoelemendi saaks rakendada pinnavalgustuse mõõtmiseks (luksmeetrina), tuleb ta vastavalt kalibriida. Seda tehakse tuntud valgustugevusega lambi abil. Fotoelemendi pinnavalgustuse saame valemi

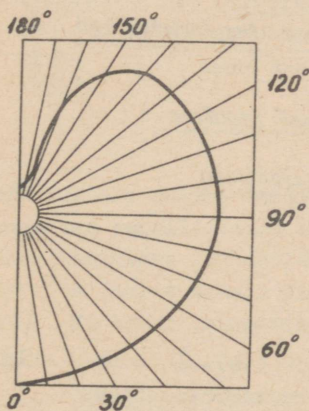
$$E = \frac{1}{r^2}$$

abil, kus i on valgusallika valgustugevus ja r on fotoelemendi kaugus lambist (risti langeva valguse ning küllalt suure kauguse korral).

Hõõglambi hõõgniidi asendi ja kuju tõttu ei jagune valgusvoog (valgustugevus) lambi ümber ühtlaselt (joonis 2).

Soovitava valgusvoo jaotuse saamiseks kasutatakse valgusteid (kupleid). Valgusvoo jaotus lambi ümber huvitab meid üldvalgustite puhul.

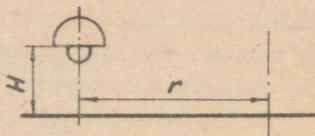
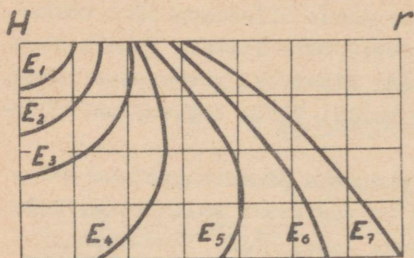
Valgusti sobivuse üle antud töökoha valgustamiseks võime otustada tema ruumiliste võrdse valgustuse kõverate (valgusvälja) järgi. Võrdse valgustustugevusega kõverad antakse tavaliselt täisnurkses koordinaadistikus (joonis 3), kus H on valgusti kõrgus ja r kaugus valgusti telgjoonest (raadius). Enamik valgusteid on telgsümmeetrilised ja seetõttu antakse valgusväli ainult ühes suunas.



Joonis 2.

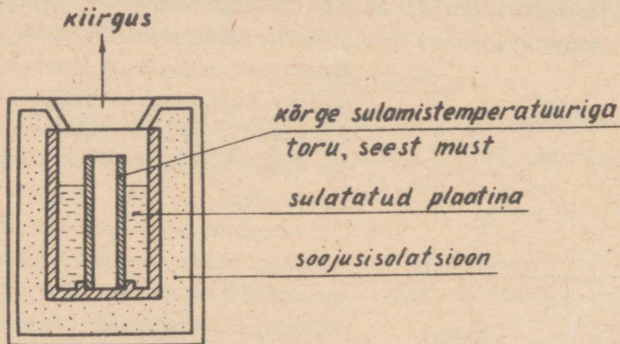
Enamik valgusteid on telgsümmeetrilised ja seetõttu antakse valgusväli ainult ühes suunas.

Valgustehnikas kasutatakse sagedamini järgmisi ühikuid.



Joonis 3.

Valgustugevust mõõdame küünaldes (cd). 1 küünal on $\frac{1}{60}$ absoluutselt musta keha (õõneskiirgaja) 1 cm^2 kiirgusest plaatina tahkumise temperatuuril. Sellise valgusetalooni ehitus on antud joonisel 4.



Joonis 4.

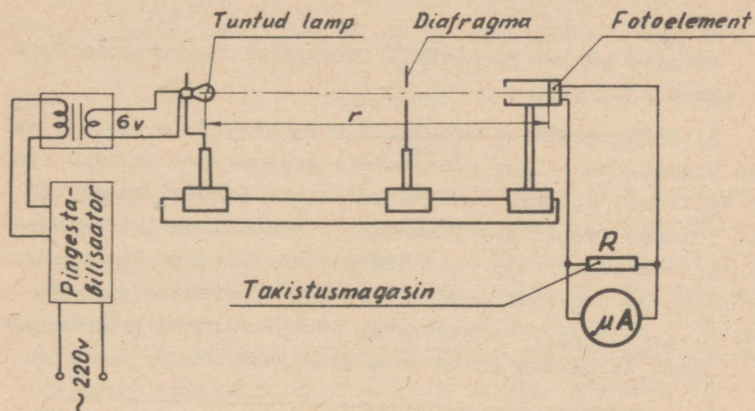
Valgusvoogu mõõdame luumenites (lm). Luumen on valgusvoog, mida kiirgab 1 küünal ühte ruuminurga ühikusse.

Pinnavalgustuse mõõtühikuks on luks (lx). Pinnavalgustus on 1 luks, kui pinnale 1 m^2 langeb ühtlane valgusvoog 1 lm.

Pinnaheledust mõõdame nittides (nt). 1 nitt on niisuguse pinna heledus, mille igalt ruutmeetritl kiiratakse pinnaga ristisuunas valgustugevus 1 küünal.

4. Töö käik.¹

1) Fotoelemendi kalibreerimiseks teostame päevavalgel (aparatuur on nii ehitatud, et päevavalgus mõõtmise ei sega), kasutades selleks joonisel 5 toodud katseskeemi. Muudame fotoelemendi kaugust r tuntud valgusallikast (6 V; 21 cd) ja märgime üles mikroampermeetri vastavad lugemid.



Joonis 5.

Mõõteriista vajaliku tundlikkuse saamiseks lülitame fotoelemendiga paralleelselt takistusmagasini R ja valime sealt sobiva takistuse (et mõõteriista osuti jääks ka väikeste r väärtuste juures skaala piiridesse). R valitakse 100 ... 300 Ω . Et lambi valgustugevus sõltub toitepingest, siis ka-

¹ Iga üliõpilane sooritab töö käigus ülesanded 1 ja 2 või 1 ja 3, vastavalt juhendaja korraldusele. Fotoelemendiga töötamisel käsitseda teda ettevaatlikult. Aktiivset pinda mitte puutada. Valgustada ainult mõõtmiseks vajalikul ajal, mõõtmiste vaheajal katta. Lähedalt ja tugeva valgusega valgustamine (üle 800 lx) rikub fotoelemendi jäädavalt.

sutame võimalike kõikumiste vältimiseks pingestabilisaatorit. Lähemale kui 20 cm lampi fotoelemendile lähendada ei tohi. Saadud andmed paigutame järgnevasse tabelisse.

Kaugus r meetrites	Mikroampermeetri hälve	Pinnavalgustus $E = \frac{i}{r^2}$

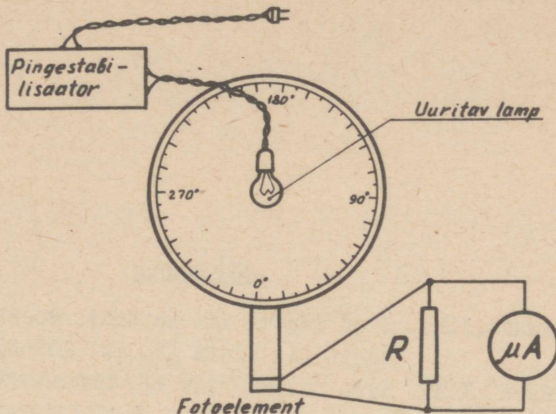
Andmete põhjal joonistada luksmeetri kalibriimiskõver (E olenevus α -st).

2) Mõõta tundmatu hõõglambi valgustugevuse jaotus. Selleks kinnitatakse lamp pööratavale goniomeetri kettale (joonis 6). Lambi hõõgniit peab asuma ketta tsentri kohal. Ka siin toidame lampi läbi pingestabilisaatori. Eelmises osas kalibreeritud luksmeetri fotoelement kinnitatakse vastavasse hoidjasse ja pöörates lampi $0 \dots 180^\circ$ (piirdume sellega oletusel, et valgusvoo jaotus on sümmeetriline) kanname iga 10° tagant tabelisse vastavad mõõteriista lugemid.

Lambi pöördenurk kraadides	Mikroampermeetri hälve	Pinnavalgustus lx
0		
10		
20		

Joonistada lambi valgustugevuse jaotus, kandes ära pöördenurkadele vastavad pinnavalgustused vastava pikkusega raadiusvektoritena ja ühendades nende otspunktid.

3) Määrata juhendaja poolt antud valgusti valgusväli. Selleks leiame eespool kalibreeritud luksmeetri abil võrdse pinnavalgustusega punktide kaugused r lambi sümmeetriateljest valgusti erinevate kõrguste H jaoks. Mõõtmist on soovitatav teostada nii, et asetame fotoelemendi valgusallika süm-



Joonis 6.

meetriatelje alla ning lähendame valgusallikat kuni luksmeetri maksimaalse näiduni. Mõõdame lambi kõrguse fotoelemendist (valgustatavast pinnast). Nihutame nüüd fotoelemendi sümmeetriateljest risti (mööda lauapinda) kohtadesse, kus luksmeetri näidud on endisest 0,9, 0,8 jne. (kuni 1,0 m kaugusele). Tõstame nüüd lambi kõrgemale, näiteks nii, et luksmeeter näitaks lambi all 0,9 eelmise mõõtmise kõige suuremast näidust ning kordame eelneva. Ka siin kasutame pingestabilisaatorit.

Tulemused võiks paigutada järgmisesse tabelisse.

Kõrgused	Kaugused, mis vastavad valgustugevustele			
	E	0,9 E	0,8 E	0,7 E
H ₁	0	r ₁ ⁱ	r ₁ ⁱⁱ	r ₁ ⁱⁱⁱ
H ₂	-	0	r ₂ ⁱ	r ₂ ⁱⁱ
H ₃	-	-	0	r ₃ ⁱ

Tulemuste alusel joonistame graafiku, kus võrdse pinnavalgustusega ruumpunktid on omavahel ühendatud.

Kirjandus.

1. Ливенцев, Н.М., Курс физики для медиков, Москва 1960, часть II, глава 12, lk. 289-302.
2. Путилов, К.А., Курс физики, том II, Москва 1959, § 54.
3. Ландсберг, Г.С., Оптика, Москва 1957, § 167-177, lk. 7-10.
4. Lang, J. jt., Füüsika üldkursus II, Tallinn 1961, § 246.

Sisukord.

	Lk
1. Spektromeetri korrastamine (J. Lang, A.Pae)	4
2. Suhkrulahuse refraktomeetriline analüüs refraktomeetriga PMA-2 (H.Marran, V. Kornel)	9
3. Suhkrulahuse suhkrusisalduse määramine saharimeetriga CY -2 (H. Marran, V. Kornel)	16
4. Töid fotoelemendiga (V. Kark)	24

Trükivigu

Lk.	Rida	On trükitud	Peab olema
56	18 ülalt	$\frac{(1+\alpha_s t)}{1+\alpha_t t}$	$\frac{l(1+\alpha_s t)}{1+\alpha_t t}$
86	2 ülalt 7 „	V_e	V_e
87	4 ülalt	P	P_v

Hind 5 kop.

A

23672

84 498

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00365871 5