

ENSV Kõrgema ja Keskerihariduse
Ministeerium
E.Vilde nim. Tallinna Pedagoogiline
Instituut

**füüsika
metoodika
praktikumi
töö- 2. OSA
juhendid**

TALLINN 1973

ENSV KÕRGEMA JA KESKERIHARIDUSE MINISTEERIUM
E. Vilde nim. Tallinna Pedagoogiline Instituut

FÜÜSIKA METOODIKA PRAKTIKUMI TÕOJUHENDID

II osa

Koost. A. Kamo ja J. Hendre

Tallinn 1973

Heaks kiidetud E. Vilde nim. Tallinna Pedagoogilise Insti-
tuudi matemaatika-füüsikateaduskonna nõukogu poolt 14. jaa-
nuaril 1972.a., protokoll nr. 3.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ЭССР

Таллинский педагогический институт им. Э. Вильде

Кафедра физики

Таллин, Нарвское шоссе 41

А. Э м м о, Я. Х е н д р е

УКАЗАНИЯ ПРАКТИКУМА ПО МЕТОДИКЕ

ФИЗИКИ

II

На эстонском языке

F₂

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

Vastutav toimetaja V. Riismanel

Korrektor E. Kaal

Kaane kujundus E. Kallam

ARHIIVKOOGU

Trükkida antud 27. III 1973. Paber 60x84/16
Trükipg. 4,5. Tingpg. 4,19. Arvestuspg. 3,35
Tiraaz 300. MB-03450. Tell. 302
TPI rotaprint, Tallinn, Koskla 2/9
Hind 12 kop.

Eessõna

Käesolev "Füüsika metoodika praktikumi tööjuhendid II osa" on järg 1970.a. ilmunud A. Enno samanimelisele väljaandele ja J. Hendre 1971.a. ilmunud tööle "Võnkumised ja lained". Käesolevas töös on demonstratsioonkatseid magnetvälja, elektromagnetilise induktsiooni, optika ja aatomi ehituse käsitlemiseks keskkoolis. Katsete valikul on arvestatud kavandatavate muudatustega keskkooli füüsika programmis. Pole korratud demonstratsioonkatseid, mida on kirjeldatud 1969.a. kirjastuse "Valgus" kirjastamisel ilmunud A. Enno ja V. Paju raamatus "Füüsika katsed kaheksaklassilises koolis".

Juhend on ette nähtud füüsika õpetajaks ettevalmistuvatele üliõpilastele.

I. E L E K T E R

A. ELEKTRIVOOLU MAGNETVÄLI.

1. 1. Kahe sirgvoolu vastastikune mõju.

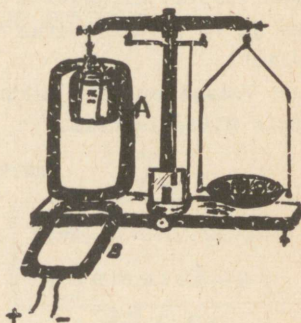
Kahe paralleelse sirgvoolu vastastikuse mõju demonstreerimiseks tuleb mähkida lakkisolatsiooniga vasktraadiga ($\varnothing - 0,5$ mm) kaks lamedat pooli. Suuremale poolile mähkida 100 ja väiksemale 20 keerdu.

Väiksema pooli A külge seotakse taskulambipatarei, mille klemmid katse algul ühendatakse pooli mähise otstega. Pool koos patareiga riputatakse kaalukangi otsa, millelt on kõrvaldatud taldrik (joon. 1.1).

Suurem pool B asetatakse rõhtasendisse ja temasse juhitakse pärast kaalude tasakaalustamist tugev (2 - 3 A) alalisvool. Sõltuvalt voolude suundadest poolides on märgata kas nende tõmbumist või tõukumist teineteisest. Muutes voolusuunda ühes poolis muutub tõmbumine tõukumiseks või ümberpöörduks.

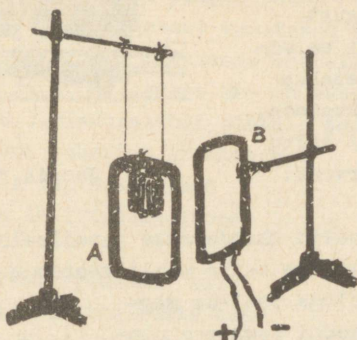
Kasutamata kaalusid ja seega mõõtmata poolide vastastikust mõjujõudu võib demonstreerida katsed ka ainult

kvalitatiivsest küljest. Selleks riputatakse väiksem pool koos taskulambipatareiga (nagu eelmises katses) kahe pika niidi abil statiivile (joon. 1.2.). Suurem pool kinnitatakse vertikaalasendisse teise statiivi näpitsasse nii, et kahe pooli pikemad küljed oleksid teineteise lähedal ja asetseksid paralleelselt. Suurema pooli mähisesse juhitakse tugev alalisvool ja väiksema mähisesse hetkeliselt vool taskulambipatareist. On näha väiksema pooli tõmbumist või tõu-



Joonis 1. 1.

kumist sõltuvalt voolusuunast poolides.

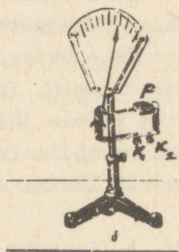


Joonis 1. 2.

1. 2. Vooluga pooli magnetvälja uurimine.

Katsete eesmärgiks on uurida, millest sõltub vooluga pooli magnetiline induktsioon.

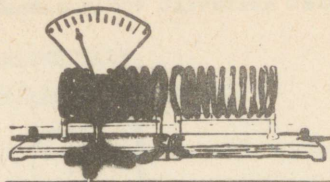
1. katse. Koostatakse vooluring akumulaatorite patareist või alaldist, lülitist, liugrecstaadist (30 oomi), ampermeetrist ja demonstratsioonipoolist. Paigutades induktori anduri P (joon. 1.3.), mis on ühendatud taskulambipatareiga (klemmid K_1 ja K_2) demonstratsioonipooli keerdude vahele, jälgitakse induktori asuti häibe suurust sõltuvalt pooli keerde läbiva voolu tugevusest. Katseandmetest leitakse, et $B \sim I$.



Joonis 1.3.

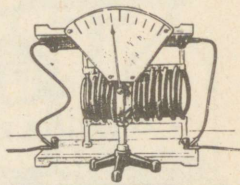
2. katse. Koostatakse eelmise katsega sarnane vooluring, kuid ühe pooli asemel ühendatakse järjestikku kaks

pooli (joon. 1.4.) üheks pikaks pooliks (keerdude arv on kahekordistunud). Kasutades samasugust voolutugevust kui eelmises katses, mõõdetakse magnetvälja induktsioon. Selgub, et see ei sõltu pooli keerdude arvust.



Joonis 1. 4.

3. katse. Poolid ühendatakse paralleelselt ja ühe pooli keerud paigutatakse teise pooli keerdude vahele (joon. 1.5.). Mõõtes vooluga poolide magnetvälja induktsiooni sama voolutugevuse korral kui eelmises katses, selgub, et induktsioon on võrdeline keerdude arvuga pikkuseühiku kohta seega $B \sim \frac{n}{l}$.



Joonis 1. 5.

Katsete tulemustest selgub, et $B \sim \frac{I \cdot n}{l}$.

4. katse. Katseseade on samasugune nagu eelmises katses, kuid demonstratsioonipooli sisse paigutatakse raudsüdamikud (üks südamik lükatakse pooli sisse ühest, teine teisest otsast). Indikaator paigutatakse pooli sisse raudsüdamike vahele jäänud pilusse. Vaadeldakse indikaatori näitu ilma raudsüdamikuta ja raudsüdamikuga. Mõlemal juhul peab pooli läbima ühetugevune vool. Tehakse järelalus.

1. 3. Katseid Lorenzi j5u demonstreerimiseks.

a) Katoodkiirte paindumist magnetväljas on kirjeldatud [4; 105].

b) Vooluga juhtme liikumist magnetväljas on käsitletud raamatus [1; § 20-27].

c) Vooluga elektrolüüdi liikumine magnetväljas. Induksioonpooli (3600 keerdu) sisse asetatakse universaaltrafo raudsüdamik, millele paigutatakse kristallisaator läbimõõduga ca 10 sm. Viimasesse valatakse elektrolüüti, näiteks vasksulfaadilahust. Lahusesse asetatakse kaks vaskplekist rõngast k ja a, milledest üks on katoodiks, teine anoodiks (joon. 1.6.). Elektrolüüdi pinnale pannakse ujuma kork, mis on varustatud paberist lipukesega.

Tugev alalisvool juhitakse läbi elektrolüüdi ja läbi induksioonpooli.

Kui magnetväli puuduks, siis liiguksid ioonid elektrolüüdis kahe vaskrõnga vahel üldiselt piki raadiust (kui mitte arvestada nende soojusliikumist). Magnetvälja tõttu hakkavad ioonid Lorentzi jõu mõjul liikuma mööda ringjoont. See liikumine paneb kogu elektrolüüdi pöörlema, mida on kerge jälgida lipukese liikumise kaudu.

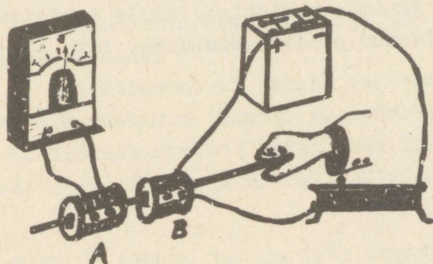
Katse on paremini nähtav 45°-se nurga all hoitud peeglist.



Joonis 1. 6.

1. 4. Defektide avastamine terassemetes.

Suurema keerdude arvuga universaaltransformaatori pool A (joon. 1.7) ühendatakse galvanomeetriga, võimendi ja val-



Joonis 1. 7.

juhääldiga või elektronostsilloskoobiga. Väiksema keerdude arvuga pooli pistetakse kahest tükist kokukruvitud universaalstatiivi varras. Kui pooli A läbib varraste liitekoht (pragu), siis näitab galvanomeeter hälvet või kuulduv valjuhääldist praginat või on ostsilloskoobi ekraanil näha "hammast".

1. 5. Ferromagnetiliste omaduste sõltuvus temperatuurist.

Terasleht kinnitatakse universaaltransformaatori südamikule. Südamiku teisele harule asetatakse pool (120 või 220 V). Pooli keerdudesse juhitakse alalisvool. Terasleht hoiab enda küljes žiletitera. Kui viimast leegil kuumutada, siis langeb žiletitera maha. Järelikult kaotas kõrgel temperatuuril teras enda ferromagnetilised omadused. Kui žiletitera jahtub, siis püsib see jällegi teraslehe küljes.

1. 6. Barkhauseni katse.

Peenest traadist pooli, millel on 10 000 - 12 000 keerdu, asetatakse raud- või nikkelvarras. Pool ühendatakse madalsagedusvõimendiga ja see valjuhääldiga. Liigutades pooli lähedal tugevat püsivmagnetit kuulduv väljuhääldis raudverda kasutamisel kahinat, nikkelvarda puhul aga praksumist. Helid tekivad domeenide hüppelisel pöördumisel. Momendil, mil mõni domeen magnetväljas ümber orienteerub, industreeritakse varrast ümbritsevas poolis vooluimpulss, mis pärast võimendamist on kuuldav valjuhääldis.

Katset võib korraldada ka elektronostsilloskoobiga. Sel juhul tuleb pool süntida takistiga, mille takistuse suurus on ligikaudu võrdne pooli takistusega (vt. [3; 64]).

B. ELEKTROMAGNETILINE INDUKTSIOON.

1. 7. Elektromagnetilise induktsiooninähtuse tundmaõppimine.

Katseks kasutatakse eelmises peatükis (1. 1) kasutatud suuremat lamedat pooli (100 keerdu). Pooli mähis ühendatakse galvanomeetriga. Koostatakse joonisel 1.8 kujutatud katseseade. Järjestikku ühendatakse alalisvoolallikas, lüliti, liugreostaat ja univertsaaltrafo pool 220 V. Trafo südamikule kinnitatakse poolusekingad, mille vahele jäetakse õhupilu, nii et selles mahub liikuma lameda pooli üks külg.



Joonis 1. 8.

Demonstreeritakse järgmisi katseid.

1. Juhtme viimisel magnetvälja näitab galvanomeeter vooluimpulssi. Märgitakse galvanomeetri osuti kaldumise suund.

2. Juhtme väljaviimisel magnetpooluste vahelt näitab galvanomeeter teisesuunalist voolu.

3. Vooluimpulsi tugevus sõltub juhtme liigutamise kiirusest pooluste vahel.

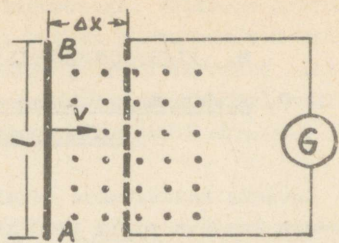
4. Induktsioonvoolu ei teki, kui juhett liigutada piki induktsioonjooni.

5. Induktsioonvool tekib, kui reostaadi abil muuta magnetite ergutusvoolu (muutub magnetvoog).

6. Induktsioonvool tekib, kui lülitada sisse või katkestada magnetite ergutusvool. Jälgida seejuures voolusuunda!

Olgu AB (joon. 1.8 ja 1.9) magnetväljas oleva traadist

silmuse rõhtne külg, mille pikkus on l . Liikugu see kiirusega v . Punktikesed joonisel 1.9 tähistavad induksioonjooni, mis on ristil joonise tasapinnaga. Aja Δt vältel muutub silmuse läbiv magnetvoog $\Delta \Phi$ võrra.



Joonis 1. 9.

$$\Delta \Phi = B \cdot l \cdot \Delta x \text{ ja}$$

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{B \cdot l \cdot \Delta x}{\Delta t} = B \cdot l \cdot v, \text{ sest } \frac{\Delta x}{\Delta t} = v.$$

Induksiooni tõttu tekib punktide A ja B vahel pinge

$$U_i$$

$$U_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - B \cdot l \cdot v \dots \dots \dots (1)$$

Kuna mähises on n keerdu, siis pinge on vastavalt n korda suurem, s.t.

$$U_i = - n \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - n \cdot B \cdot l \cdot v \dots \dots \dots (2)$$

Võrdusest (1) saame, et $U_i \cdot \Delta t = \Delta \Phi$.

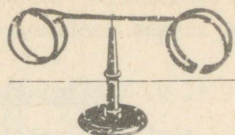
Korrutist $U_i \cdot \Delta t$ nimetatakse pingeimpulsiks. Järelikult on pingeimpulss võrdne magnetvoogu muutusega. Magnetvoogu ühikuks on voltsekund ehk veeber (Wb). Veeber on selline magnetvoog (induksioonivoog), mis juhtmekeeru läbimisel indutseerib selles pinge 1 V, kui see voog 1 sek. jooksul ühtlaselt väheneb kuni nullini.

Avatud kontuuri otste vaheline pinge väljendab elektromotoorset jõudu E_i , seega $E_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$.

1. 8. Lenzi reegel.

1. Teravikul tasakaalustatakse kaks alumiiniumrõngast, milledest teine on läbi lõigatud (joon. 1. 10). Ühte või teise rõngasse tõugatakse püsivmagneti üks poolustest. Jälgitakse rõnga liikumist. Nähtust seletatakse Lenzi reegli abil.

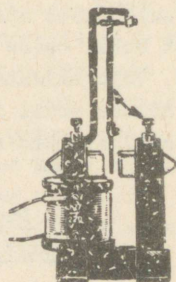
Kui puudub vastav katseriist, siis võib seda asendada kahe niitide otsa ülesriputatud rõngaga, milledest teise on lõigatud pragu.



Joonis 1. 10.

2. Katse Waltenhofi pendliga.

Nimetatud pendel (joon. 1. 11) kuulub elektromagnetismi riistade komplekti. Vastava seadeldise abil kinnitatakse kas massiivne või sisselõigetega alumiiniumplaat vardale, mis pannakse võnkuma universaaltrafo poolusekingade vahel. Magneteid on parem ergutada alalisvooluga, mille tugevus ei tohi ületada 3 A, kui kasutada trafo pooli 220 V.

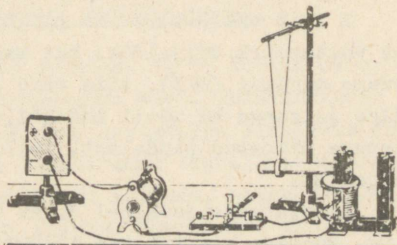


Joonis 1. 11.

Massiivses pendlis tekkinud keerisvoolud ehk fukoo-voolud on alati sellise suunaga, et need takistavad pendli võnkumist ja summutavad selle peagi. Sisselõigetega pendel võngub aga kauem, kuna selles tekkinud keerisvoolud on nõrgemad.

3. Universaaltrafo südamikule kinnitatakse rõhtsalt

terassüdamik (joon.1.12), millele asetatakse kahe niidi abil ülesriputatud alumiiniumrõngas. Magneti ergutusmähisena kasutatakse trafo pooli 220 V. Läbi lüliti, liugreostaadi (2 - 4 A, 20 - 30 oomi) lülitatakse pool alalisvooluringi, mille pinge on 20 - 30 V. Voolu sisselülitamisel rõngas tõugatakse



Joonis 1. 12.

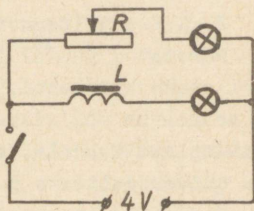
se südamikult, voolu nõrgendamisel või katkestamisel rõn-
gas liigub vardale. Nähtust põhjendatakse Lenzi reegli abil.

1. 9. Endainduktsiooni mõju lampide süütamisel.

Alalisvooluallikast ca 4 V, kahest taskulambipirnist
alustel, liugreostaadist ja suure induktiivsusega poolist
koostatakse joonisel 1. 13 toodud skeemi järgi katseseade.

Pool paigutatakse trafo südamiku-
le, mis muudetakse kinniseks.

Reostaadiga reguleeritakse vool
selliseks, et mõlemad lambikesed
helenduksid ühetugevuselt. Lüli-
ti sulgemisel süttib üks lampi-
dest kohe, teine aga pisut hil-
jem. Võib näidata, et hiline-
mine sõltub pooli induktiivsusest
ja sellest, kas raudsüdamik on suletud või lahtine.



Joonis 1. 13.

1. 10. Pooli induktiivsuse sõltuvus keerdude arvust, mõõtetest ja südamiku materjalist.

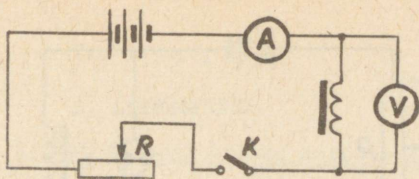
Pooli induktiivsus väljendub valemiga $L = \frac{\mu_0 \mu_s n^2 S}{l}$ ja
endainduktsiooni elektromotoorne jõud $E = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$.

Viimasest järeneb, et $E \cdot \Delta t = -L \cdot \Delta I$.

Seega võib pooli induktiivsust uurida pingepulsside
kaudu kas demonstratsioonkatsena või laboratoorse tööna.

$E \cdot \Delta t$ ehk $U \cdot \Delta t$ on pingepulss, mille suurust näi-
tab voltmeetri väljalöök. Kui kasutada ühesuurusi voolutu-
gevuse muutusi (ΔI), siis võib uurida, kuidas voltmeetri
hälve ja seega ka pooli induktiivsus sõltub keerdude arvust,
keeruga piiratud pindalast, pooli pikkusest ja südamiku ma-
terjalist.

Koostatakse joonisel 1. 14 toodud skeemi järgi voolu-
ring. Poolina kasutatakse induktsioonipooli, millel on mä-
hised keerdude arvuga 1200, 2400 ja 3600. Demonstratsiooni-
voltmeetri osuti seatakse äärmise vasakpoolse asendi lähe-



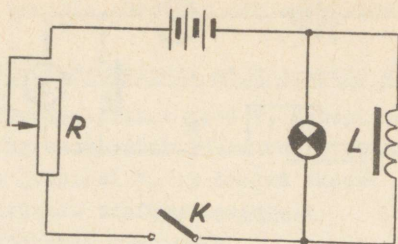
Joonis 1. 14.

dale. Kui voolusuund valitakse selline, et voolu sisselülitamisel voltmeetri osuti liiguks vasakule, siis voolu katkestamisel liigub osuti paremale. Sellest on näha, et indutseeritud voolu suund on vastupidine esialgse voolu suunaga. Märgitakse voltmeetri osuti hälve suurus. Siis katsetatakse sama pika pooliga, millel on suurem keerdude arv. Voolutugevus reguleeritakse samasuguseks, nagu eelmises katsetes. Voolu katkestamisel saadakse suurem pingepulss kui eelmisel korral. Katesandmetest selgub, et kaks või kolm korda suurema keerdude arvu puhul suureneb voltmeetri väljalöök 4 või 9 korda. Seega on pooli induktiivsus võrdeline keerdude arvu ruuduga (n^2).

Analoogiliselt uuritakse induktiivsuse sõltuvust pooli pikkusest ja keeru poolt piiratud pindalast S . Eemaldades raudsüdamiku ja korrates katset, võib näha, et voltmeetri väljalöök on tunduvalt väiksem.

1. 11. Pooli magnetvälja energia või endainduktsiooninähtus voolu katkestamisel.

Vooluring koostatakse joonisel 1. 15 toodud skeemi järgi. Lambina kasutatakse neonlampi MH-7. Induktiivsus on universaaltrafo pool 220 V, mis asetatakse kinnisele raudsüdamikule. Vooluallikana kasutatakse taskulambipatareid. Vooluringi sulgemisel lambike ei helendu, katkestamisel aga sähvatab see heledasti põlema. Neonlampi MH-7 süttimispinge on 60 V. Lamp hakkab helendama pooli kogunenud magnetvälja energia arvel.



Joonis 1. 15.

II. O P T I K A

A. LAINEOPTIKA.

2. 1. Üldisi märkusi optika katsete kohta.

1. Valguskiire nähtavaks tegemine.

Selleks, et valguskiir oleks nähtav kõrvalt, peab see hajuma. Õhus või vees hajub valguskiir seal hõljuvatelt piskehadelt. Hajumise kohta kehtib Rayleigh' seadus. Õhus on sellisteks kehakesteks kas tolmu- või suitsukübemed. Kui lisada vette piima, siis hajub valgus rasva- ja kaseiinikübemetelt. Vesi muutub fluorestseeruvaks siis, kui sinna lisada pisut fluorestseinilahust piirituses või nõgeselehtede leotist piirituses.

Ekraanil saab valguskiirt teha nähtavaks, kui valgele ekraanile lasta valgus langeda kaldu. Valgus hajub paberikiududelt ja muutub kõrvaltvaadatuna nähtavaks. Mateeritud klaasilt on valgus mõlemalt poolt klaasi nähtav, mistõttu mattklaasist ekraan on väga sobiv paljudeks optika katseteks.

2. Punktikujuline valgusallikas.

Tegelikuses ei eksisteeri punktikujulist valgusallikat, sest selle pindheledus peaks olema lõpmata suur (kiirgama pinnauhikult lõpmata palju energiat). Punktikujulisele allikale on lähedane elektrihaarleek, mille positiivse sõe kraatri läbimõõt on ca 3 mm. Selleks, et saada punktikujulise valgusallika efekti, kasutatakse ringikujulist ava, pilu või muud, mida valgustatakse tugevasti, koondades talle tugeva valgusvoo kas kumerlätse või nõguspeegli abil ja tekitades ava kohale valgusallika vähendatud kujutise.

3. Valguskiire juhtimine soovitud suunas.

Selleks kasutatakse kas tasapeeglit või täieliku sisepeegeldumise prisma. Tasapeegel kinnitatakse vardale, mis omakorda kinnitatakse statiivi muhvisse. Seega võib peeglit pöörata mistahes suunas.

Kujutise saab ümber pöörata kas tasapeegli, sisepeegel-

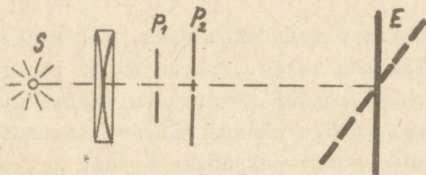
dumisprisma, kumerlätse või nõguspeegli abil.

2. 2. Katseid valguse difraktsiooni ja interfe- rentsi kohta.

Järgnevates katsetes kasutatakse niidikujulist valgusallikat, näiteks kvartslampi või universaalprojektorilampi, mille hõõgniitide tasapind pööratakse servaga kondensori poole. Projektori ette asetatakse hõõgniidiga paralleelne pilu.

1. Youngi katse. Seda katset kasutas esmakordselt inglase Thomas Young aastal 1801.

Tema katses valgustatakse tugeva valgusvooga kahte väga lähestikku asuvat pilu (vahemaa ca 0,1 mm) paralleelsete kiirtega (joon. 2.1). Siin on p_1 pilu ja p_2 kaksikpilu, E - ekraan. Kuna kaksikpilul p_2 on väga lähestikku, siis jõuavad valguslained allikast nendeni ühesugustes faasis ja pilud kujutavad endast koherentseid valgusallikaid. Pi-



Joonis 2. 1.

ludest küllalt kaugel nendega paralleelsel ekraanil võib valge valguse korral näha värvilisi triipe, kusjuures keskmine triip on valge. Monokromaatse valguse puhul on näha heledaid ja tumedaid triipe. Kui ei õnnestu ekraanil saada triipe, siis võivad õpilased vaadata helenduvat pilu läbi kaksikpilu. Heleda piluna võib kasutada akna ette asetatud papitahvli sisse lõigatud pilu laiusega 1 mm.

Kui pilt ekraanil on selge, siis selle paremaks jälgimiseks seatakse ekraan kiirte suhtes kaldu, mistõttu interfeerentsiribade vahemaad suurenevad. Tuleb hoolitseda, et pilud p_1 ja p_2 oleksid täiesti paralleelsed ja reguleerida pilu p_1 laius sobivaks nii, et pilt oleks selge. Võib kasutada ka pilu p_1 ees punast filtrit, mis asetatakse diaposi-

tiivide jaoks ettenähtud raami sisse, raam asetatakse aga ratsurile optilisel pingil.

2. Valguse interferents biprismaga.

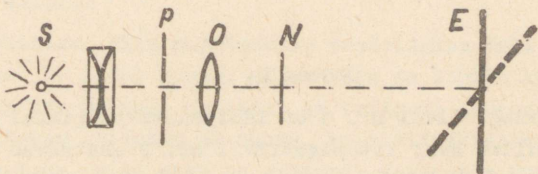
Biprisma leidub riistade komplektis valguse difraktsiooni ja interferentsi katseteks. See asetatakse pilu p_2 asemele (joonis 2. 1) pilust p_1 10 - 20 cm kaugusele liiteservaga ekraani poole. Liiteservale Junitakse tugev valgusvoog. Tuleb jälgida, et biprisma serv oleks täiesti paralleelne piluga p_1 . Pilu laius reguleeritakse sobivaks (0,15 - 0,1 mm). Ekraani võib hoida kaldu kiirte sihiga nagu katses 1.

3. Difraktsioon peene traadi või juukse puhul.

Katseseade on sama, mis katses 1, kuid kaksikpilu asendatakse raamiga, milles on peenike traat või juus. Viimane on kinnitatud laia pilusse, mis asetatakse optilisele pingile diapositiivide raami sisse. Traadi varju keskkohas tekib hele triip.

4. Difraktsioonispektri saamine.

Universaalprojektoris objektiiviga O tekitatakse ekraanile pilu terav kujutis (joon. 2. 2). Objektiivide ette ase-



Joonis 2. 2.

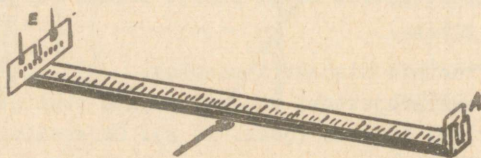
tatakse diapositiivide jaoks ettenähtud raami sisse klaasplaat N, millel on fotograafilisel teel saadud 2, 4 ja 16 pilu. Jälgitakse vastavaid spektreid ja tehakse järeldus. Siis asetatakse objektiivide ette teine diapilt, millel on kolm erineva võrekonstandiga difraktsioonivõret. Jälgitakse nendega saadud spektreid, milledest selgub, kuidas spekter sõltub võrekonstandist. Lõpuks tekitatakse spekter difrakt-

sioonivõrega, millel võrekonstant on $\frac{1}{100}$ mm.

2. 3. Fotonegatiivide komplekt valguse difraktsiooni käsitlemiseks.

Demonstratsioonkatsed valguse difraktsiooni kasitlemisel keskkoolis ei ole kuigi efektiivsed, kuna paljudel koolidel puudub kvartslamp ja teised kvaliteetsed katseriistad. Fotonegatiivide komplekt lubab sooritada frontaal-seid katseid, teha küllaldase täpsusega laboratoorseid, mõõtmisi või kasutada neid demonstratsioonkatsetes.

Komplekti kuulub 4 fotonegatiivi ja mõttejoonlaud (joonis 2. 3) nihutatava ekraaniga, milles on pilu.



Joonis 2. 3.

Fotonegatiivil nr. 1 on läbipaistmata pinnal pilu ja kiilukujuline ava, fotonegatiivil nr. 2 asetsevad üksteise all kolm pilude gruppi, milles on 2, 4 ja 16 pilu. Naaberpilude keskkoha vaheline kaugus on kõikidel piludel ühesugune, nimelt 0,04 mm. Fotonegatiivil nr. 3 on üksteise all kolm pilude gruppi, igaühes ca 70 pilu. Naaberpilude keskkoha vaheline kaugus (võrekonstant) on vastavalt 0,06, 0,04 ja 0,03 mm. Fotonegatiivil nr. 4 on kaks teineteisega ristiolevat pilude süsteemi ühesuguse võrekonstandiga 0,04 mm. Kummaski pilude süsteemis on ca 80 pilu.

Joonlual on nihutatav millimeeterjaotusega piluga ekraanike (E), plekiribad ja raam (A) fotonegatiivide ja valgusfiltrite kinnitamiseks ning varras joonlaua kinnitamiseks statiivi muhvisse.

Frontaalsed vaatlused komplektiga.

Igale õpilasele või kahe õpilase kohta antakse üks fotonegatiivide komplekt. Kui füüsikatund toimub loodusliku valguse juures, siis paigutatakse akna ette suurem papptahvel, millesse on lõigatud 1 - 2 mm laiune pilu ja sellest eraldi ümmargune ava läbimõõduga ca 2 mm. Kui tund toimub kunstliku valguse juures, siis asetatakse avadega papptahvel helenduva ekraani ette või suure abažuuriga lambi (ka päevavalguslambi) ette. Kui soovitakse difraktsioonipilti jälgida monokromaatsetes valguses, siis kaetakse ava või pilu papptahvlis kas värvilise klaasi või tsellofaniga.

1. vaatlus. Õpilased hoiavad silma ees fotonegatiivi nr. 1 pilu ja jälgivad papptahvlis olevat pilu. Seejärel jälgivad nad pilu, hoides silma ees samas fotonegatiivis olevat kiilukujulist ava. Võrreldakse difraktsioonipilte ja selgitatakse, miks värvilised ribad kiilu tipu juures valguvad laiali.

2. vaatlus. Pilu papptahvlis vaadeldakse labi fotonegatiivi nr. 2, algul kante, siis nelja ja lõpuks kuutteis pilu silma ees hoides. On näha, et triipude kaugused keskmisest valgest triibust ei muutu, kuid difraktsioonipilt on seda selgem, mida enam on pilusid, sest seda tugevamateks muutuvad peamaksimumid ja nõrgemaks kõrvalmaksimumid. Kui vaadelda universaalprojektorit ette asetatud valgustatud pilu läbi fotonegatiivi nr. 2 (lamp pöörata hõõgniitide tasapinnaga kondensori poole serviti), siis võib eraldata peamaksimumide vahel ka kõrvalmaksimume. Viimaste arv naaberpeamaksimumide vahel on $n - 2$, kus n on pilude arv võres.

3. vaatlus. Silma ees hoitakse fotonegatiivi nr. 3 ja vaadeldakse pilu papptahvlis. Esiteks jälgitakse difrakt-

sioonipilti läbi võre, mille konstant on kõige suurem, siis läbi keskmise võre ja lõpuks läbi võre, mille konstant on kaks korda väiksem, kui esimesel võrel. Jälgitakse, kuidas muutub värviliste triipude kaugus keskmisest heledast triibust.

Vaatlused 2 ja 3 selgitavad difraktsioonivõre toimet.

4. vaatlus. Ümmargust ava papptahvliis vaadeldakse läbi fotonegatiivi nr. 4, mis imiteerib ioonide asetust kuubilise ruumvõrega (näit. NaCl) kristallis. Difraktsioonipilt sarnaneb röntgenikiirtes saadud kuubilise ruumvõre difraktsioonipildiga.

Laboratoorsed tööd komplektiga.

Mõõtmiseks kasutatakse millimeeterjaotusega joonlauda (joon. 2. 3), millel on nihutatav piluga varustatud valge ekraanike. Viimasel saab nihutada kahte vertikaalset varrast, mis seatakse sinna, kuhu näib langevat uuritav spektrijoon. Katse ajaks kinnitatakse joonlaud vastava varda abil statiivi muhvi sisse.

Teatud värvusega valguse lainepikkuse mõõtmine.

Valgustatud pilu ette asetatakse värvifilter või kinnitatakse värvifilter joonlaua otsas olevasse hoidjasse. Pilu vaadeldakse läbi fotonegatiivi nr. 3 väiksema võrekonstandiga pilude grupi. Joonlaulal nihutatakse ekraani, kuni vertikaalsed vardad täpselt ühtivad esimest järku spektrijoonetega. Loetakse varrastevaheline kaugus ja jagatakse see kahega. Saadakse esimest järku spektrijooni kaugus ekraanis olevast pilust. Olgu see kaugus a . Mõõdetakse ekraani kaugus võrest. Olgu see b . Teades võrekonstanti c (0,03 mm) võib valemi
$$\lambda = \frac{c \cdot a}{n \cdot b}$$
 abil arvutada spektrijoonele vasta-

va lainepikkuse λ . Katset korratakse teist ja kolmandat järku spektrijoonega ja arvutatakse sel teel saadud lainepikkustest aritmeetiline keskmine, mis ongi vastava värvuse lainepikkuseks.

Samal teel võib mõista hõrendustorus oleva helenduva gaasi spektrijoonele vastavat lainepikkust. Kui puudub vastav hõrendustoru, siis võib metalli sudespektrit vaadelda. Säte tekitatakse kahe ühest ja samast metallist traadiotsa vahel, mis ühendatakse sädeinduktori kõrgepinge klemmidega.

Difraktsioonivõre konstandi määramine.

Teades näiteks Na-joone lainepikkust või teatavat filtrit läbiva valguse lainepikkust võib sama katseseadme abil määrata fotonegatiivil nr. 3 olevate võrede konstante, kasutades eelmises katses toodud valemit, millest avaldatakse võrekonstant c .

Fotonegatiivide komplekti kasutamine. demonstratsioonkatsetel.

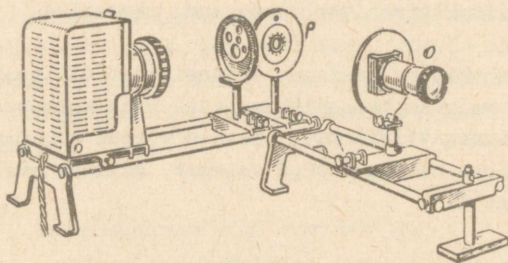
Katse skeem on sama, mis on kujutatud joonisel 2. 2. Fotonegatiiv paigutatakse kohale N. Difraktsioonipilti on sobiv jälgida mattklaasist ekraanilt, mille kaugus fotonegatiivist tuleb valida sõltuvalt kasutatava valgusallika valgustugevusest. Kui ekraan on kaugemal, siis saadakse suurem, kuid ebaselgem pilt; ekraani toomisel lähemale vähenevad pildi mõõtmed, kuid pilt muutub selgemaks. Asetades pilu ette filtri, mille ülemine pool on punane, alumine - sinine, saadakse ekraanil punaseid ja siniseid triipe. Difraktsioonivõre kasutamisel on punased triibud nihkunud keskmisest heledast triibust kaugemale kui sinised.

2. 4. Valguse interferents.

1. Newtoni rõngad.

Katseriistade kompleksis valguse difraktsiooni ja interferentsi katseteks on raami sisse asetatud tasakumer lääts ja tasane klaasplaat. Vastavate kruvide abil saab rõngaste kujutise viia plaadi keskkoha. Vastav plaat P asetatakse hoidjasse ja paigutatakse optilisele pingile,

mis seatakse üles nii, nagu on näidatud joonisel 2. 4. Kondensori ette asetatakse suure avaga diafragma. Projektorilt juhitakse valgus Newtoni rõngaste plaadile P, millelt see peegeldub objektiivile G. Objektiivi nihutamisega tekitatakse



Joonis 2. 4.

ekraanile terav värviliste rõngaste kujutis. Kui diafragma ette asetada värvifilter, siis ilmuvad ekraanile ühte värvi rõngad. Läbivas valguses on rõngad halvemini näha. Interferentsipilt on selgem, kui plaadi P taha kinnitada (kleepida) must paber.

2. Interferents seebikelmelt.

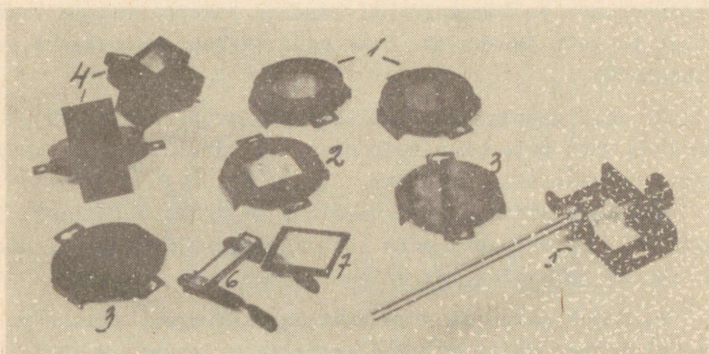
Seda katset näidatakse samasuguselt nagu eelmist, ainult Newtoni rõngaste plaadi asemele pannakse traadist raam või rõngas, mis riputatakse statiivi näpitsasse. Seebilaastud leotatakse soojas vees, millele lisatakse glütseriini ja lastakse pimedas 2 - 3 päeva seista. Anum seebiveega viiakse traatraami või rõnga alla ja tõstetakse siis üles kuni rõngas on üleni seebivees. Siis lastakse anum ettevaatlikult alla puudutamata raami, mille külge jääb seebikelmelme. Ekraanile tekib ümberpööratud pilt. Valge valguse puhul on näha rõhtsaid värvilisi triipe, monokromaatse valguse kasutamisel aga ühte värvi heledaid ja tumedaid triipe.

3. Valguse interferentsi vaatlemine individuaalselt.

Piirituslambi leegi sisse asetatakse keedusoolalahuses immutatud asbestitükk. Igale õpilasele antakse puhtakspesitud fotoplaadist lõigatud kaks riba mõõtmega 8 x 3 cm, mida ta surub tihedalt teineteise vastu ja väikese kaldenurga all vaatab naatriumileegilt peegeldunud valgust. Ühte otsa plaatide vahele võib asetada õhukese pabeririba (siidpaberi). Peegeldunud valguses on plaadil näha tumedaid ja heledaid piirkondi, millede kuju plaatidele sõrmedega survet avaldades muutub.

2. 5. Katseid komplektiga valguse polarisatsiooni kohta.

Komplekti kuuluvad järgmised riistad (joon. 2. 5).



Joonis 2. 5.

1. Kaks vastavatesse raamidesse kinnitatud polaroidi.
2. Klaasiga raamisse kinnitatud islandiäpso kristali.
3. Must plekist peegel 2 tk.
4. Klaasplaatide pakid raamis, 2 tk.
5. Kruviga varustatud metallraam orgaanilisest klaasist tala profiiliga.
6. Orgaanilisest klaasist riba metallist käepidemete-ga.

7. Kahe klaasplaadi vahele asetatud tsellofanist preparaat.

Katsed sooritatakse optilisel pingil, kus lamp on normaalses asendis.

1. Kondensori ette paigutatakse suure avaga diafragma ja selle ette kaks vastavatesse hoidjatesse kinnitatud polaroidi. Neid saab pöörata rõhtsa telje ümber. Pöörates ühte polaroidi võib märgata valguslaigu heleduse muutumist ekraanil.

2. Polaroidide vahele asetatakse raami sisse paigutatud tala mudel (5), mida saab suruda kruvi abil. Polaroidide ja ekraani vahele paigutatakse objektiiv, millega tekitatakse ekraanile tala terav kujutis. Polaroidi pööratakse nii, et laigu heledus oleks minimaalne. Kruvi keeramisega suurendatakse või vähendatakse survet talale. Pildil on näha heledate ja tumedate piirkondade tekkimist talal, mis näitab pingete jaotumist. Samasugust katset korratakse ka riistaga (6).

3. Tala asendatakse tsellofanist preparaadiga (7). Pöörates ühte polaroidi võib näha, et värvid ekraanil muutuvad. Selgitatakse nähtust.

Kui polaroidide vahele asetada käärdatud tsellofani-leht, siis on ekraanil näha ilus mitmevärviline pilt, mis muutub ühe polaroidi pööramisel rõhtsa telje ümber.

4. Kui kondensori ette asetada diafragma, milles on ava (diameeter ca 20 mm), ja lasta kiir langeda mustale plekist peeglile (3) langemisnurga all, mis on võrdne täielikule polarisatsiooninurgale, siis saadakse täielikult polariseeritud kiir. Viimast saab demonstreerida ühe polaroidi abil.

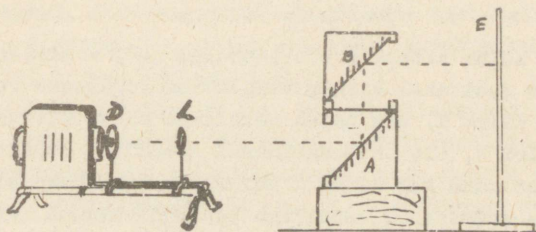
5. Diafragma abil tekitatakse peenike kiirtekimp, mille teele asetatakse klaasplaatide pakk raamis (4). Kiir polariseerub selle läbimisel. Polaroidi või klaasplaatide paki abil saab näidata, et kiir on polariseeritud.

6. Kaksikmurdumist näidatakse islandipaoga (2). Kondensori ette asetatakse diafragma avaga 1 mm. Kiire teele paigutatakse islandipao kristall, mille ette pannakse objektiiiv. Ekraanile tekitatakse terav valguselaik. Neid tekitab ekraanile kaks. Kristalli pööratakse koos raamiga rõhtsa telje ümber. Üks laikudest jääb paigale, teine aga liigub esimese ümber (tavaline ja ebatavaline kiir, mis mõlemad on polariseeritud ristisuundades).

2. 6. Valguse polariseerumine peegeldumisel.

Kui kiire langemisnurk klaasile on 56° , siis on peegeldunud kiir täielikult polariseeritud.

Kasutatakse omavalmistatud katseriista valguse polariseerimiseks peegeldumisel. Katseriist koosneb kahest kastikesest, millel on diagonaaltahkudeks must peegel. Alumise kasti kaaneks on klaasplaat. Läätsel I abil (joon. 2. 6) te-



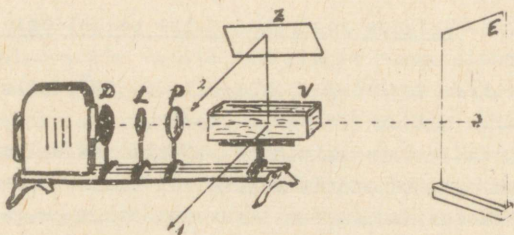
Joonis 2. 6.

kitatakse ekraanil E ava D selgete piirjoontega kujutis. Kui peeglid on paralleelsed, siis laik on hele. Pöörates ülemist kasti B koos peegliga, nõrgeneb laigu heledus. Kõige väiksem on laigu heledus siis, kui ülemine peegel on pööratud 90° nurga võrra. Edaspidisel ülemise peegli pööramisel muutub laik jällegi heledamaks. Kui peeglid on pööratud nii, et laik on kõige tumedam, siis võib demonstreerida katseid, mis näitavad polarisatsioonitasapinna pööramist mitmesuguste ainete, näiteks orgaanilise klaasi, tsellofa-

ni, suhkrulahuse jms. poolt.

2. 7. Valguse polariseerumine hajumisel.

Joonisel 2. 7 kujutatud katseseadmega saab näidata, et ka hajunud valgus on polariseeritud. Siin on D diafragma, L-koondav lääts, P - polaroid, V - paralleelsete seintega klaasvann, milles on sogane vedelik (näiteks vesi, millele



Joonis 2. 7.

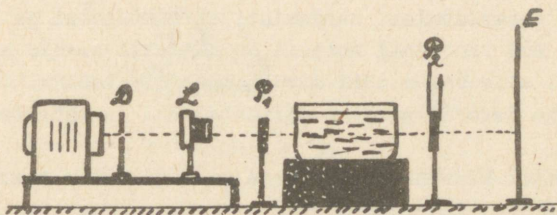
on lisatud kõlmi vett), z - tasapeegel ja E - ekraan. Valgusallikast juhitakse kitsas valgusvihk sogasesse vette. Jälgitakse kiirt 1, mis hajub vedelikus olevatelt osakes-telt ja kiirt 2, mis on peegeldunud peeglit. Pöörates po-laroidi P on näha kas kiirt 1 või 2. Enam hajuvad sinised kiired ja seepärast on vedelikku läbinud valguse laik ek-raanil punakas.

Selle nähtuse abil selgub, miks taevast on õhtul ja hommikul punane (päike on madalal) ja keskpäeval sinine. Fluktuatsioonide tõttu on õhus molekulide grupid, mis ei ole ühesuurused ja need hajutavad peamiselt siniseid kiiri, mis jõuavad meie silma. (Rayleigh seaduse järgi on hajumis-tegur K pöördvõrdeline lainepikkuse neljanda astmega

$$K \sim \frac{1}{\lambda^4}.)$$

2. 8. Polarisatsioonitasapinna pöördumine suhkrulahuses.

Klaasanuma suhkrulahusega võib asetada kahe polaroidi P_1 ja P_2 vahele (joon. 2. 8). Üks polaroididest (P_2) varus-



Joonis 2. 8.

tatakse osutiga, mis võib liikuda nurgamõõtudega varustatud skaala kohal. Universaalprojektorite ette asetatakse ümmarguse avaga diafragma D, mille ava terav kujutis tekitatakse objektiiviga L abil ekraanile E.

Polaroidid seatakse nii, et valguslaik suhkrulahusega anumata oleks ekraanil nähtamatu. Kui polaroidide vahele paigutatakse klaasanum suhkrulahusega, siis muutub ekraanil valguslaik nähtavaks. Polaroidi P_2 pööramisega võib valguslaigu kustutada. Märgitakse pöördenurga suurus. Kui lasta valgusel läbida pikem tee suhkrulahuses (asetades järjekorda kaks vanni lahusega), siis polarisatsioonitasapinna pöördenurk on suurem. Sama tulemus saadakse ka siis, kui võtta suurema kontsentratsiooniga lahus. Võib ka määrata tundmata kontsentratsiooniga suhkrulahuse kontsentratsiooni.

Asetanud diafragma ette valgusfiltri, võib näidata, et eri värvi kiirtel on polarisatsioonitasapinna pöördenurk erinev.

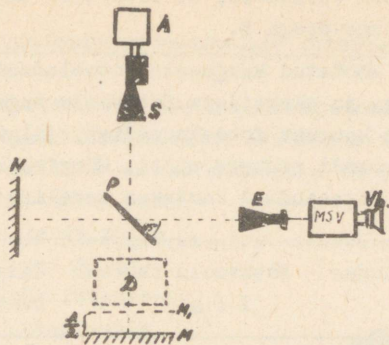
2. 9. Valguse elektromagnetiline olemus.

Vastava tabeli abil antakse ülevaade elektromagnetiliste lainete skaalast. On vaja näidata, mis on kõikidel neil lainetel ühist. Koolidele toodetakse katseriistade komplekte elektromagnetiliste lainete tundmaõppimiseks (vt. [5. 52]). Sellise komplekti abil saab näidata raadiolainete peegeldumist, murdumist, difraktsiooni ja interferentsi. Kui vastavaid katseid on näidatud raadio aluste õpetamisel, siis tuleb neid ainult meelde tuletada, korrata tuleb aga katseid nendega difraktsiooni ja interferentsi kohta.

Koolil olevate vahenditega pole võimalik demonstreerida Michelsoni interferomeetri töötamise printsiipi. Nimetatud komplekti kuuluvate riistadega võib aga vastavat katset demonstreerida.

Katse skeem on kujutatud joonisel 2. 9. Siin on S - saatja, E - vastuvõtja, MSV - madalsagedusvõimendi, V - valjuhääldi, N ja M - metallpeeglid. Saatjast väljuvate kiirtega 45° nurga all asetatakse orgaanilisest klaasist kiiri osaliselt peegeldav, osaliselt läbilaskev plaat P. Vastuvõetud signaali võimendatakse ja juhitakse see valjuhääldisse või ostsilloskoopi. Nihutades ühte metallpeeglit (näiteks M asendisse M_1), tugevneb või nõrgeneb signaal. Peegli kahe naaberasendi vaheline kaugus, kus signaal tugevneb, on võrdne raadiolaine poole pikkusega. Saatja tekitab raadiolaineid, millede pikkus on ca 3 cm.

Kui valida näiteks peegli M selline asend, et signaali pole märgata ning asetada peegli ja laineid poolläbilaskva plaadi P vahele dielektrik D, näiteks komplekti kuuluv dielektrikust risttahukas või klaasvann petrooleumiga, siis signaal võib tugevneda (kui see enne oli nõrk), kuna muutub lainete arv samal teepikkusel.

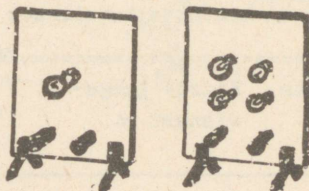


Joonis 2. 9.

B. VALGUSTUSSEADUSED. GEOMETRILINE OPTIKA.

2. 10. Valgustusseaduste tuletamine fotoelemendi abil.

Katseks on vajalik seleenfotoelement ja kaks paneeli, milledest ühel on üks autolamp (6 V) ja teisel neli paralleelselt ühendatud autolampi (joon. 2. 10).



Joonis 2. 10.

1. katse. Fotoelement ühendatakse tundliku galvanomeetriga. Süüdatakse üks lamp paneelil ja märgitakse galvanomeetri näit. Edasi korratakse katset keerates pesas helenduma 2, 3 ja 4 lampi. Iga kord märgitakse vastav fotovoolu

tugevus. Oõilased veenduvad, et fotovoolu tugevus on võrde-
line valgustustugevusega E.

2. katse. Mõõdetud kaugusele fotoelemendist asetatakse
paneel lampidega ja märgitakse fotovoolu tugevus. Siis muu-
detakse lampide kaugust fotoelemendist, jälgides, et kiired
langeks fotoelemendi pinnaga risti. Märgitakse jälle foto-
voolu tugevus. Katseandmed kantakse tabelisse.

Valgusallika kaugus r (cm)	Fotovoolu tugevus I (μ A)	Kauguse ruut r ²	I.r ²
-------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	------------------

Tabelist nähtub, et korrutis I.r² = c on konstantne suu-
rus. Kuna pinnavalgustustugevus E on võrdeline fotovoolu
tugevusega I, siis ka E.r² = c, järelikult on pinnavalgus-
tugevus pöördvõrdeline pinna kauguse ruuduga valgusallikast:

$$E \sim \frac{1}{r^2} .$$

3. katse. Fotoelemendile kinnitatakse papist osuti.
Universaalprojektoril abil tekitatakse paralleelne kiirte-
kimp, mis lastakse langeda fotoelemendile. Pöörates fotoele-
menti, muutmata selle kaugust valgusallikast, tehakse kind-
laks seos pinna valgustustugevuse ja kiirte langemisenurga
vahel. Katseandmed kantakse tabelisse.

Fotovoolu tugevus I (μ A)	Kiirte lange- misenurk α	cos α	Suhe $\frac{I}{\cos \alpha} = K$
-----------------------------------	------------------------------------	--------------	-------------------------------------

Katsetest saadakse seos $E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos \alpha$.

2. 11. Valgustusseaduste kasutamine fotomeetris.

Mustaks värvitud või musta paberiga kaetud papptahvlisse lõigatakse ristkülikukujuline ava 300 x 150 mm. See kaetakse kalkaga, millele on musta tuššiga kirjutatud tähed või numbrid. Papptahvel kinnitatakse vertikaalselt puitklotsi külge (joon. 2. 11).

Selline ekraan ehk fotomeeter asetatakse katselauale õpilaste poole pööratuna. Sellega risti paigutatakse ca 1 meetri pikkune ja 0,2 m kõrgune vertikaalne vahesein (joon. 2. 12). Ühele poole vaheseina asetatakse ühe lambiga, teisele poole nelja lambiga paneel.

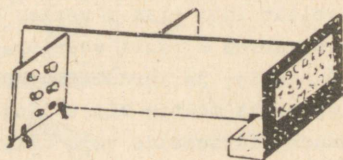
Lampide arvu võib muuta neid sisse või välja keermates. Paneelide kaugusi

fotomeetrist muudetakse seni, kuni fotomeetri pind on valgustatud ühetugevuselt.

Siis mõõdetakse paneelide kaugused fotomeetrist ja leitakse seos valgusallika valgustugevuse ja selle kauguse vahel juhul, kui mõlemad valgusallikad valgustavad pinda ühetugevuselt.



Joonis 2. 11.



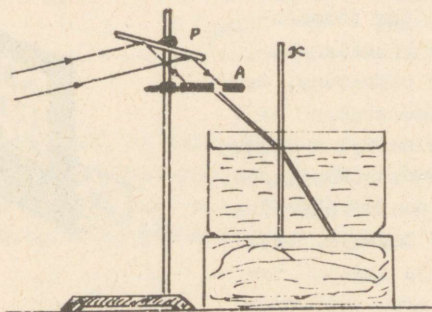
Joonis 2. 12.

2. 12. Valguse murdumisseadused.

Valguse murdumisseadusi ja täielikku sisepeegeldumist

on lihtne demonstreerida klaasist poolsilindriga, mis kinnitatakse optilisele kettale [1; 274 - 280] .

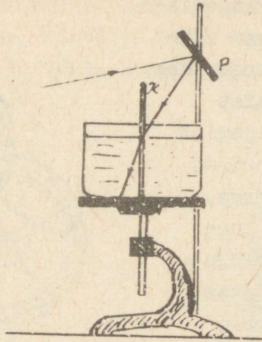
Valguse murdumisseadusi võib illustreerida ka risttahukakujulise klaasanuma abil, millesse on valatud vähese fluorestseiniilahuse lisandiga vett. Kui puudub fluorestseiniilahus, siis võib vette lisada pisut piima, mistõttu valguskiir muutub vees nähtavaks. Universaalprojektorist või filmoskoobist juhitakse valgus läbi rõhtsa pilu anuma



Joonis 2. 13.

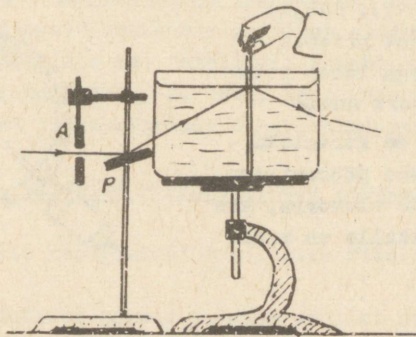
kohale asetatud tasapeeglile P (joon. 2. 13), millelt see peegeldub läbi pilu A vette. Kiire langemispunktis hoitakse sirge varras K risti veerinnaga. See võimaldab jälgida kiire langemis- ja murdumisnurka. Peeglit pisut pöörates võib näidata, et muutes kiire langemisnurka muutub ka peegeldumisnurk. Katseseade võib olla ka selline, mille skeem on kujutatud joonisel 2. 14.

Kui puudub võimalus vee värvimiseks, siis võib risttahukakujulisse klaasanumasse asetada vertikaalselt kas määritatud klaasist, pleksiklaasist või valge värviga kaetud plekktahvli, millele on musta värviga tõmmatud veepinda tähistav joon, langemisristjoon ja kraadide jaotisega ring.



Joonis 2. 14.

Selleks, et näidata kiire üleminekut veest õhku ja täielikku sisepeegeldumist, juhitakse kiir nii, nagu on näha joonisel 2. 15.

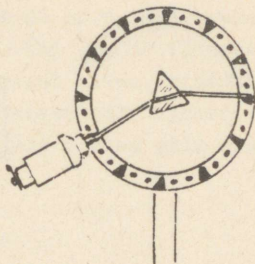


Joonis 2. 15.

2. 13. Valguse murdumine prisma.

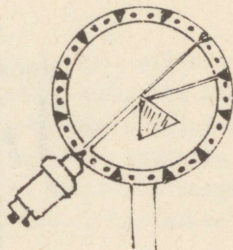
Optilise ketta keskkotta kinnitatakse optiliste kehade komplektist prisma. Prismale juhitakse kitsas valguskiir,

mis kaldub pärast prisma läbimist selle aluse poole (joonis 2. 16). Muutes kiire langemisnurka muutub ka prismaast väljunud kiire suund. Fikseerides kiire sihi enne langemist prismale ja pärast väljumist prismaast asendatakse prisma trapetsikujulise prismaga, millel on teistsugune murdev nurk. Jälgitakse väljunud kiire sihti ja tehakse järeldus, kuidas sõltub kiire kõrvalekalle prisma murduvast nurgast.



Joonis 2. 16.

Kiire minimaalse kõrvalekalde demonstreerimiseks kinnitatakse prisma optilisele kettale nii, et selle murdevserv oleks ketta keskkohas. Valgusallikas viiakse sellisesse asendisse, et kiir langeb prisma murdvale servale (joon. 2. 17), kusjuures osa kiirest prisma murdub, osa aga läheb prismast mööda. Nurk nende kiirte vahel on kõrvalekalde nurk. Prisma pööramisega võib saavutada clukorra, kus kiire kõrvalekalle on minimaalne.

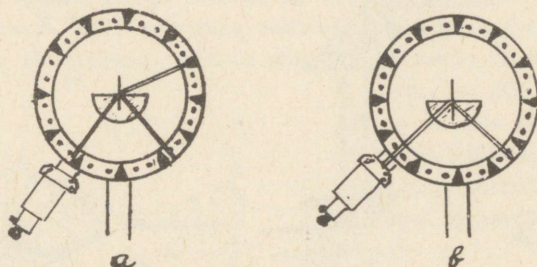


Joonis 2. 17.

2. 14. Täielik sisepeegeldus.

Täielikku sisepeegeldumist võib demonstreerida optilisel kettal või ristkülikukujulisel ekraanil läbipaistvat poolsilindrit kasutades. Valguskiir juhitakse poolsilindri

kumerale pinnale risti sellega, nii et pärast murdumist läbiks kiir silindri telje. Esiälgu valitakse kiire langemisnurk klaasis väike, mistõttu kiir murdub poolsilindri tasasel tahul (joon. 2. 18a). Suurendades kiire langemisnurka



Joonis 2. 18.

suureneb murdumisnurk optiliselt hõredamas keskkonnas, kusjuures osa kiirest peegeldub tagasi optiliselt tihedamasse keskkonda. Teatud langemisnurga (piirnurga) puhul ei murdu kiir enam hõredamasse keskkonda ja pisut suurema langemisnurga korral peegeldub see täielikult tagasi optiliselt tihedamasse keskkonda (joon. 2. 18b). Seejuures kehtivad peegeldumisseadused ja keskkondade lahtuspind esineb peeglina.

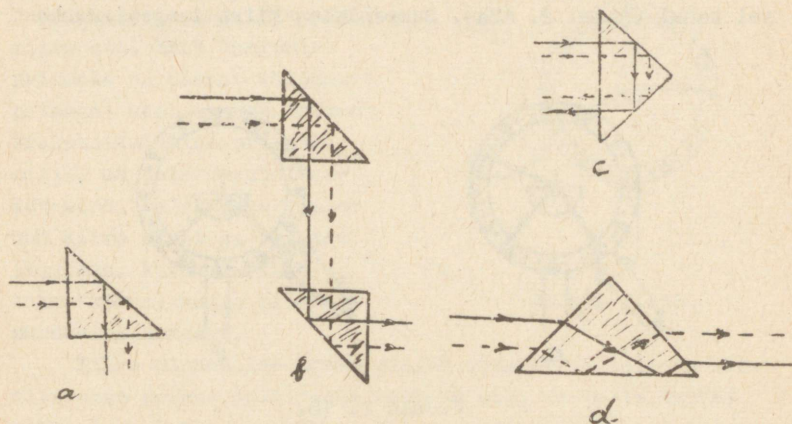
2. 15. Täieliku sisepeegelduse kasutamine.

Tasapeeglite kasutamisel optilistes riistades on puudusi:

1) peegeldumisel toimub valguse osaline neeldumine, mistõttu peegeldunud valgus on nõrgenenud ja 2) peeglid tuhmuvad ajajooksul. Arvestades neid puudusi kasutatakse optilistes riistades kiire peegeldamiseks täisnurkseid klaasprismasid.

Optilise ketta keskohta kinnitatakse täisnurkne klaasprisma (vastavast komplektist), mille kaatettahule lastakse langeda kaks paralleelset kiirt: üks kiir juhatakse läbi

värvifiltri, teine teist värvi filtri. Jälgitakse kiirte käiku pärast prisma läbimist (joon. 2. 19a). Kui esimesest



Joonis 2. 19 a, b, c, d.

prismaast väljunud kiirte teele asetada teine samasugune prisma (joon. 2. 18b), siis saame kiirte käigu periskoobis.

Kiirte käigu jälgimiseks prismabinoklis lastakse kaks erivärvi kiirt langeda täisnurkse prisma hüpotenuustahule (joon. 2. 19c).

Joonisel 2. 19d on kujutatud kiirte käik ümberpööravas prisma. Sama toimet, mis ümberpöörav prisma, avaldab ka tasapeegel.

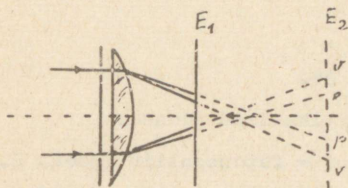
2. 16. Läätsega tekitatud kujutiste vead.

1. Sfääriline aberratsioon.

Seda võib näidata silindrilise läätsena, mis kuulub optiliste kehade komplekti [1; 274] või nõguspeegli ribaga. Lääts või peegleriba kinnitatakse optilisele kettale või tahvlile ning lastakse talle langeda paralleelseid kiirte kimpe. Ilmneb, et ääre lähedale langenud kiirtekimpude fookus on lähemal, kui keskpunkti lähedale langenud kiirte

2. Kromaatiline aberratsioon.

Võimalikult suur lääts (kõlbab ka kondensori tasakumer lääts) asetatakse universaalprojektoris ette, tasase küljega valgusallika poole pööratuna. Tasase külje ette riputatakse läbipaistmatu plaat, milles on väikese läbimõõduga ($d = 2$ mm) avasid. Mattekraanile tekivad avade kujutised, kuid need on värvilised. Hoides ekraani läätsel lähemal (asend



E_1 joon. 2. 20) on ava kujutise väline äär punane, sisemine violetne; viies ekraani kaugemale (asend E_2) on värvide järjekord vastupidine.

Katse on ilmekam, kui kasutada flintklaasist läätses.

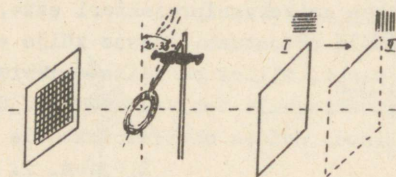
Joonis 2. 20.

3. Läätsel optilise peateljega kaldu langevate kiirtega tekitatud kujutiste viga (astigmatism).

A. Läbipaistmatu plaadi sees olev ava ($d = 2$ mm) kaetakse kalkaga. Plaat asetatakse universaalprojektoris ette optilisele pingile nii, et ava oleks hästi valgustatud. Tasakumer lääts ($f = 100 - 150$ mm) asetatakse tasase küljega valgusallika poole pööratuna avast kahekordse fookuse kaugusele, nii et kiired langeks läätsel viltu (moodustaks läätsel optilise peateljega suure nurga). Ava kujutis võetakse mattekraanile. Nihutades ekraani läätsel lähemale või kaugemale on ekraanil näha mitmesuguselt deformeeritud ava kujutisi.

B. Universaalprojektoris ette asetatakse läbipaistmatu plaat, millesse lõigatud ruudukujuline ava (5×5 cm) on kaetud kalkaga. Viimasele on musta tuššiga joonistatud ruudustik (joone laius 1 mm ja joontevaheline kaugus 6 - 8 mm). Ruudustikuga ava ette $2f$ kaugusele asetatakse tasakumer lääts kallutatuna vertikaalasendist $20 - 30^\circ$ nurga võrra

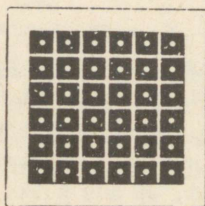
kõrvale (joon. 2. 21). Ruudustiku kujutis võetakse mattekraanile. Sõltuvalt ekraani kaugusest on sellel selgesti nä-



Joonis 2. 21.

ha ruudustiku kas rõhtsad või vertikaalsed jooned.

C. Ruutude ja täppidega plaat - fotonegatiiv (joon. 2. 22) asetatakse optilisele pingile projektori ette. Selle



Joonis 2. 22.

plaadi ja kondensori vahele pannakse mattklaas. Fotonegatiivist tekitatakse tasakumera läätsel abil ($f = 120$ mm) kujutis 1 - 3 m kaugusele asetatud ekraanile. Läätsel asendit reguleeritakse nii, et fotonegatiivi keskkohast tekiks ekraanile terav kujutis. Saadud kujutise juures võib märgata järgmisi vigu.

1. Kujutis ei ole äärtel sama terav, kui keskkohas (sfääriline aberratsioon).
2. Kujutise äärtel on näha värvilist "udu" (kromaatilise aberratsioon).
3. Täpid on kujutise äärte pool pikaksvenitatud ja

need näivad olevat "sabaga" (koma).

4. Sirged jooned on kõverdunud (distorsioon).

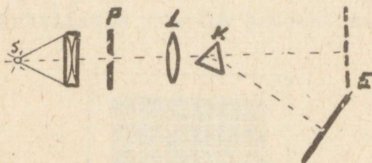
Kui mattklaas eemaldada, siis on vead veel enam silmapaistvad, kuna siis põhjustab vigu ka kondensor.

C. VALGUSE DISPERSIOON.

2. 17. Pideva spektri tekitamine.

Pideva spektri tekitamiseks võib valgusallikana kasutada kas universaalprojektorit optilisel pingil, filmoskoopi või elektrikaarlampi. Viimase kasutamisel tuleb olla ettevaatlik, kuna kondensori läätsed võivad kaarleegi kuumusest puruneda.

Katseskeem on toodud joonisel 2. 23, kus on reguleeritava laiusuga pilu, L - universaalprojektor või filmoskoop



Joonis 2. 23.

bi objektiiv või kumerlääts, K - prisma ja E - ekraan. Sellisele kaugusele, kuhu tahetakse saada spektrit, tekitatakse objektiivi abil terav pilu kujutis. Objektiivi või läätsede ette lauakesele asetatakse prisma, nii et valgus langeb sellele täielikult. Prismat pööratakse nii, et kiirte kõrvalekaldumine seda läbides oleks minimaalne. Ekraan asetatakse risti sellele langevate kiirtega.

Spektri tekitamiseks filmoskoobi abil valmistatakse piluga varustatud ekraanike. Mustast paberist lõigatakse 15 - 20 cm pikkune riba, mille laius võrdub täpselt diafilmi laiusuga (35 mm). Riba keskele, paralleelselt selle servadega, lõigatakse žiletiteraga või terava noaga ribasid: 1, 1,5 ja 2 mm, et katse käigus saaks neist valida sobivama.

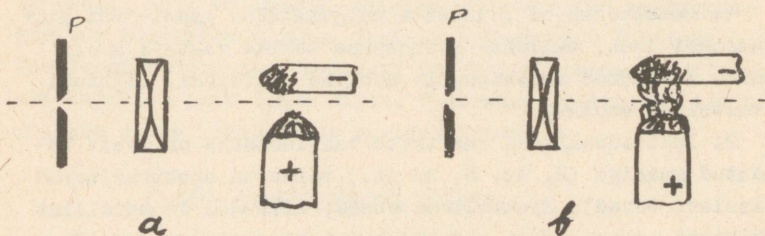
Pabeririba keeratakse filmoskoobi raami ja tekitatakse

objektiivil abil ekraanile pilu terav kujutis. Ka siin asetatakse prisma otse objektiivile ette. Filmoskoopi koos prismaga pööratakse nii, et spekter tekiks ekraanil.

2. 18. Joonspektrite demonstreerimine.

Joonspektrit võib tekitada: a) värvitud leegi, b) spektraalitorude või c) elektrisädeme abil. Demonstratsioonkatteks kõlbab kaarlambi leek. Tugevama leegi saab alalisvoolu abil. Vertikaalseks söeks võetakse jämedam "tahiga" süsi, mis ühendatakse vooluallika positiivse klemmiga. Sellesse puuritakse piki telge 3 - 4 mm sügavune süvend. Pilu valitakse võimalikult kitsas (ca 0,5 mm). Järjestikku kaarlambiga ühendatakse takisti 30 - 40 oomi (voolutugevus 5 - 8 A). Katseseade on sama, mis kujutatud joonisel 2. 23.

Metallispektri (Al, Fe, Cu, Zn, Ag jt.) demonstreerimiseks paigutatakse positiivse söe puuritud süvendisse ca 4 mm pikkune tükike vastavast metallist traati. Süte esialgne asend on kujutatud joonisel 2. 24a. Siis tõstetakse ettevaatlikult vertikaalset sütt kuni metallitükk puudutab rõhtsat sütt ja viiakse see kohe umbes 4 mm alla poole, nagu on kujutatud joonisel 2. 24b. Kriipsjoon näitab optilise telje



Joonis 2. 24 a, b.

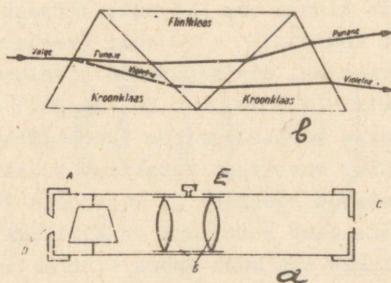
asendit. Sellise süte asetuse juures langeb metalliaurudest värvitud leegi valgus objektiivile ja prismale.

Ka võib kasutada vastavate metallide soolasid, mille tükike asetatakse positiivse söe sisse puuritud süvendisse.

On soovitav sütt enne katset 24 tundi leotada vastava soola lahuses.

2. 19. Joonspektrite vaatlemine spektroskoobiga.

Väga sobivaks individuaalseks spektrite vaatluseks on otsevaatespektroskoop, mille skeem on toodud joonisel 2. 25 a. Selle oluliseks osaks on otsevaateprisma A, kahest läätsest koosnev luup B, pilu C ja ava D, mille juures hoitakse vaatluse ajal siim. Luupi saab spektroskoobi torus nihutada kruvi E abil. Otsevaateprisma läbilõige on kujutatud joonisel 2. 25b.



Joonis 2. 25.

1. Spektroskoobi pilu ette paigutatakse gaasi- või piirituslambi leek, millesse asetatakse tükike vastava soola lahuses immutatud asbestpappi. Sobivad naatriumi, liitiumi ja kaltsiumi soolad.

2. Individuaalseks spektrite vaatlemiseks on sobiv hõrendatud gaasiga (H, He, N, Ar jt.) täidetud spektraaltorud (Geissleri torud). Spektritoru otsad, millel on metallist mitsikesed, ühendatakse sädeindukti kõrgepinge klemmidega. Spektraaltoru peenike osa asetatakse spektroskoobi pilu ette sellega paralleelselt.

3. Metallide, nagu raua, vase, tsingi jt. soolad ei värvil oluliselt gaasi- või piirituseleeki. Seepärast võib vaadelda nende sädespektrit. Sädespekter saadakse, kui ühest ja samast materjalist kaks traati asetatakse teineteisest

5 - 10 mm kaugusele otse spektroskoobi pilu ette, nii et tekki säde oleks piluga paralleelne. Hästi isoleeritud traadid ühendatakse sädeindukti kõrgepinge klemmidega ja jälgitakse sädet läbi spektroskoobi.

2. 20. Neeldumisspektrite tekitamine.

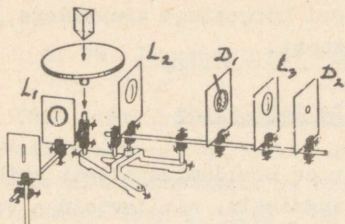
Naatriumi- või liitiumiaurude neeldumisspektrit võib demonstreerida kogu klassile järgmiselt. Alalisvooluga toidetava kaarlambi valguse kitsas kiirtekimp juhitakse pilule ja võetakse prisma abil ekraanile pidev spekter (joon. 2.23). Süüdatakse gaasipõleti või piirituselamp, mille leek valitakse tugev ja optilise telje suhtes suure ulatusega. Gaasi kasutamisel varustatakse gaasipõleti labidakujulise düüsi-ga, pöörates düüsi kitsama osa pilu poole. Raudtraadist aasale asetatakse kanges naatriumkloriidi või liitiumkloriidi lahuses immutatud asbestitükk, mis värvib leegi vastavalt kas kollaseks (Na) või punaseks (Li). Pidevasse spektrisse ilmub naatriumi puhul spektri kollases osas üks tume joon, liitiumi puhul punases osas kaks tumedat joont.

Lihtsam on neeldumisspektrit vaadelda spektroskoobi abil individuaalselt. Selleks asetatakse piirituse- või gaasileek spektroskoobi pilu ette. Leek värvitakse naatriumsoola (NaCl) abil kollaseks. Spektroskoobis ilmub naatriumi-spektri helekollane joon. Teatavast kaugusest juhitakse kaarleegi valgus spektroskoobi pilule, koondades positiivse söe kujutise just leegi sisse. Pidevasse spektrisse ilmub kollase joone kohale tume neeldumisjoon.

2. 21. Spektroskoobi ehitus.

Spektroskoobi ehituse tutvustamiseks koostatakse joonisel 2. 26 kujutatud katseseade. Ümmargusele lauakesele asetatakse klaasprisma. Ühele poole lauakest kinnitatakse rõhtsale vardale pilu ja kollimaatorlääts L_1 , nii et pilu asetseks selle fookuses. Teisele rõhtsale vardale kinnitatakse objektiiv L_2 (suure fookusekaugusega kumerlääts), dia-

fragma D_1 , okulaar L_3 (lühikese fookusekaugusega kumerlääts) ja väike ava D_2 . Nurk varraste vahel valitakse selline, et hoides silma ava D_2 juures, näeks spektrit.



Joonis 2. 26.

2. 22. Fraunhoferi joonte vaatlemine.

1. Kõige lihtsam on jälgida Fraunhoferi jooni otsevaatespektroskoobiga. Spektroskoobi pilu võetakse võimalikult kitsas ja suunatakse spektroskoop heledalt valgustatud pilvele, hästi valgustatud valgele majaseinale või valgele paberilehele. Pidevas spektris on näha teravaid tumedaid neeldumisjooni - Fraunhoferi jooni. Spektroskoopi ei tohi suunata otse Päikesele, sest liiga tugev valgus kahjustab tõsiselt silmi.

2. Kui puudub otsevaatespektroskoop, siis võib Fraunhoferi jooni vaadelda ka tavalise spektroskoobiga, mille prisma on hästi kaetud kõrvalist valgust mitteläbilaskva kattega. Peegliga juhitakse päikesevalgus spektroskoobi pilule.

2. 23. Spektrivärvuste liitmine.

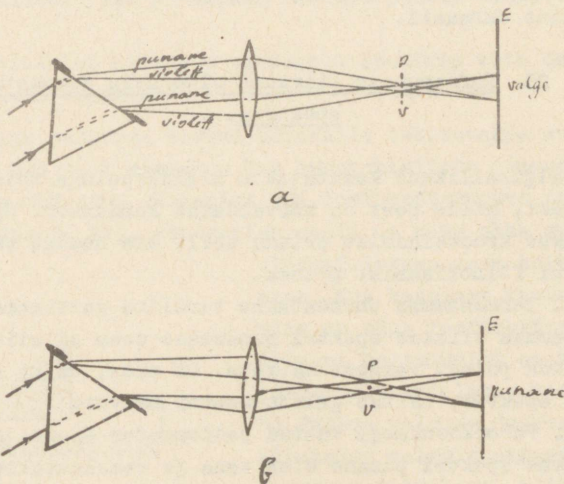
Spektrivärvuste liitmist on käsitletud raamatus [1; 296]. Lisaks sellele võib spektrivärvuste liitmist demonstreerida Newtoni kettaga. Tsentrifugaalmasin seatakse nii, et selle telg oleks horisontaalne. Newtoni ketas on kaetud erivärvi sektoritega. Viimaste pindalade suhtelist suurust on võimalik muuta. Ketas kinnitatakse tsentrifugaalmasinasse ja pannakse kiiresti pöörlema (ca 10 pööret minutis).

Kui värviliste sektorite pindalade suurused on sobivalt valitud, siis näib pöörlev ketas hallina.

Nähtust põhjendatakse sellega, et silmas säilib nägemismulje kuni 0,1 sekundit. Kui kõik sektorid katta musta paberiga jättes vabaks näiteks punase sektori, siis ketta pöörlemisel näib see olevat üleni punane. Samuti võib talitada mistahes värvi sektoriga. Kui jätta katmata kõik sektorid, siis ketta pöörlemisel liituvad silmas nägemismuljed ja me näeme kogu ketast hallina.

2. 24. Täiendusvärvid.

Universaalprojektorist suunatakse prismale paralleelsete kiirte kimp. Prisma tahk, millest kiired väljuvad, kaetakse musta paberiga, millesse on lõigatud ümmargune ava. Prismast väljunud kiirte tee asetatakse suure läbimõõduga kumerlääts (joon. 2. 27a ja b).



Joonis 2. 27.

Ekraanile E saadakse valge laik.

Valge paberilehega leitakse läätse taga koht (pv), kus spekter on kõige väiksem. Kui sellel kohal katta pliiatsi või kitsa paberiribaga kinni üks spektri värvus, näiteks roheline, siis on ekraanil näha mitte valge, vaid rohelise täiendusvärvuses purpurne laik. Nihutades pabeririba spektri kohal muutub ekraanil laigu värvus, kuid on alati kinni-kaetud värvuse täiendusvärvuseks.

Kui on olemas väikese murdva nurgaga prisma, siis hoides seda mingis spektri osas (kohas pv), kaldub üks spektri värvus ülespoole. Ekraanil on siis näha kaks teineteise täiendusvärvuses ringi. Kui prisma murdev nurk on hästi väike, siis täiendusvärvustes ringid osaliselt katavad teineteist, kusjuures kattumiskoht on valge. See näitab, et täiendusvärvuste liitumisel saadakse valge valgus.

Täiendusvärvuste demonstreerimisel saadakse ekraanil kvaliteetsem pilt, kui projektori ette asetatakse mattklaas. Seega välditakse projektori lambi hõõgspiraalide kujutise tekkimine ekraanil.

2. 25. Infrapunase kiirguse olemasolu demonstreerimine spektris.

Valgusallikana kasutatakse alalisvooluga toidetavat kaarleeki, mille eest on kõrvaldatud kondensor. Spekter tekitatakse kroonklaasist prisma abil, mis neelab vähem kiirgust kui flintklaasist prisma.

a. Termosammast ühendatakse tundliku galvanomeetriga. Termosammast viiakse spektri punasesse ossa ja siis selle taha, kus polegi valgust märgata. On näha, et ka seal, kus puudub spekter, näitab galvanomeeter hälvet.

b. Paberikoonusega kaetud radiomeeter (joon. 2. 28) paigutatakse spektri punase otsa taha ja eemaldatakse kate radiomeetrilt, mille tiivik hakkab sellele langeva infrapunase kiirguse mõjul pöörlema.



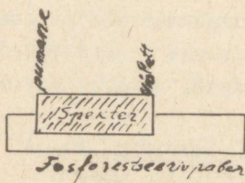
Joonis 2. 28.

2. 26. Ultravioletse kiirguse olemasolu demonst-
reerimine spektris.

Katseseade on sama, mis eelmises katses. Pilu vali-
takse võimalikult lai ja ekraan tuuakse pilule küllalt lähedale.

Ultravioletse kiirguse olemasolu spektris võib demonst-
reerida kolmel viisil.

a. Valge paberiga kaetud ekraanile tekitatakse spek-
ter, mille üks pool kaetakse kas röntgenikiirte demonst-
reerimiseks määratud ekraaniga või fosforestseeruva paberi-
ribaga (joon. 2. 29). Röntgeniekraanil on kohe näha spektri



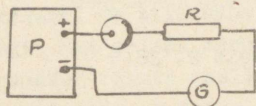
Joonis 2. 29.

ultravioletses osas helendu-
mist. Kui kaarlamp kustutada,
siis on näha fosforestseeruva
ekraani helendumist seal, kuhu
langes ultravioletne kiirgus.
b) Punase valguse juures kin-
nitatakse valgele ekraanile
isokroom filmilint, millele
lastakse ühe minuti vältel
langeda spekter. Filmile mär-

gitakse spektri punane, roheline ja violetne osa. Pärast

filmi ilmutamist võib näha tumenemist ka spektri violetse otsa taga.

c) Valgesse papitahvlisse lõigatakse rõhtne ava, milles võib liigutada fotorakku. Ava kohale tekitatakse spekter. Fotorakk ühendatakse vooluringi joonisel 2. 30 toodud skeemi järgi. Fotorakku nihutatakse spektri punasest osast violetse poole ja üle selle ning jälgitakse galvanomeetri näidu muutust.



Joonis 2. 30.

D. VALGUSE KVANTOMADUSED.

2. 27. Fotoelektriline efekt metallplaatidel.

Katseks tuleb valmistada tsingist, vasest ja rauast metallplaadid (kettad) läbimõõduga 12 - 15 cm. Igale plaadile kinnitatakse plekist hoidja, mille abil saab selle kinnitada demonstratsioonielektromeetri vardale. Plaadi üks külg puhastatakse liivapaberiga läikivaks, pestakse, niisutatakse 5 - 10 % -se väävelhappelahusega ja marlist või vatist tampooniga hõõrutakse sellele tilk elavhõbedat kuni saadakse üleni läikiv pind. Selle tagajärjel püsib plaadi pind kauemat aega läikiv ja seda pole vaja alati enne katset puhastada. Pärast amalgaamimist pestakse plaati veega.

Katset alustatakse elektromeetri vardale asetatud tsinkplaadiga. 50 - 60 cm kaugusele plaadist pannakse elektri - kaarlamp või kvartslamp. Kaarlamp ühendatakse vahelduvvoolu võrku läbi 30 - 40 oomilise takistuse, mis kannatab voolu kuni 5 amprit. Elektromeeter laetakse esiteks positiivselt ning valgustatakse seda kaarlambiga. Laeng elektromeetrilt ei kao. Positiivne laeng kõrvaldatakse elektromeetrilt ja antakse sellele negatiivne laeng. Valgustamisel kaob laeng üsna kiiresti (möödetakse aega).

Kaarlambi ja metallplaadi vahele paigutatakse tükk aknaklaasi ja korratakse viimast katset. Laeng elektromeetrilt ei kao. Katset demonstreeritakse veel vask- või raudplaadiga elektromeetri vardal. Möödetakse laengu kadumise aeg. Katsetest tehakse järeldus.

2. 28. Fotovool fotorakus.

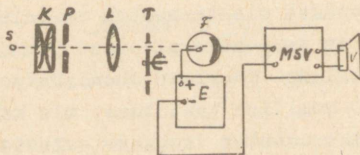
Koostada joonisel 2. 30 toodud skeemi järgi vooluring kasutades pingeallikana kenotronalaldit ja demonstratsioonigalvanomeetrit. Võib kasutada ka 150 - 200 kilo-oomist takistit R, kuid see pole oluline, kui ei kasutata liiga tuge-

vat valgust.

Näidata, et elektrivoolu tugevus sõltub valgustustugevusest ja pingest fotoelemendi klemmidel.

2. 29. Valgusimpulsside muutmine helilaineteks.

Katseseade koostatakse joonisel 2. 31 toodud skeemi järgi. Katsevahenditena kasutatakse fotoelementi UF-4 ,



Joonis 2. 31.

madalsagedusvõimendit, kenotronaalidit, valjuhääldit, optilist pinki, sireeniketast, kumerlätse hoidjaga, tsentrifugaalmasinat.

Valgusallikast S väljuv valgus juhitakse läbi kondensori K ja diafragmas P oleva ava läatsele L, mis on avast asetatud sellisele kaugusele, et terav valguskiirte kimp langeks fotoelemendile F. Fotoelemendi ette asetatakse tsentrifugaalmasinasse kinnitatud sireeniketast T (või papist ketast, milles on ringikujuliselt aukude rida). Ketast saab panna suurema või väiksema nurkkiirusega pöörlema.

Fotoelemendi vooluringi lülitatakse madalsagedusvõimendi MSV. Fotoelementi toidetakse alaldist E pingega + 200

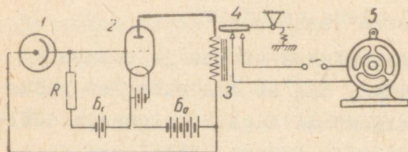
kuni + 300 volti.

Sireeniketta pöörlemisel kiirtekimp, mis langeb fotoelemendile, perioodiliselt katkestatakse. Samasuguse sagedusega muutub vool fotoelemendi vooluringis. Voolu võnkumised võimendatakse ja antakse edasi valjuhääldisse, mis tekitab heli valguse katkemistele vastava sagedusega. Muutes ketta pöörlemiskiirust muutub ka heli kõrgus.

2. 30. Fotorelee töötamine.

Joonisel 2. 32 on kujutatud fotorelee lülitusskeem, kus 1 on fotorakk, 2 - triood, 3 - relee, 4 - ankur, 5 - mootor.

Fotoelemendi katood on ühendatud trioodi võrega. Kui fotoelementi ei valgustata, siis triood on "lukus" ja puudub vool anoodringis, kuhu on ühendatud elektromagnetiline relee.

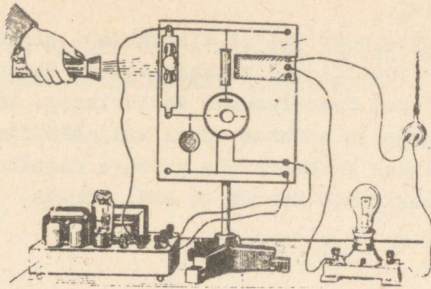


Joonis 2. 32.

Ankrut 4 ei tõmmata südamiku külge ja mootori vooluring on avatud. Fotoelemendi 1 valgustamisel trioodi võre negatiivne laeng väheneb elektronide emissiooni tagajärjel fotokatoodilt, seetõttu trioodi anoodringi vool. Relee ankur tõmmatakse südamiku külge, mille tagajärjel suletakse lambi või mootori vooluring.

Katseseade on kujutatud joonisel 2. 33.





Joonis 2. 33.

2. 31. Valguse fotokeemiline toime.

1. katse. Õpilastele jaotatakse väikesed lehed fotopaberit, mis on kaetud musta paberi või stanniolpaberiga ja millesse on tehtud mitmesuguse kujuga **sisselõikeid**. Fotopaberit valgustatakse mõne minuti vältel kas päikese või tugevajõulise lambi valgusega. Fotopaberi värvus valgustatud kohal muutub.

Sama katset võib teisendada, asetades fotopaberile tihedalt filmil või fotoplaadil oleva negatiivi.

2. katse. Fotopaberile asetatakse sinine ja punane tsellofanist või klaasist kujund, nii et osa paberist jääks katmata. Fotopaberit tuleb valgustada tugeva valgusega. Jälgitakse paberi varvuse muutumist ja tehakse järeldus.

2. 32. Luminestsentsinähtused.

Katsed sooritatakse pimendatud ruumis.

1. katse. Universaalprojektorilt eemaldatakse üks kondensorlääts ja asetatakse optilisele pingile diafragma, mille ava läbimõõt on ca 30 mm. Paralleelne kiirtekimp suunatakse klaasanumasse (akvaariumivann, kolb jne.), milles on fluorestseini-, männiekstrakti-, rivanoolilahus või petrooleum. Iga vedelik helendub valguse mõjul eri värvi. Val-

guskiirte teele pannakse erineva värvusega valgusfiltreid: sinine, roheline, kollane, punane ja jälgitakse, millise filtri puhul on luminestsentsi veel märgata ja mis värvi on luminestsentsvalgus.

Õppevahendite tööstus toodab komplekte luminestseeruvate vedelikega, millede on eosiini-, fluorestseinilahus piirituses ja R-hape. Kui katkestada vedelike valgustamine, siis kaob ka nende helendumine. Ka siin proovida värvifiltreid!

2. katse. Katseseade on eelmisega sarnane. Nüüd asetatakse kiirte teele karp torudega, millede on mitmesugused luminofoorid või erinevate luminofooridega kaetud paberiribad. Neid valgustatakse paari minuti vältel. Pärast valgusallika väljalülitamist helenduvad luminofoorid veel pikemat aega.

3. katse. Triboluminestsentsi näitamiseks kasutatakse luminestseeruvat ekraani röntgenikiirte nähtavakstegemiseks. Ekraani tagaküljele lüüakse sõrmedega. Löögi koht ekraanil hakkab hetkeks helenduma.

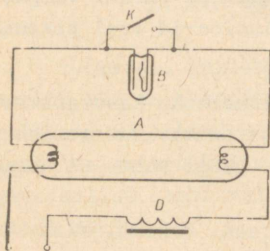
Kui hõõruda elektronkiiretoru ekraani kohalt, siis helendub selle luminofoor. Kui hõõruda toru külge, siis helendub torus olev gaas. Sama efekti võib saada ka torude hõõrumisel, mis on määratud katseks Tesla vooludega. Torudes olev hõõrdatud gaas helendub, mida põhjustavad sellest läbiminevad elektronid. Ka päevavalguslambi klaastoru hõõrumise tagajärjel helendub toru sisemist seinapinda kattev luminofoor.

4. katse. Katoodluminestsentsi demonstreeritakse katoodtoruga, milles on kristallide kogu või toruga, milles on mitmesuguste luminofooridega kaetud tiivik. Katoodluminestsentsinähtust kasutatakse elektronostilloskoobis ja televiisoris. Ka klaas luminestseerub katoodkiirte mõjul.

Katoodtoru, mis on ette nähtud katoodkiirte kõrvalekaldumise demonstreerimiseks magnetväljas, hõõrutakse pimendatud ruumis kuiva ajalonega. Torus olev ekraan hakkab elektronide pommituse tagajärjel helenduma.

2. 33. Luminestsentslamp ja katseid sellega.

Luminestsentslamp kujutab endast kinnist klaastoru, mille seinte sisepind on kaetud luminofooriga. Toru mõlemas otsas on volframtraadist spiraalid, mis vahelduvvoolu kasutamisel on vaheldumisi katoodiks ja anoodiks. Lamp on täidetud elavhõbeda aurude ja argooniga, millede rõhk 40°C juures on 10^{-2} mm Hg. Lambi töötamisel toimub torus huumlahendus. Helendub elavhõbeda aur. Selleks, et volframniit kiiresti ei laguneks on sellega ühendatud nikkeltraadid, mis võtavad endale enam kui poole lahendusvoolust. Lamp on 3 - 4 korda ökonoomsem sama võimsusega hõõglambist. Lamp lülitatakse vooluvõrku joonisel



Joonis 2. 34.

2. 34 toodud skeemi järgi.

Kui voolutugevus lambis suureneb, siis väheneb pinge selle klemmidel. Et voolu piirata, ühendatakse lambiga järjestikku drossel D.

Selleks, et lambi süütamise protsessi seletada, eemaldatakse starter B pöörates seda vastu kellaosuti liikumise suunda. Paneeli

klemmid ühendatakse vahelduvpinge allikaga, mille pinge on 170 - 180 volti. Lülitati K abil suletakse vooluring (nupule vajutamise) 2 - 3 minutiks. Selle tagajärjel läbib spiraale vool ja kuumutab neid, mida võib näha nende hõõgumisest. 2 - 3 sekundi pärast on lamp valmis süütamiseks. Nupp vabastatakse. Drossel põhjustab endainduktsiooni emj., mis tunduvalt ületab vooluallika pinge ja lambis algab gaaslahendus. Vahel tuleb nupule vajutada mitu korda enne kui lamp süttib. Kui kasutada normaalpinget (220 V), siis süttib lamp esimese vajutamise.

Nupu K abil ei ole lambi süütamine mugav. Seepärast kasutatakse starterit, mis kujutab endast kahe elektroodiga gaaslahenduslampi. See on täidetud neooniga. Üheks elektroodiks on bimetalplaadike. Voolu sisselülitamisel tekitab

elektrivõlli starteris neoni helendumise. Starter soojeneb ja bimetall kõverdub ning sulgeb vooluringi nii, et vool pääseb läbi luminestsentslambi elektroodide ja kuumutab neid. Starteri süütepinge on madalam luminestsentslambi süütepingest, kui selle elektroodid on külmad, seepärast töötab starter varem. Pärast seda, kui vool hakkas läbima lambi spiraale, jahtub bimetall ja 2 - 3 sekundi pärast katkestab vooluringi ning luminestsentslamp süttib.

Pärast lambi süttimist võib starteri eemaldada. Lamp põleb ikkagi normaalselt.

Luminestsentslampi ei või kasutada ilma drosselita ja seda ei või ühendada alalisvoolu allikaga.

2. 34. Radiomeetriline efekt.

Radiomeeter on kujutatud joonisel 2. 28. Ohust võimalikult tühjas klaasballoonis saab vertikaalse telje ümber pöörlelda kerge tiivik, mille tiibade ühed küljed on kaetud tahmaga, teised küljed on aga läikivad. Hoida tuleb radiomeetrit pimedas kapis ja kaetuna paksust paberist mütsike-sega.

Hämaras ruumis eemaldatakse radiomeetrilt mütsike. Õpilased näevad, et tiivik ei pöörle. Radiomeetri tiibadele juhitakse valgus. Tiivik hakkab seda kiiremini pöörlema, mida tugevam valgusvoog tiibadele langeb.

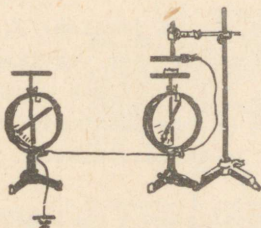
On vaja demonstreerida radiomeetri suurt tundlikkust. Hoida tiku leek sellest paarikümne sentimeetri kaugusel ja jälgida tiiviku pöörlemist.

Anda seletus radiomeetrilisele efektile ja rõhutada seda, et see ei ole sama, mis valguse rõhk. Katset valguse rõhu kohta pole kooli tingimustes võimalik demonstreerida.

III. A A T O M I E H I T U S

3. 1. Õhu ioniseerimine ja elektromeetri tühjenemine radioaktiivse kiirguse mõjul.

Kaks ühesuguse tundlikkusega elektromeetrit asetatakse katselauale teineteisest umbes ühe meetri kaugusele. Üks elektromeetritest varustatakse metallplaadiga ja selle kohale statiivi näpitsasse kinnitatakse teine isoleeriva käepidemega plaat (joon. 3. 1). Ülemine plaat ühendatakse elektromeetri korpustel olevate klemmidega, mis samuti maandatakse (ühendades näiteks veekraaniga).



Joonis 3. 1.

1. Näidatakse leegi ioniseerivat toimet. Mõlemad elektromeetrid laetakse villase riidega hõõrutud eboniitpulgaga puudutamise teel ühesuuruse hälveni. Selleks ühendatakse elektromeetrid isoleeriva käepidemega varustatud metallvarradega, puudutatakse ühe elektromeetri varrast hõõrutud eboniitpulgaga ja siis eemaldatakse isoleeriva käepidemega metallvarras. Põlev tikk viiakse metallplaatide vahele. Plaatidega varustatud elektromeetri hälve väheneb kiiresti, sest leegi mõjul tekivad õhus ioonid, mis liiguvad vastavalt nende laengu märgile kas ühele või teisele plaadile, neid seejuures neutraliseerides.

2. Elektromeetrid laetakse nii, nagu eelmises katseski. Alumisele plaadile asetatakse radioaktiivne preparaati

kas Wilsoni kambrist, millel on klaaskaas eemaldatud või spintariskoobi preparaati (viimaseid on soovitatav asetada kaks). Mõne minuti möödumisel on radioaktiivse ainega varustatud elektromeetri laeng tunduvalt vähenenud, või hoopis kadunud. Järelikult radioaktiivse aine tõttu õhk ioniseerus.

Ka teisiti võib demonstreerida radioaktiivse kiirguse ioniseerivat toimet. Ühel elektromeetril eemaldatakse esiklaas. Mõlemad elektromeetrid laetakse nii, et need näitavad ühesugust hälvet (nagu esimeses katses). Eemaldatud esiklaasiga elektromeetrisse paigutatakse 1 - 2 spintariskoobi preparaati. Mõne minuti jooksul on radioaktiivse preparaadiga elektromeetrilt laeng kadunud.

Radioaktiivsest preparaadist väljuv kiirgus ioniseerib õhku. Tekkinud ioonid, liikudes elektriväljas, suunduvad vastavalt oma laengutele metallplaatidele või vastavalt elektromeetri kerele ja selle vardale; seetõttu neil olev laeng neutraliseeritakse.

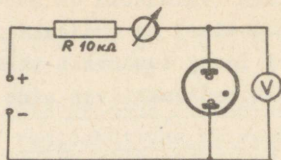
Pärast katset asetatakse radioaktiivne preparaati tagasi oma kohale.

Radioaktiivse kiirguse intensiivsuse uurimine laetud elektromeetri hälve vähenemise kaudu oli üks esimesi sellalaseid uurimisviise.

3. 2. Gaasi molekulide ionisatsioonenergia.

Koostatakse vooluring (joon. 3. 2) neonlambist ja umbes 10 kilo-oomisest reostaadist või takistist. Viimane valdib neonlambis kaarlahenduse tekke. Mõnedel neonlambi tüüpidel (CH-1 ja CH-2) on takistid monteeritud juba lambi sisse. Sel juhul pole reostaati vooluringi vaja ühendada. Skeemi ühendatakse samuti voltmeeter (150 V) ja demonstratsioonigalvanomeeter. Vooluring pingestatakse universaalalaldi klemmidelt 0...250 V või elektrikilbist.

Aeglaselt hakatakse suurendama vooluringile rakendatavat pinget seni, kuni neonlamp süttib. Galvanomeeter registreerib hüppeliselt voolu tekke. Fikseeritakse pinge,



Joonis 3. 2.

mille juures neonlamp süttib. Seda pinget nimetatakse süttimispingeks ja see jääb antud tingimustes juures konstantseks. Et selles veenduda, korratakse katsed veel teine ja kolmas kord.

Katse näitab, et gaasi (antud juhul on selleks neon) molekulide ioniseerimiseks antud tingimustes on vaja tekitada neonlambi elektrodide vahele teatava tugevusega elektrivälja. Selle elektrivälja toimel omandavad esialgselt gaasis leiduvad laetud osakesed kindla energia. Põrkudes neutraalsete gaasi molekulidega, rebivad need välja elektrone molekulide elektronkattest. Järelikult, gaasi molekulide ioniseerimine toimub põrkuvate osakeste täiesti kindla energia juures. Seda gaasi neutraalsete molekulide ioniseerimiseks vajalikku energiat nimetatakse ionisatsioonienergiaks.

3. 3. Fotoefekt.

Neonlambi elektroode valgustatakse tugevast valgusallikast, näiteks kaarleek- või 100 - 200 vatisest elektrilambist. Viimasel juhul on soovitatav kasutada veel läätse, mille abil valgus neonlambi negatiivsele elektrodile koondatakse.

Korratakse eelmises katses tehtud mõõtmisi. Neonlambi süttimispinge alanemine on tingitud fotoefektist.

Süttimispinge alanemist võib märgata samuti neonlambi

Kiiritamisel radioaktiivse preparaadi või röntgenikiirte poolt.

3. 4. Aatomi energianivoode diskreetsus.

(Franck-Hertzi katse)

Väikeste kiiruste juures on elektronide pörked aatomite- ja molekulidega elastsed, s.t. pörkamisel muutub elektroni liikumise suund, kuid peaaegu ei muutu selle kiirus. See on seletatav elektronide erakordselt väikese massiga.

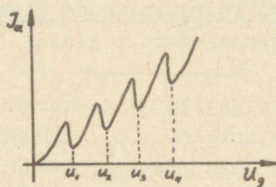
Elektronide kiiruse järkjärgulisel suurendamisel hakkavad toimuma mitteelastsed pörked. Sel juhul võib elektron oma energia täielikult üle anda aatomile või molekulile, millega elektron pörkub. Üleantud energia läheb kas aatomi (molekuli) ergastamiseks või selle ioniseerimiseks. Mitteelastse pörke tekkimiseks peab elektronil olema teatud kriitiline kiirus, mis on iseloomulik vastava gaasi aatomile.

Selle nähtuse seletus põhineb Bohri aatomiteoorial. Kui elektroni kiirus on väike, siis ei piisa sellest energiast aatomi ergastamiseks. Kui aatomile suunduval elektronil on aga küllaldane kiirus aatomi ergastamiseks, siis annab liikuv elektron oma energia aatomile ja pörge muutub mitteelastseks.

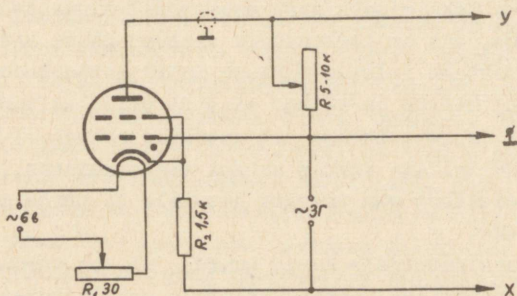
Kui abstsisssteljele kanda suurus, mis on võrdeline elektronide energiaga, ordinaatteljele aga liikuvate elektronide poolt tekitatud voolu tugevus, siis saame joonisel 3. 3 kujutatud graafiku. Voolutugevuse langused vastavad pingetele, mis on ergastuspotentsiaalide kordsed. Nendel pingetel annavad elektronid praktiliselt kogu oma energia aatomitele (molekulidele) ja neil momentidel väheneb järsult voolutugevus. Iseloomulik on see, et voolutugevuse miinimumid asuvad abstsisssteljel mõõdetuna teineteisest ühesugustel kaugustel. Selline olukord näitab, et aatomid või molekulid võivad energiat vastu võtta vaid kindlate annustena, s.t. aatomi energianivoodel on diskreetne iseloom.

Selgitatud graafiku demonstreerimiseks kasutatakse gaastäitega türatroni TP 1-0,1/1,3, mis ühenuatakse demonst-

ratsiooniks vajalike riistadega joonisel 3. 4 toodud skeemi järgi. Tütratroni katoodi kütteks vajalik pinge ca 6 V



Joonis 3. 3.



Joonis 3. 4.

rakendatakse kas akupatareist, universaaltrafost või alaldist. Katoodi ja võre vahele rakendatakse vahelduvpinge kas autotrafost või heligeneraatorist. Positiivsetel poolperioodidel tekib katoodi ja võre vahele kord kasvav, kord kahanev elektriväli, mis kiirendab elektrone. Nagu juba eespool märgitud, toimuvad kriitilisel kiirusel mitteelast-

sed pörked. Elektronid, kaotanud oma energia, ei suuda pärast mitteelastset pörget läbida pidurdavat välja, mis on tekita tud anoodi ja võre vahele. Pidurdav väli tekib anoodvoolu poolt tekitatud pingelangu tagajärjel takistusel R. Pidurda va välja tugevust on võimalik reguleerida takistuse R väär tust muutes.

Kui elektrone kiirendav pinge rakendada ostsilloskoobi horisontaalselt kallutatavatele plaatidele (punktid x ja o skeemil), pinge takistilt R (see on võrdeline anoodvoolu tu gevusega) aga ostsilloskoobi vertikaalselt kallutatavatele plaatidele (punktid y ja o skeemil), siis peale ostsillos koobi väljareguleerimist saame ekraanile sõltuvust $I_a = f(U_g)$ väljendava ostsillogrammi.

Demonstratsiooniks vajalikud ühendused võib teha õppe vahendite tehaste poolt toodetud elektronlambi püstpaneeli ja vastavaid reostaate kasutades. Seade on aga kompaktsem ja hõlpsamini üles seatav, kui skeem on monteeritud terve nisti vertikaalsele paneelile. Takistusena R võib kasutada raadiotehnilist potentsiomeetrit. Takisti R_1 joodetakse pa neeli tahaküljele, sest see põhimõttelist rolli katses ei mängi.

Türaatroni küttevooluringis võib kasutada ükskõik mil list muudetavat 10-30 oomist takistust võimsusele vähemalt 5 W.

Ühendanud paneeliga pingeallikad ja ostsilloskoobi, peab enne skeemi pingestamist jälgima, et takistus R oleks maksi maalne, autotrafost rakendatav pinge aga minimaalne. Et tü ratroni katood kiiremini kuumeneda võiks, viiakse takistus R_1 miinimumini. Lülitatakse tööle ostsilloskoop ja pingesta takse skeem.

Vahetult enne demonstratsiooni vähendada küttevoolu reostaadi R_1 abil niivõrd, et küttepinge jääks 1,5 - 2 V piiridesse. Sellele vastav R_1 takistuse väärtus on soovitav märgistada paneelil juba katse ettevalmistamise käigus (mõõ detakse näiteks avomeetriga).

Edasi suurendatakse ettevaatlikult autotrafo (helige neraatori) pinget ja jälgitakse ostsilloskoobi ekraanile

tekkivat ostsillogrammi. Tuleb vältida gaaslahenduse tekkimist lambis. Selle tekkimise korral ilmub ostsillogrammil järsult üleskerkiv teravnurkne kujutis. Selle tekkimisel vähendada autotrafost rakendatavat pinget.

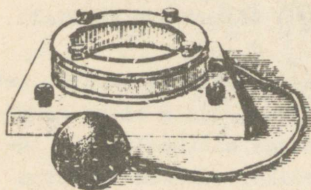
Ostsilloskoobi y - ja x -sisendite võimendus tuleb reguleerida niisuguseks, et tekiks kogu ekraani hõlmav kujutis.

Peale demonstratsiooni türatroniga, asendatakse see vaakum-trioodiga (elektronlamp 6C5). Saadakse ostsillogramm, millel ei esine voolutugevuse langusi. Siit võib järeldada, et katses etendas olulist osa balloonis olev gaas.

Elektronide pörkeid aatomitega uurisid esmakordselt saksa füüsikud J. Franck ja G. Hertz 1913. aastal.

3. 5. Laetud osakeste trajektooride jälgimine Wilsoni kambriga.

Wilsoni kamber koosis demonstreerimise otstarbeks on klaasist põhjadega hermeetiliselt suletud madal silinder (joon. 3. 5). Keeriste tekkimise vältimiseks kambris, mis



Joonis 3. 5.

kiiresti hävitavad laetud osakeste jäljed, on silindri külgseinad seespoolt kaetud lainelise plekiga, mille tagant voolab õhk kambrisse ja välja.

Universaalprojektor seatakse horisontaalprojektsiooniks. Projektori kondensorile pannakse udukamber. Kambrile klemmid ühendatakse alalisvoolu allikaga, mille pinget on vähemalt 300 V. Ühendamisel tuleb jälgida polaarsust, arvestades, et α -osakesed on laetud positiivselt (vaadeldakse nimelt α -osakeste jälgi). Valmistatakse lahus, milles on ca 50 % piiritust, atsetooni ja vett kumbagi 25 %. Seda lahust imetakse pisut kummipritsi, pannakse prits kambrisse

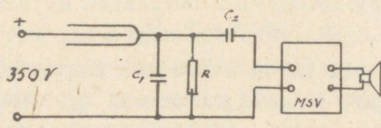
viiva vooliku otsa ja surutakse mõni kord tugevasti pritsile. Järsu liigutusega katkestatakse surve kummipritsile. Selle tagajärjel gaas kambris paisub, jahtub (sest protsess on adiabaatiline) ja kambris tekib udu. Viimane tekib aga seal, kus on ioone, kuid ioonid tekivad laetud osakese trajektoril. Udused α -osakeste jäljed projekteeritakse lakke või ekraanile.

Katse sooritamisel tuleb jälgida, et kambrisse ei sa- tuks vedelikku, mistõttu lahustub nõelakese otsa kinnitatud radioaktiivse ainega kaetud kehake. Kruvide pingutamise- ga saab parandada kambri hermeetilisust.

Katseriista säilitamisel suletakse kambrisse viiva vooliku ots korgi või vatiga. Aja jooksul tekib kambris radioaktiivne gaas radoon.

3. 6. Ioniseerivate osakeste loendaja ja katseid sellega.

Radioaktiivse kiirguse mõõtmiseks on laialdaselt kasu- tusel Geigeri-Mülleri loendaja. Koolides kasutamiseks on see monteeritud paneelile. Kui on olemas loendaja toru, siis võib seda ise monteerida paneelile joonisel 3. 6 toodud skeemi järgi. Siin $c_1 = 4700 \mu\text{F}$, $c_2 = 4700 \mu\text{F}$ ja $R = 3,6 \text{ k}\Omega$.

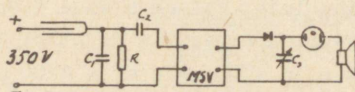


Joonis 3. 6.

Loendaja klaasballoonis on mingi gaas madalal rõhul (100 - 200 Tr). Metallsilinder ümbritseb ballooni ruumala seestpoolt. Silindri telje kohale on kinnitatud metalltraat,

mis ühendatakse alalispinge allika anoodiga, metallsilinder - katoodiga. Vajalik alalispinge vastavalt toru tüübile on 300 - 380 V.

Radioaktiivsete isotoopide α - või β -lagunemisega kaasneb enamasti ka γ -kiirgus. Mõned γ -kvandid tungivad läbi klaasballooni seina ja põhjustavad elektroni eemaldamist kas ballooni täitva gaasi või metallsilindri aatomitest. Torus olev elektrivälja mõjul kiirendatud elektron võib ioniseerida gaasi balloonis, seejuures tekib lühiajaline lahendus, mistõttu takistusel R tekib pingepulss. Viimast saab registreerida kas akustilise või optilise ilminguga. Voolutõuke puhul muutub pinge toru elektroodidel lahenduspingest väiksemaks ja koroonalahendus lõppeb automaatselt. Kui joonisel ühendada väljund madalsagedusvõimendi ja see valjuhääldiga, siis ioniseeriva osakese liikumist balloonis saadud valjuhääldis kuulduv helitiks. Kui teha ühendused joonisel 3. 7 toodud skeemi järgi, kus on kasutatud



Joonis 3. 7.

neonlampi MH-5 või MH-7, muudetava mahtuvusega kondensaatortit (kuni 60 μ F) ja pooljuhtdiodi ($\Delta 7\text{K}$), siis üheaegselt heliga võib näha ka neonlambikese süttimist.

Kosmilise kiirguse, maapinnas ja õhus leiduvate radioaktiivsete isotoopide tõttu tekib balloonis sageli ioniseerivaid osakesi, mistõttu kuulduv valjuhääldajas tikse (või süttib lambike). Kui toru lähedale viia radioaktiivne preparaat (Wilsoni kambri, spintariskoobist või helenduvate numbritega kell), siis tiksude sagedus suureneb.

3. 7. Radioaktiivse kiirguse uurimine ioniseerivate osakeste loendiga.

1. Kahe kiirguseallika intensiivsuse võrdlemine.

Ühe kiirguseallikana kasutatakse spintariskoobist võetud preparaati, teisenä Wilsoni kambri oma. Kord viiakse üks nendest ca 5 cm kaugusele loenditorust ja loendatakse tixsude arv teatud aja vältel, siis teine preparaat sama kaugusele ja võrreldakse eelneva preparaadi poolt põhjustatud tixsude sagedusega.

2. Tuumakiirguse neeldumine erinevates ainetes.

Spintariskoobist võetud preparaat asetatakse loenditorust ca 10 cm kaugusele. Preparaadi ja loenditoru vahele paigutatakse järjest erinevatest ainetest ühepaksusi plaate, näiteks vineer, papp, klaas, alumiinium, plii jne. Siis kasutatakse ühest ja samast ainetest, kuid erineva paksusega plaate.

Kui 1 - 2 mm paksune pliiplaat, milles on 10 x 20 mm suurune ava, mähkida alumiiniumpaberisse ja viia spintariskoobi preparaadi ja loenditoru vahele, siis tixsude arvu suurenemise järgi võib avastada augu ("defekti") asukoha.

3. β -kiirte paindumine magnetväljas.

Loendiga kinnitatakse statiivi näpitsasse elektromagneti kohale, mis on koostatud universaaltrafo südamikust ja poolist 220 V või induktsioonpoolist. Magneti poolusekingade vahele jäetakse 15 - 20 mm laiune vahe. Pilu alla paigutatakse radioaktiivne preparaat (loenditorust 5 - 8 cm kaugusele). Kiirguseallikas kaetakse pliiplaadiga, milles on ava mõõdetega 10 x 20 mm.

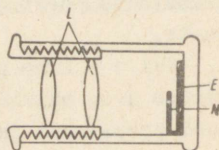
Kui pooli ei läbi alalisvool, siis registreerib loendi γ - ja β -kiirgust¹⁾, mistõttu on kuulda tikse. Voolu sis-

1) β -kiired, langedes klaasballoonile või metallsilindrile, põhjustavad selle aatomitest γ -kiirgust, mis omakorda ioniseerib balloonis olevat gaasi.

selülitamisel pooli väheneb tixsude arv, kuna β -kiired painduvad magnetväljas kõrvale ega lange loendile. Loenditoru nihutamisel ette- või tahapoole sageneb tixsude arv uuesti. Muutes voolusuunda poolis, painduvad β -kiired teisele poole. Katsesest võib järeldada, et β -kiired kannavad negatiivset laengut sarnaselt katoodekiirtega ja on elektronide voog, kuid nende energia (10^6 eV) on tunduvalt suurem katoodekiirtes lendavate elektronide omast.

3. 8. Stsintillatsioonide vaatlemine spintaris- koobiga.

Spintariskoop kujutab endast plastmassist toru, mille põhja külge on kinnitatud vääveltsingiga kaetud ekraanike E (joon. 3. 8). Ekraani ette on paigutatud nõel N, mille teraviku küljes on α -osakesi kiirgava radioaktiivse aine terake. Toru teises otsas on kahest läätsesest koosnev luup L. Luup on toruga ühendatud keermestiku abil ja selle kaugust ekraanist võib muuta. Vältida tuleb tugeva valguse sattumist ekraanikesele E.



Joonis 3. 8.

Stsintillatsioonide vaatlemiseks tuleb eelnevalt viibida 5 - 10 minutit pimedas ruumis, et silm kohaneks kõrga valgusega. Vasaku käega hoitakse spintariskoop silma ees ja parema käega keeratakse luupi seni, kuni pilt on terav. Vaateväljas on näha helenduva ekraani taustal valgussähvatusi.

Näitlik materjal aatomi ehituse käsitlemiseks.

a. Oppefilmid.

1. "Строение атома" Film koosneb kolmest osast ja seitsmest fragmendist: radioaktiivsus, aatomi ehitus, tuuma mass, tuumade muundumine, kiirendajad, neutroni avastamine ja uraani tuuma jagunemine.

2. "Ядерная энергия для мирных целей". Film koosneb kolmest osast.

b. Ringfilmid.

1) Wilsoni kamber, 2) ionisatsioonitoru, 3) mass-spektrograaf, 4) tsüklotron, 5) läbivalgustamine raadiumi abil ja 6) radioaktiivne kiirgus.

c. Diapositiivide seeria "Атомное ядро" koosneb 30-st diapositiivist.

d. Tabelid.

1) mass-spektrograaf, 2) tuumakütus, 3) tuumakütusega töötav reaktor, 4) kiirete neutronitega töötava reaktori skeem, 5) radioaktiivsete isotoopide kasutamine nende kiirguse läbitungimisvõime tõttu, 6) radioaktiivsete isotoopide kasutamine nende kiirguse peegeldumis- ja läbitungimisvõime tõttu, 7) mürkistatud aatomite kasutamine bioloogias ja põllumajanduses.

* * *

Käesolevas brošüüris käsitletud teemade näitlikustamiseks on Vabariiklikus Õpetajate Täiendusinstituudis koolidele laenutamiseks järgmised õppefilmid:

1. Elektromagnetid ja nende rakendamine tehnikas (2 osa, 8 kl.).
2. Elektrimootorid (2 osa, 10 kl.).
3. Fotoelemendid ja nende rakendamine (2 osa, 11 kl.).
4. Luminestsents (värviline, 1 osa, 11 kl.).
5. Loodusliku radioaktiivsuse avastamine (fragment, 11 kl.).
6. Aatom ja aatomituum (6 osa, 11 kl.).
7. Aatomijäälohkuja (1 osa, 8. ja 11 kl.).

1. A. Emma, V. Paju, Füüsika katsed kaheksaklassilises koolis. Tln., "Valgus", 1969.
2. A. Emma, V. Paju, A. Kõverjalg. Füüsika praktikumi tööjuhendid. 2. trükk. Tln., "Valgus", 1968.
3. J. Hendre. Füüsikakatseid elektronostsilloskoobi ja heligeneraatoriga. Tln., "Valgus", 1968.
4. A. Emma. Füüsika meetodika praktikumi tööjuhendid. E. Vilde nim. Tallinna Pedagoogiline Instituut. Tln., 1970.
5. J. Hendre. Võnkumised ja lained. E. Vilde nim. Tallinna Pedagoogiline Instituut. Tln., 1971.
6. Марголис, А.А., Парфентьева Н.Е., Соколов И.И., Практикум по методике физики. М., Просвещение, 1965.
7. Шахмаев Н.М., Каменецкий С.Е. Демонстрационные опыты по электричеству. М., Учпедгиз, 1963.
8. Шпрокхоф Г. Эксперимент по курсу элементарной физики. Часть 5. М., Просвещение, 1967.
9. Шпрокхоф Г. Эксперимент по курсу элементарной физики. Часть 6. М., Учпедгиз, 1960.
10. Огородников Г.Ф. и др. Демонстрационные опыты по оптике и строению атома. М., Просвещение, 1967.
- II. Буров В.А. и др. Демонстрационные опыты по физике для старших классов средней школы. Часть II. М., Просвещение, 1968.
12. Родина Н.А. Изучение физики атомного ядра в школе. М., Просвещение, 1966.

S i s u k o r d.

Eessõna	3
I. E L E K T E R	4
A. ELEKTRIVOOLU MAGNETVÄLI	4
1. 1. Kahe sirgvoolu vastastikune mõju	4
1. 2. Vooluga pooli magnetvälja uurimine	5
1. 3. Katseid Lorentzi jõu demonstreerimiseks	6
1. 4. Defektide avastamine terasesemetes	7
1. 5. Ferromagnetiliste omaduste sõltuvus temperatuurist	8
1. 6. Barkhauseni katse	8
B. ELEKTROMAGNETILINE INDUKTSIOON	9
1. 7. Elektromagnetilise induktsiooninähtuse tundma- õppimine	9
1. 8. Lenzi reegel	10
1. 9. Endainduktsiooni mõju lampide süütamisel	12
1.10. Pooli induktiivsuse sõltuvus keerdude arvust, mõõtmetest ja südamiku materjalist	12
1.11. Pooli magnetvälja energia või endainduktsiooni- nähtus voolu katkestamisel	13
II. O P T I K A	15
A. LAINEOPTIKA	15
2. 1. Üldisi märkusi optika katsete kohta	15
2. 2. Katseid valguse diffraktsiooni ja interferentsi kohta	16
2. 3. Fotonegatiivide komplekti käsitlemine valguse diffraktsiooni käsitlemiseks	18
2. 4. Valguse interferents	21
2. 5. Katseid komplektiga valguse polarisatsiooni kohta	23
2. 6. Valguse polariseerumine peegeldumisel	25
2. 7. Valguse polariseerumine hajumisel	26
2. 8. Polariseerumistasapinna pöördumine suhkruühuses	27
2. 9. Valguse elektromagnetiline olemus	28

B. VALGUSTUSSEADUSED. GEOMEETRILINE OPTIKA	29
2.10. Valgustusseaduste tuletamine fotoelemendi abil	29
2.11. Valgustusseaduste kasutamine fotomeetris	31
2.12. Valguse murdumisseadused	31
2.13. Valguse murdumine prisma	33
2.14. Täielik sisepeegeldus	34
2.15. Täieliku sisepeegelduse kasutamine	35
2.16. Läätsega tekitatud kujutiste vead	36
C. VALGUSE DISPERSIOON	40
2.17. Pideva spektri tekitamine	40
2.18. Joon-spektrite demonstreerimine	41
2.19. Joon-spektrite vaatlemine spektroskoobiga	42
2.20. Neeldumisspektrite tekitamine	43
2.21. Spektroskoobi ehitus	43
2.22. Fraunhoferi joonte vaatlemine	44
2.23. Spektrivärvuste liitmine	44
2.24. Täiendvärvused	45
2.25. Infrapunase kiirguse olemasolu demonstreerimine spektris	46
2.26. Ultravioletse kiirguse olemasolu demonstreerimine spektris	47
D. VALGUSE KVANTOMADUSED	49
2.27. Fotoelektriline efekt metallplaatidel	49
2.28. Fotovool fotorakus	49
2.29. Valgusimpulsside muutmine helilaineteks	50
2.30. Fotorelee töötamine	51
2.31. Valguse fotokeemiline toime	52
2.32. Luminestsentsnähtused	52
2.33. Luminestsentslamp ja katseid sellega	54
2.34. Radiomeetriline efekt	55
III. A A T O M I E H I T U S	56
3. 1. Õhu ioniseerimine ja elektromeetri tühjenemine radioaktiivse kiirguse mõjul	56
3. 2. Gaasi molekulide ionisatsioonenergia	57
3. 3. Fotoefekt	58

3. 4. Aatomi energianivoode diskreetsus (Franki-Hertzi katse)	59
3. 5. Laetud osakeste trajektooride jälgimine Wilsoni kambriga	62
3. 6. Ioniseerivate osakeste loendaja ja katseid sellega	63
3. 7. Radioaktiivse kiirguse uurimine ioniseerivate osakeste loendiga	65
3. 8. Stsintillatsioonide vaatlemine spintariskoobiga	66
3. 9. Näitlik materjal aatomi ehituse kohta	67
Kirjanduse loetelu	69

Hind 12 kop.

A

31 175

82 420

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00504406 2