T A R T U R I I K L I K Ü L I K O O L

Ü l d f ü ü s i k a k a t e e d e r

KESKKOOLI OPTIKA DEMONSTRATSIOONIKATSETE TEOSTAMISE METOODIKA JA TÖÖJUHENDID

D i p l o m i t ö ö

Töö teostaja: S a h a r o v, Arkadi
füüs.osak.ped.haru V k.

Juhendaja: dots.P.P r ü l l e r
Üldfüüsika kateeder

T a r t u 1965

S i s u k o r d

Lhk. nr.

S i s s e j u h a t u s

I Füüsika demonstratsioonikatsete tehnikat ja metoodikat käsitleva kirjanduse analüüs geomeetrilise optika ja füüsikalise optika alal 11

§ 1. Geomeetriline optika 13

§ 2. Füüsikaline optika 18

II Füüsika demonstratsioonikatsete tööjuhendid geomeetrilise optika ja füüsikalise optika alal 21

§ 1. Kaarleeklambi ja projektsiooniaparatuuri rakendamine optika demonstratsioonikatsetel 23

§ 2. Üldnõudeid füüsika demonstratsioonikatsete metoodika ja tehnika kohta. Ohutustehnika eeskirjad 28

§ 3. Tööjuhendid geomeetrilise optika alal 35

1. Katsed teema "Valguse levimine" alal 35

2. Katsed teema "Valguse peegeldumine ja murdumine" alal 58

3. Katsed teema "Optilised instrumendid" alal 73

§ 4. Tööjuhendid füüsikalise optika alal . . 78

1. Katsed teema "Valguse lainelised omadused" alal 78

2. Katsed teema "Valguse kvandilised omadused" alal 92

3. Katsed teema "Valguse dispersioon ja spektrid" alal 100

Lõppsõna 112

Kasutatud kirjandus 114

S i s s e j u h a t u s

Füüsika kui teadus ammutab oma tõed katsetest ning füüsikaalaste teoreetiliste uurimuste tulemused kontrollitakse omakorda katsete põhjal. Kõik teooriad ja hüpoteesid saavad endale eluõiguse ainult sel juhul,kui katsed neid kontrollivad ja kinnitavad.

Selline füüsikaalase teadusliku uurimuse metodoloogia peab loomulikult kajastuma ka koolifüüsikas. Paralleelselt demonstratsioonikatsetega rakendatakse meil koolides ka nooremas astmes üha rohkem frontaalseid laboratoorseid töid, vanemas astmes frontaalsete laboratoorsete tööde kõrval aga ka füüsika praktikume. Just praktikumidele pööratakse käesoleval ajal rohkem tähelepanu. Laboratoorsetel töödel ja praktikumidel õpilaste poolt omandatud lihtsatele iseseisva töö kogemustele väga efektiivseks kinnistuseks on kodused eksperimentaalsed tööd. Kõik need metoodilised võtted teenivad ühist eesmärki - järjekindlalt arendada õpilastes oskusi ja kogemusi iseseisvalt teostada lihtsamaid katseid.

Kõige uuemaks suunaks füüsika demonstratsioonikatsete alal on frontaalsete demonstratsioonikatsete teostamine. Frontaalseid demonstratsioonikatseid soo-

ritavad õpilased koos õpetajaga [20] .

Füüsika õpetamise näitlikustamisel ja füüsikaliste seaduste sisu ning mõtte arusaadavaks tegemisel on lähtekohaks füüsika demonstratsioonikatse, mille esitab õpetaja. Vähegi tõhus füüsika õpetamine ei ole mõeldav ilma katseteta. Füüsika, nagu iga teinegi teadus, saab oma probleemid elust, inimeste praktilisest tegevusest; füüsika uurimisobjektiks on konkreetsed loodusnähtused ja seepärast viib füüsika õpetamise lahutamine katsetest, s.o. nn. "kriidifüüsika", paratamatult dogmatismi.

Füüsika õpetamisel koolis püstitatakse metoodikale suur ülesanne- tõsta koolifüüsika kursuse teadlikkuse taset ning lähendada see tegelikule elule. Selle ülesande lahendamisega kaasnevad kaks vastandlikku tendentsi:

1) koolifüüsika lähendamine kaasaegsele füüsikale põhjustab paratamatult üldistamis- ja abstraheerimisastme tõusu;

2) koolifüüsika lähendamine elule aga lihtsustab omakorda füüsikas olevate probleemide mõistmist.

Kuigi füüsika kuulub nn. konkreetsete teaduste (koolis - õppeainete) hulka, nõuab ta siiski küllaltki suurt üldistamis- ning abstraheerimisvõimet, et sisuliselt õigesti mõista tema probleeme.

Koolis, eriti just nooremates klassides, tuleb füüsika õpetamisel järjekindlalt lähtuda printsiibist:

konkreetselt üldisemale, näitlikult abstraktsemale. See printsiip sisaldab endas ka nõude - lihtsamalt keerulisemale.

Üldistamise ja abstrahheerimise edukuse sõltuvust mitmesugustest tingimustest selgitavad rumeenia uurija A.Roška katsed [19] .Tema katsete tulemused näitavad, et üldmõiste omandatakse õppeprotsessis kergemini sel juhul,kui näitlikke õppevahendeid on rohkem ja need esitatakse korraga.

Mõnevõrra üllatav on võrdlus pildi ja sõnalise materjali kasutamise osas. Selgub, et t u n t u d materjali sõnalisel esitamisel toimub üldistamine kõigis vormides edukamalt kui piltlikul esitamisel [25] .

Sellest tuleb teha järeldus, et koolis ei ole alati vajalik kasutada õpilastele tuntud näitlikke esemeid, vaid otstarbekam on rakendada sõnalist materjali,sest siis toimub üldisemate mõistete omandamine palju kergemini.

Tuleb rangelt meeles pidada, et need Roška uurimused käivad ainult tuntud materjali kohta ja nende tulemuste laiendamine tundmatule materjalile on vägivaldne ning viib tõsistele eksimustele. Tuntud materjali puhul on olemas esimese signaalsüsteemi seosed, kuid tundmatu materjali puhul need puuduvad.

Kuigi teise signaalsüsteemi kui kõrgema ja hilisema astme juhtiv osa inimese normaalses närvitegevuses on üldtunnustatud, ei tohi unustada aga ka seda, et teine

signaalsüsteem on kujunenud esimese alusel ja omab jõudu ainult sellele toetudes.

Kõige suurem ja ikkagi väga levinud puudus meie õppetöös on teise signaalsüsteemi liialdatud kasutamine, selle absolutiseerimine ja selle tagajärjel tekkiv formalism. Õpetajad pahatihti ei kontrolli ja seetõttu ei aimagi, et õpilastel paljude sõnade ja mõistete taga puuduvad, kuulsa psühholoogi ja pedagoogi Krasnogorski väljenduse kohaselt valvel olevad esimese signaalsüsteemi seosed [25].

Esitatav konkreetne materjal peab olema võimalikult mitmekesine, varieeruv ja rikkalik. Ühest näitest või katsest on vähe selleks, et sõna kujuneks laialthaaravaks, integreerivaks ärritajaks. See on otsene järeldus kõrgemast närvitegevusest tulenevast seaduspärasusest sõna ja näitlike õppevahendite kasutamise kohta õppetöös [25].

Füüsikas katse ja teooria omavaheline seostamine aitab kujundada õpilastes kindlat materialistlikku maailmavaadet. Füüsika oma järelduste tegemisel põhineb katsest saadud faktidele, järeldusi aga kontrollib jällegi omakorda katse. Õppides tundma näiteks tuumafüüsika praktilisi rakendusi, saavad õpilased üha uusi kinnitusi elementaarosakeste objektiivse reaalsuse kohta, kuigi elementaarosakesed eksisteerivad väljaspool meie otsese tunnetamise rajasid.

Nähtuse või seaduse käsitlemist alustatakse faktide pärimisega õpilastelt enestelt, siis lisatakse õpetaja poolt veel fakte juurde ning teostatakse katse. Kui on saadud piisav hulk faktilist materjali, siis tehakse

seaduspärasuse olemasolu kindlaks ning alles seejärel antakse seaduspärasus kvantitatiivsel kujul [18,25].

Enamikel juhtudel koolis katse kannab uurimise iseloomu. Õpetaja püstitagu jutustuse käigus küsimusi, millele vastuse annab katse. Ainult erandjuhtudel võib katse olla illustreerivaks materjaliks.

On iseenesest selge, et mida noorem on õpilane, seda nõrgem on temal teine signaalsüsteem.

Kokkuvõttes tuleb öelda, et õppe- ja kasvatustöö, kogu inimese areng oleneb täielikult sellest, kuivõrd hästi toimub signaalsüsteemide koostöö. Kuidas siduda sõna ja näitlikkust, see on õppetöö üks põhilisemaid probleeme.

Kooli ja elu sidemete tugevdamise seaduse rakendamine peaks andma väga suurt efekti just õpilaste teadmiste kvaliteedi osas, sest füüsika demonstratsioonikatsete, laboratoorsete tööde ja üldse näitlike õppevahendite kasutamine koolis on kooskõlas meie koolides juba pikemat aega arendatava polütehnilise õpetamise suunaga.

Katsete kasutamine õpetamise protsessis toob kaasa suure tõusu õpilaste aktiivsuses, kuna katsete vastu tuntakse elavat huvi.

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programmis öeldakse, et tehnika ja teaduse progress määratakse käesoleval perioodil eelkõige juhtivate loodusteaduste - matemaatika, keemia, füüsika ja bioloogia saavutustega.

Punase niidina läbib partei programmi mõte, et loodusteaduste kõigi saavutuste lõppeesmärgiks on nende praktiline rakendamine kommunismi materiaal-tehnilise baasi ülesehitamiseks. Kool on ju selleks taimelavaks ,kust võrsuvad tulevased kommunismiehitajad. Tänane kooliõpilane on peagi tehnikumi õpilane või üliõpilane ja elluastumisel juba tulevane kommunismi materiaalse baasi rajaja. Kõik see rõhutab veel kord fakti, et nõuded füüsika õpetamisele ja katsevahendite baasi edasisele täiustamisele koolis üha suurenevad.

Füüsika demonstratsioonikatsetele omistatakse väga suurt tähelepanu meie ülikoolide loengutel, eriti just üldfüüsika loengutel. Üldfüüsika kursuse üheks põhilisemaks ülesandeks on sisendada üliõpilastele algusest peale, et füüsika on teadus, mille sisu suurel määral ammutatakse katsest, mis ongi teadmiste allikaks. Siit tuleneb nõue - üldfüüsika kursus kui alus kogu füüsikalisele haridusele peab tuginema eksperimendile [13].

Moskva Riiklikus Ülikoolis teostatavate üldfüüsika katse kohta on koostatud kataloog [5]. Selles kataloogis leiduvatest katsetest on peaaegu pooled kasutatavad ka keskkoolis. Mainitud kataloog süstematiseerib kaheksaköitelises kogumikus "Füüsika demonstratsioonikatsed" ilmunud katsed. Selles kogumikus optikale pühendatud osadest IV ja V on kasutatud käesoleva töö teostamisel mõningaid katsekirjeldusi.

Demonstratsioonikatsete metoodika alal tehakse ülikoolides ulatuslikku tööd, mille üheks eesmärgiks

on ka teatud määral kaasa aidata füüsika õpetamise tõhustamisele keskkoolis. Seda tõendavad arvukad ülikoolide õppejõudude poolt kirjutatud artiklid ajakirja " Физика в школе " veergudel ja sellealane ulatuslik metoodiline kirjandus.

Peab mainima, et uusim Nõukogude Liidu füüsika metoodikaalane koolikirjandus on kahjuks raskesti kättesaadav meie keskkooliõpetajate laiematele ringkondadele, sest mainitud teoste tiraaž võrreldes nõutavate eksemplaride arvuga on väike ja ostetakse kiiresti ära ning nad ei jõuagi iga õpetaja töölauale. Samaaegselt puudub eestikeelne füüsika demonstratsioonikatsete metoodikaalane kirjandus täielikult. Füüsika praktikumide alal on ilmunud autorite A.Emmo, A.Köverjalg, V.Paju " Füüsika praktikumide tööjuhendid" ja A.A.Pokrovski, B.S.Zvorõkini teose "Füüsika frontaalsed laboratoorsed tööd keskkoolis" tõlge. Tähelepanu väärib veel G.Karu töö : "Elektrotehnika praktikum koolis", mis näitab, kuidas väheste vahenditega võib vastava initsiatiivi puhul koolis palju ära teha.

Käesolev diplomitöö käsitleb demonstratsioonikatsete osas ühte tähtsamat ja kirjanduse poolest vaesemat lõikuoptikat. Sageli kasutatakse igapäevases elus spetsiaalseid optilisi seadmeid, nende füüsikalisi põhimõtteid ning aluseid tundmata. Selleks, et õigesti mõista meid ümbritsevat "valgusmaailma", tuleb koolifüüsikas ära teha suur töö - anda optikale teaduslikult õige teoreetiline

ja eksperimentaalne põhjendus. Üleminek rahvusvahelisele S I süsteemile toob samuti olulisi muudatusi küsimuste käsitlemise metoodikasse.

Käesolev töö koosneb kahest peatükist:

I NSV Liidu füüsika metoodika alaste demonstratsioonikatsete kirjanduse analüüs geomeetrilise optika ja füüsikalise optika alal.

II Füüsika demonstratsioonikatsete tööjuhendid geomeetrilise optika ja füüsikalise optika alal.

Töö esimese peatüki eesmärgiks on leida parim metoodiline tee optika õpetamiseks keskkoolis ja läbi töötada sealjuures teostatavate katsete tehnika ja metoodika alused.

Töö teises peatükis antakse konkreetsed tööjuhendid üksikute katsete läbiviimiseks.

Kuna käesoleva töö põhiliseks eesmärgiks on anda geomeetrilise optika ja füüsikalise optika alal meie koolidele ja katsetehnika laboratooriumile demonstratsioonikatsete tööjuhendeid , siis käesoleva töö koostamisel on osaliselt kasutatud TRÜ üldfüüsika kateedri katsetehnika praktikumi tööjuhendeid geomeetrilise optika ja füüsikalise optika alal.

Nende juhendite läbitöötamise põhiliseks eesmärgiks oli kaasa aidata Tartu Riiklikus Ülikoolis katsetehnika laboratooriumis teoksil olevale katsetehnika tööde reorganiseerimisele.

Demonstratsioonivahenditena on peamiselt arvestatud

keskkoolide füüsika kabinettide tüüpvarustust, mille loetelu on antud keskkooli programmis. Rea tööjuhendis antud katsete läbiviimiseks tuleb aga ka õpetajal endal üles näidata initsiatiivi katseseadmete täiustamiseks ning kohandamiseks.

Katsetehnika laboratooriumis rea puudunud katsevahendite valmistamisel osutas TRÜ eksperimentaaltöökoja juhataja sm. J.Muuga väärtuslikku kaasabi.

I FÜÜSIKA DEMONSTRATSIOONIKATSETE TEHNIKAT JA METOODIKAT KÄSITLEVA KIRJANDUSE ANALÜÜS GEOMEETRILISE OPTIKA JA FÜÜSIKALISE OPTIKA ALAL

Demonstratsioonikatsete metoodikale ja tehnikale omistatakse erialases kirjanduses suurt tähelepanu, sest füüsikas on demonstratsioonikatse baasiks õppematerjali käsitlemisel nii ülikoolis kui ka keskkoolides.

1961.a. korraldati Moskvas esimene ülikoolidevaheline füüsika loenguliste demonstratsioonikatsete konverents. Selle konverentsi ettekanded on avaldatud 1963.a. ilmunud vastavas koguteoses [13] . Konverentsil esitati rida huvitavaid ettekandeid geomeetrilise optika ja füüsikalise optika alal.

1959.a. ilmus ülikoolide füüsika demonstratsioonikatsete kohta ülevaateteos M.A.Grabovski, A.B.Mlodzejevski, S.I. Usagin "Füüsika loenguliste demonstratsioonikatsete kataloog" [5]. Selles teoses antud loenguliste demonstratsioonikatsete nimekiri tugineb autorite kollektiivi M.A.Grabovski, A.B.Mlodzejevski, R.V.Telesnini jt. poolt välja antud kaheksaköitelisele koguteosele, millest iga teos omaette käsitleb vastava füüsika osa (mehaanika, vedelikud ja gaasid, molekulaarfüüsika ja termodünaamika, võnkumised ja lained, elekter, optika jne.) demonstratsioonikatsete metoodikat ja tehnikat. Sellesse väljaannete sarja kuuluvate teoste seas on 1949.a. välja antud A.B. Mlodzejevski teose "Füüsika loengulised demonstratsioonikatsed" IV väljaanne -optika I ja 1950.a. V väljaanne -optika II, millest on ka käesoleva töö jaoks leitud materjali [14] .

Füüsikaalaste demonstratsioonikatsete kohta leidub väärtuslikke juhendeid ka R.V. Pohli teoses "Sissejuhatus optikasse", mille venekeelne tõlge ilmus 1947.a. [16] . Töö autor on tunnustatumaid eriteadlasi füüsika demonstratsioonikatsete metoodika alal.

Kuigi kõik eespoolnimetatud tööd käsitlevad põhiliselt ülikoolide demonstratsioonikatseid ja nõuavad spetsiaalset katseaparatuuri, mida keskkoolides ei leidu, annavad

nad siiski materjali järjestuse ja katsete metoodika ning tehnika seisukohalt väärtuslikku materjali ka keskkooli demonstratsioonikatsete kohta.

Keskkoolide füüsika demonstratsioonikatsete metoodikasse puutuvaid küsimusi käsitleb L.J.Reznikovi teos "Füüsika õpetamise metoodika keskkoolis", köide IV "Optika.Aatomi ehitus" 1963.a. [17] .

Üldse on keskkoolide füüsika demonstratsioonikatsetesse puutuv erialane venekeelne kirjandus viimastel aastatel täienenud rea väärtuslike teostega. Ajakiri „Физика в школе" pöörab oma veergudel palju tähelepanu demonstratsioonikatsetele ; käesoleva töö temaatikasse puutuvate artiklitega on siin ka arvestatud.

Kooli kogu füüsikakursuse katsete kohta on ilmunud G.Sprockhoff'i seitsmeköitelise teose "Elementaarfüüsika katsed" venekeelne tõlge,mille kuuendat köidet [23] on töös kasutatud. Füüsika demonstratsioonikatsete metoodika alal üheks põhilisemaks teoseks on A.A.Margolise, N.E.Parfentjeva ja J.J.Sokolovi "Füüsika metoodika praktikum" [12]. Autorite A.P. Kuzmini ja A.A.Pokrowski "Füüsika katsed projektsiooniaparatuuriga " [9] on väärtuslikuks abiliseks keskkoolis füüsikaõpetajale. Peale nende loetletud teoste leidub veel teisigi käsiraamatuid, mis kõik abistavad õpetajaid füüsika tõhusal õpetamisel.

§ 1. G e o m e e t r i l i n e o p t i k a

Õpetus valgusest on kaasaegse füüsika üheks tähtsamaks osaks, ta põhineb valguse olemuse lainelistele ja kvandilistele kujutelmadele. Optika tehnilised rakendused on väga suure tähtsusega inimühiskonna igapäevases elus ja teaduslikes uurimustes. Optika seadused leiavad laia rakendamist kujutiste saamisel optilistes instrumentides, valgustehnikas, mis tegeleb valgustuse ja valgusallikatega ja fototehnikas, milles kasutatakse ära valguse kvandilisi omadusi. Tänapäeval kasutatakse üha enam spektraal- ja luminestsentsanalüüsi.

„ Valgus on vajalik tingimus kõige peenema, universaalsema ja võimsama tundeeleundi - silma tööks", kirjutas akadeemik S.I.Vavilov. "Öö jätab inimese sellest organist ilma, muutes aktiivse elu passiivseks. Kunstlik valgus soodustab tegutsemist, hoides vaimu ärkvel. Valgus pikendab faktiliselt inimese teadlikku eksisteerimist, selles seisnebki eelkõige tema hiiglasuur tähtsus. Seepärast pole midagi imestada, et valgustuse küsimus on praegusel ajal muutunud väga suureks tehnilis-majanduslikuks probleemiks."

Vaatamata optika sellisele hiiglasuurele tähtsusele ja tema tehnilistele rakendustele, keskkooli füüsika kursuses selle tähtsa lõigu sisu ei kajasta vajalikul määral tema edusamme. Isegi geomeetrilise (või kiirte-) optika kursuse niinimetatud traditsioonilised küsimused õpetamise praktikas ei leia õiget tõlgendamist. Küsimus ei ole

siin füüsika kursuse täiendamisest üksikasjadega, mis ei oma printsipiaalset iseloomu, vaid optika seaduste ja põhimõistete füüsikalisest tõlgendamisest. Paljudel juhtudel jääb õpilastele,kahjuks, ettekujutus valgusest väga abstraktseks, mistõttu õpilased püüavad kasutada valguskiiri geomeetriliste sirgetena ja punktvalgusallikaid geomeetriliste punktidena ka niisuguste optiliste nähete valdkondade puhul,kus need mõisted kaotavad oma mõtte.

Tihtipeale ei kasutata keskkooli geomeetrilise optika kursuses energia jäävuse ja muundumise seadust, arusaamasid valguskiirte kimpudest, millega üksnes tehaksegi koolis katseid jne.; ei vaadelda kujutiste tekkimisel diafragmade osa, ei viia kujutised silma võrkkestale, s.o. silma ei vaadelda koos optilise süsteemiga (mikroskoopide ja teleskoopide puhul) . Sellepärast jääb näiteliku kujutise mõiste täiesti ebaselgeks. Võiks veel palju levinud puudusi üles lugeda optika käsitlemisel keskkoolis. Samuti jääb segaseks valguse dualistlik olemus.

Tavaliselt optika jagatakse geomeetriliseks ja füüsikaliseks. Geomeetriline optika baseerub neljal seadusel:

1) valguse sirgjooneline levimine homogeenses keskkonnas;
2) valguskiirte kimpude üksteisest sõltumatus;
3) peegeldumisseadused ;
4) murdumisseadused.

Mis puutub optika osadeks jaotamisse, eriti aga füüsikalise optika sisu määramisse, siis erinevatel auto-

ritel on erinevad seisukohad. Klassifikatsiooni järgi, mis on antud G.S.Landsbergi "Elementaarfüüsika õpikus"(III osa), füüsikalisse optikasse kuulub: interferents, diafraktsioon ja polarisatsioon, dispersioon ja spektrid, valguse toime, valguse kiirus.

Käesolevas töös on optika jaotamises geomeetriliseks ja füüsikaliseks optikaks tuginetud L.I.Reznikovi teoses "Füüsika õpetamise metoodika keskkoolis" IV esitatule:

a) geomeetriline optika - valguse levimine, valguse peegeldumine ja murdumine, optilised instrumendid;
b) füüsikaline optika - valguse lainelised omadused, valguse dispersioon ja spektrid, valguse kvantilised omadused .

Sellise jaotusviisi teaduslik-metoodilised põhjendused on antud samas teoses. A.Pjorõškin defineerib geomeetrilist optikat järgmiselt: optika osa, milles valguse levimist vaadeldes on aluseks võetud valguskiire mõiste, nimetatakse geomeetriliseks optikaks.

Geomeetrilise optika õpetamise metoodika vajab tähelepanuväärset parandamist.

Nagu kinnitavad Moskva 315. kooli töökogemused, on metoodilisest aspektist otstarbekas tuua sisse samaaegselt kaks füüsikalist ideed- reaalselt eksisteerivad valguskiirte kimbud ja valguse lained. Seejuures on võimalik laialdaselt kasutada analoogiat lainetega veepinnal. Valguskiirt vaadeldakse kui valguskiirte kimbu telge ja kui lainefrondi levimise suunda.

Piiritlenud valguskiire mõiste ja geomeetrilise optika

seaduste kasutusala, võib edasi kasutada juba valguskiiri. Seejuures iga uut õpitavat optilist nähtust - valguse sirgjooneline levimine, peegeldumine ja murdumine, kiirte käik sfäärilistel peeglitel ja läätsedes - käsitletakse algul eksperimentaalselt piiratud valguskiirte kimpude abil, seejärel aga vaadeldakse ainult telgkiiri. Selle metoodilise võtte kasuks räägib ka veel see , et kooli füüsika kursuses optikale eelneb teema elektromagnetilistest lainetest ja optika algab uue programmi järgi teemast "Valguse lainelised omadused." [17].

Õpilased peavad mõistma, et geomeetriline optika ei seleta optiliste nähtuste olemust, vaid ta põhineb geomeetrilistel ettekujutustel. Need neli seadust, millele baseerub geomeetriline optika, selgitavad ainult valguse levimise suunda ; järelikult omavad nad rohkem geomeetrilist kui füüsikalist mõtet. Need katseliselt kindlaks määratud neli seadust annavad võimaluse üles ehitada valguse levimise geomeetriliste omaduste matemaatilise teooria - geomeetrilise optika.

Füüsikalist sisu omab ainult valguse murdumise seadus. Tema kasutamisel saadakse paraksiaalse optika valem:

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{d} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \frac{1}{F}$$

Valguse murdumise seadus on aluseks kujutiste konstrueerimisele läätsedes. Seejuures kujutiste konstrueerimise geomeetriline teooria ei sõltu optilisest seadest endast, s.o. sellest, missugusel viisil on kujutised saadud - peegeldumise (peeglid), murdumise (läätsed) või difraktsiooni (tsoonplaadid)

abil. Kuid kõiki küsimusi, mis on seotud kujutiste saamisega optilises süsteemis, ei ole võimalik lahendada ainult geomeetrilise optika seaduste põhjal. Näiteks, viimane ei lahenda väga tähtsaid akromatiseerimise küsimusi optilistes instrumentides, ei anna vastust nende instrumentide lahustusvõime kohta, kujutiste valgustuse kohta jms.

§ 2. F ü ü s i k a l i n e o p t i k a

Füüsikaline optika annab geomeetrilise optika paljudele tähtsatele tulemustele teoreetilise põhjenduse, avab ilmekalt valguse dualistliku iseloomu ja tutvustab õpilasi mõnede probleemidega kaasaegsest füüsikast. Näiteks on teada, et valguse lainelised ja kvandilised omadused, mis ilmnevad valguse ja aine vastastikusel mõjul, on tihedalt seotud kaasaegse füüsikaga, sest korpuskulaar-lainelised omadused on mitte ainult valgusel, vaid ka ainel.

Vaatamata sellele, et koherentsuse tingimus erineva füüsikalise loomusega lainete jaoks on ühesugune, on koherentsuse saamise viisid, näiteks, häälleallikate ja valgusallikate jaoks hoopis erinevad. Häälelainete koherentsust on võimalik saada kahe teineteisest sõltumatu häälleallika abil, kuid sõltumatud valgusallikad ei anna koherentseid laineid.

Kuigi difraktsiooninähtust on üksikasjalikult käsitletud paljudes õpikutes-käsiraamatutes, juhib L. I. Reznikov tähelepanu järgmisele [17]:

1) difraktsiooninähtus esineb alati siis, kui valguskiirte kimbu teele on asetatud ava, pilu või tõke. Tavaliselt difraktsiooni käsitlemisel märgitakse, et see nähtus esineb siis, kui avade või tõkete mõõted D on võrreldavad lainepikkusega λ. See väide vajab täpsustamist. Difraktsioonipildi saamiseks on oluline vahekord tõkke laiuse D, lainepikkuse λ ja tõkke ning difraktsioonipildi saamise koha (ekraani)

vahelise kauguse R vahel. Tõkete ja avade väikeste mõõdete puhul on difraktsiooninähtus vaadeldav juba väikestel kaugustel neist, suurte mõõdete korral aga märkimisväärsetel kaugustel;

2) füüsika tundides vaadeldakse difraktsiooninähtust katsel ühest kitsast pilust. Selle selgitamine võib õpilastel tekitada arusaamatusi. Asi on selles, et interferentsiribad saadakse siis, kui vastavate kiirte käiguvahe on võrdne paarisarvuga poollainepikkusi ($2n\frac{\lambda}{2}$, kus $n = 0,1,2,3, \ldots$) , aga difraktsiooni puhul ühes pilus äärmiste kiirte käiguvahe peab olema võrdne paarituarvuga poollainepikkusi $(2n + 1)\frac{\lambda}{2}$. Seega interferentsimaksimumide moodustamise tingimus on analoogiline ühest pilust saadava difraktsioonimiinimumi saamise tingimusega. Õpitava materjali omandamise kergendamiseks selgitada difraktsiooninähtust kahe pilu, või veel parem, difraktsioonivõre abil.

Difraktsiooni- ja interferentsinähtusi käsitletakse koolis ilma kvantitatiivsete arvutusteta. Seepärast on vastavatel katsetel eriti suur tähtsus.

Valguse kvandilised omadused moodustavad koolifüüsika kursuses suure grupi küsimusi. Tähtsal kohal asuvad küsimused fotoelektrilisest efektist, luminestsentsist ja fotokeemilistest protsessidest.

Ülesanne, formeerida õpilaste dialektilis- materialistlikku maailmavaadet õpetamise protsessis, nõuab valguse olemuse õiget avamist ja vastava terminoloogia kasutamist.

Optika õpetamise esimestest sammudest peale kujuneb välja valgusenergia mõiste. Õpilased võivad teha järelduse, nagu kujutaks valgus endast energiat. Sellele väärarvamisele aitavad kaasa paljud õpikud ja metoodilised juhendid [17]. S.I.Vavilov raamatus "Silm ja Päike" tõestab veenvalt, et valgus on materiaalne, kujutab endast materia vormi. Vavilov kirjutab: "Eksisteeriv materiaalne maailm - liikuv materia - esitub meile kahes põhivormis - kui aine ja valgus ." [17].

II FÜÜSIKA DEMONSTRATSIOONIKATSETE TÖÖJUHENDID GEOMEETRILISE OPTIKA JA FÜÜSIKALISE OPTIKA ALAL

Tööjuhendite koostamisel on aluseks võetud keskkooli programmis [24] loetletud demonstratsioonikatsed. Tööjuhendite metoodilise plaani ja katsete valiku puhul on arvestatud vastava ala metoodilist kirjandust ja sellest tulenevat parimat aine käsitlusviisi, mis üldjoontes on esitatud käesoleva töö esimeses peatükis. Kuna need tööjuhendid on esmajoones mõeldud kasutamiseks üliõpilastele füüsika katsetehnika praktikumis, siis on nendes antud vajalike katsevahendite loetelu ja ka konkreetseid juhendeid töö sooritamiseks.

Tööjuhendid sisaldavad metoodilisi märkusi aine esituse ja katsete abil demonstreeritavate nähete selgitamise kohta. Sellest,kuidas õpetaja selgitab ainet,millise sisu ta annab katsetele, mida ta peab tähtsaks ja mida väheoluliseks, sõltub suurel määral õpilaste teadmiste tase, selle kvaliteet ja ideeline kasvatustöö.

Kuna mõnda esitatud katsetest on võimalik konkreetsetes tingimustes lasta teostada õpilastel endil, siis tuleb seda ka teha. Õpilase iseseisev töö näitab temale demonstreeritava nähtuse kõiki külgi täie selgusega. Seega on välistatud võimalus, et ka hoolikalt teostatud demonstratsioonikatse puhul võiks jääda mõni detail õpilastele tähelepanematuks.

Optika demonstratsioonikatsete omapära seisneb järgmises:

1) suurem osa katsetest tuleb teostada täielikult või osaliselt pimendatud klassiruumis. Järelikult tuleb kasutada pimendamisvahendeid ning ekraniseerida hajuv valgus;

2) mitte kõik katsed valguse interferentsi ja difraktsiooni alalt ei ole hästi nähtavad suures auditooriumis. Seoses sellega on vajalik teostada individuaalseid vaatlusi.

Tuleb rõhutada, et õpetaja poolt demonstreeritavad katsed, diapositiivide, ringfilmide ja õppefilmide näitamine ei saa kunagi asendada õpilaste iseseisvaid vaatlusi.

§ 1. Kaarleeklambi ja projektsiooniaparatuuri rakendamine optika demonstratsioonikatsetel.

Koolis optika katsete demonstreerimisel valgusallikana on väga sobiv kasutada kaarleeklampi (joon.1, joon.2).Kaarleeklambi süütamiseks võib kasutada nii alalis- kui ka vahelduvvoolu,kuid alalisvoolu puhul moodustub püsivam ja heledam kraater. Seepärast tuleb lugeda alalisvoolu kasutamist otstarbekamaks kui vahelduvvoolu kasutamist. Kaarleeklambi leeki reguleeritakse vooluringi järjestikku lülitatud reostaadi abil; reostaat piirab voolutugevust ja samaaegselt muudab leegi "rahulikumaks". Lambi poolt antav valgusvoog on umbes $1000^{lm}/A$, tarbitav vool tavaliselt 5 A. Kaarleeklambi söepulkadel on pingelang 40-60 V.

Valguse heledus sõltub vähe voolutugevusest ja on ligikaudu 18 000 sb. Kraatri läbimõõt kasvab voolutugevuse vähenemisel; voolutugevusel 5 A on kraatri läbimõõt umbes 3 mm.

Horisontaalsele söepulgale antakse positiivne,vertikaalsele söepulgale aga negatiivne potentsiaal. Kraater tekib positiivsel elektroodil ja see kraater tegelikult ongi põhiliseks valgusallikaks. Et positiivne elektrood põleb negatiivsest kiiremini, siis tema diameeter peab olema poolteist korda suurem kui negatiivsel. Kui söepulgad on võrdse läbimõõduga, siis positiivse pingega elektroodiks

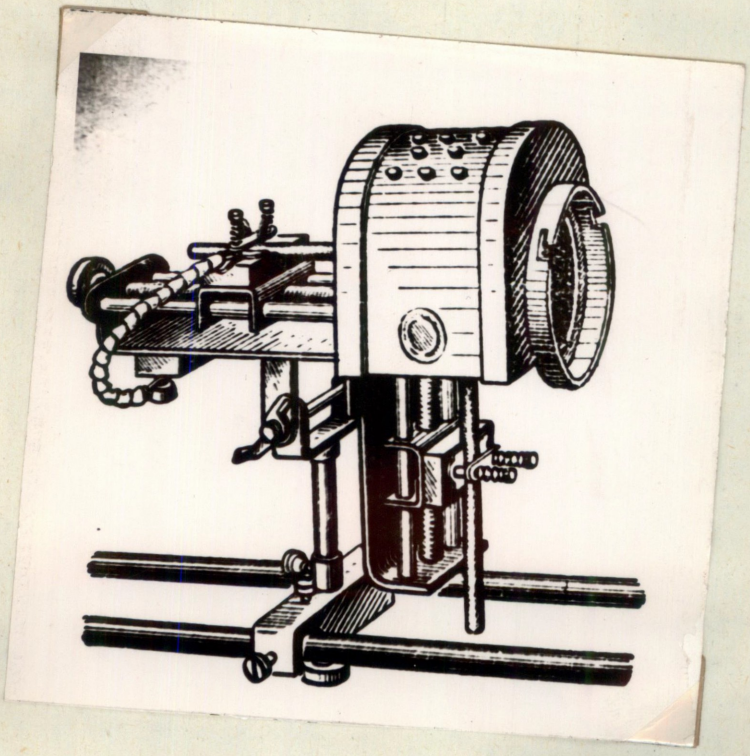
tuleb võtta pikem söepulk.Peened söepulgad põlevad rahulikult ja kraatri suurus on enamvähem jääv.

Vahelduvvoolu kasutamisel moodustub kraater mõlematel söepulkadel ja seepärast võivad olla mõlemad söepulgad võrdse pikkuse ja läbimõõduga. Söepulgad on kasulik asetada teineteise suhtes 40° nuga alla, kuid võivad olla ka risti nagu alalisvoolu kasutamisel. Viimasel juhul horisontaalne süsi, mille kraater on valgusallikaks, peab olema ilma südamikuta, nn. tahita. Söepulgakeste diameeter on ligikaudu 4 mm [23] .

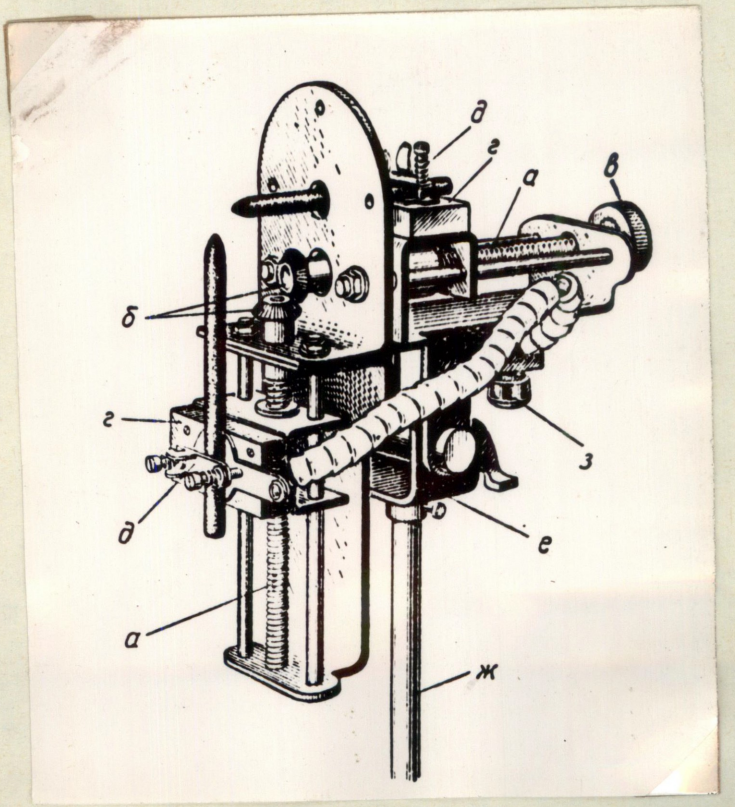
Kaarleeklambi süütamiseks vahelduvpinge 220 V või 127 V abil peab kasutatama transformaatorit võimsusega mitte alla 300 W , pingega sekundaarmähises ligikaudu 40 V ja vähemalt 5-8 A voolutugevuse ning 3Ω takistusega reostaati.

Kui koolis puudub sobiv transformaator ja reostaat, siis võib kasutada lihtsat omavalmistatud vedelik-reostaati. Selleks on tarvis valada klaasanumasse mahuga 2-3 liitrit 10-20% keedusoola või vasevitrioli lahust ning asetada sellesse kaks juhtmetega metallelektroodi. Lülitades sellise reostaadi kaarleeklambiga järjestikku ja lähendades aegamööda ühte elektroodi teisele, võib saada normaalsed tingimused kaarleeklambi põlemiseks [11].

Koolis kasutatakse optika katsetel sageli mitmesugust projektsiooniaparatuuri, nagu näiteks projektsioonilaternat ПФ -115 (diaskoop), universaalset projektsiooniaparaati e. optilist pinki (diaskoop) ja epidiaskoopi.



Joon.1. Kaarleeklamp.



Joon. 2. Kaarleeklambi ehitus.

Projektsiooniaparatuur koos juurdekuuluvate komplektide ja lisaseadmetega pakub laialdasi võimalusi õppetöö näitlikustamiseks.

Tuleb märkida, et universaalse projektsiooniaparaadiga teostatud katsed ei rahulda demonstratsioonikatsetele püstitatud nõudeid ja seda just katsete kvaliteedi osas. Universaalset projektsiooniaparaati saab hea eduga kasutada näiteks diapositiivide ja magnetispektrite projitseerimisel või variprojektsiooni teostamisel. Projektsiooniaparaadi abil on juba raskem näidata geomeetrilise optika katseid optilise ketta abil või tekitada korralikku spektrit, kuna aparaadi komplekti kuuluv 300 W projektsioonihõõglamp on valgusallikana nõrk. Optilise pingi kasutamisel on raskusi ka sellega, et projektsiooniaparaadi optilise süsteemi optiline peatelg sageli ei läbi juhtvarrastele paigutatud diafragmade, pilude, läätsede jne. keskpunkte, kuna väga paljud detailid logisevad, sest nad pole täpselt tehtud.

Kaarleeklambi või kõrgrõhulampide kasutamine valgusallikatena on otse hädavajalik nende katsete korral, mis nõuavad väga tugevat valgusallikat. Sellest tingituna on käesolevas töös kõikide katsete teostamise käsitlus antud kaarleeklambi kasutamise eeldusel.

Katsete tööjuhendeis ei ole käsitletud kaarleeklambi süütamist, sest eelnevas on seda käsitletud vajaliku põhjalikkusega.

§ 2. Üldnõudeid füüsika demonstratsioonikatsete metoodika ja tehnika kohta.

Ohutustehnika eeskirjad.

Füüsika õpetamisel koolis on lähtekohaks uue materjali esitamisel tunnis õpetaja poolt esitatav demonstratsioonikatse või õpetaja juhendamisel õpilaste poolt teostatav frontaalne laboratoorne töö. Vanemates klassides teostatakse füüsika praktikume, kus õpilastele antakse suurem iseseisvus katsetamiseks vajalike kogemuste omandamiseks ja füüsikaalaste teadmiste süvendamiseks. Üldse võib jaotada koolis teostatavad katsed järgmistesse liikidesse:

a) demonstratsioonikatse;

b) frontaalne katse ;

c) frontaalne laboratoorne töö;

d) laboratoorne töö;

e) füüsika praktikumid.

Nendele praktilistele töövõtetele on väärtuslikuks täienduseks õpilaste kodused katsed või füüsikaringi töös teostatavad katsed ja selleks vajalike katsevahendite valmistamine.

Füüsika õpetamise kõikidele praktilistele töövormidele on aluseks ja eeskujuks klassis teostatud demonstratsioonikatse. Seepärast demonstratsioonikatse tehniline ja metoodiline teostamine peab olema õpetaja poolt korralikult läbi mõeldud nii, et katse täidaks temale püstitatud eesmärgi.

Kõikidele üldnõuetele demonstratsioonikatsete kohta lisanduvad iga demonstratsioonikatse puhul veel erinõuded, mis tulenevad antud demonstratsioonikatsele püstitatud eesmärkidest.

Üldnõuded füüsika demonstratsioonikatsete teostamise metoodika ja tehnika kohta on järgmised:

1) õpetaja peab demonstratsioonikatse puhul pöörama tähelepanu nii tehnilisele kui ka metoodilisele küljele;

2) demonstratsioonikatse peab orgaaniliselt liituma esitatava materjali käsitlusega ja toimuma sellises tempos, et tema käik oleks jälgitav iga õpilase poolt;

3) demonstratsioonikatse peab võimaldama kollektiivset jälgimist ja ainult erandjuhtudel tuleb kasutada individuaalset vaatlust, kutsudes õpilasi järjekorras katselaua juurde;

4) demonstratsioonikatse peab olema niivõrd ilmekas, et iga õpilane, vaatamata kogemuste puudumisele, suudaks tabada katses kõige olulisema nähtuse, jättes tähelepanemata katsega kaasnevad kõrvalefektid; selleks peab muidugi õpilastel enne katset olema selge, mida just tuleb jälgida;

5) iga katse peab tingimata õnnestuma;

6) demonstratsioonikatse tuleb teostada siis, kui ta on vajalik ja õpilastel on selge, mida tahetakse sellega näitada ning millistele küsimustele peab demonstratsioonikatse vastuse andma [6,12].

Nendele üldistele põhinõuetele lisanduvad veel erinõuded, mida tuleb arvestada demonstratsioonikatsete puhul ja mis on antud käesolevas töös iga üksiku demonstratsiooni-

katse juures.

Metoodiliselt õigesti teostatava demonstratsioonikatse puhul on väga oluline, millisel määral on pööratud tähele panu katsevahendite ja mudelite paigutusele. Sellest sõltub oluliselt see, kas demonstratsioonikatse täidab tunnis temale püstitatud eesmärgi.

Iga konkreetse demonstratsioonikatse korral kerkib väga teravalt esile näitlikustamise probleem. Mida teha, et demonstratsioonikatse oleks kõigile õpilastele hästi nähtav ja arusaadav? Demonstratsioonikatse puhul ei piisa sellest, et õpilased näevad näiteks amper- või voltmeetri osuti kõrvalekallet, selle muutmist vastavalt õpetaja tegutsemisele katselaual olevate katsevahendite varjus jne. Sel korral õpilased ei saa aru katse teostamise käigust, ei näe vahepealseid etappe ja halvemal juhul ei saa aru isegi katse teostamise vajalikkusest ning eesmärgist. Sellepärast peab olema õpilastele alati hästi nähtav kogu katseseade.

Demonstratsioonikatse hea nähtavuse kindlustamiseks tuleb täita järgmisi põhinõudeid:

1) tunnis esitatavas katses kasutatavad katsevahendid tuleb paigutada katselaual eraldi teistest, samas tunnis veel tarvisminevatest vahenditest ja nii, et kogu katseseade oleks väga hästi näha;

2) katsevahendid katselaual asetada võimaluse korral spetsiaalsetele pingikestele või alustele;

3) kui võimalik, siis kasutada sellise suurusega kaltse-

vahendeid, et nad oleksid hästi nähtavad kogu klassi ulatuses;

4) arvestada demonstratsioonikatseseade ja fooni valgustust;

5) õpetaja ei tohi oma kehaga varjata katseriistu;

6) demonstreerides nähtust, mis on jälgitav ainult kindlast vaatesuunast, on tarvis pöörata katsevahendit ja korrata katset;

7) kindlustada igal korral demonstreeritava nähtuse võimalikult hea kvaliteet;

8) laialdaselt kasutada vaadeldava nähtuse tugevdamiseks optilisi süsteeme, mis võimaldaksid suurendada hälvet peeglikeste ja valguslaik-osutite (näiteks peegelgalvanomeeter) abil;

9) kasutada mitut liiki projitseerimist;

10) kui uuritavad nähtused pole vahenditult jälgitavad(keemilise koostise, tiheduse või temperatuuri muutumine, valgustamine nähtamatute kiirtega, magnet- ja elektrivälja olemasolu jne.), siis tuleb kasutada mitut liiki indikaatoreid;

11) demonstratsioonikatse ülesseade olgu võimalikult laiali paigutatud [12].

On loomulikult selge,et demonstratsioonikatsete näitlikustamine peab koolis nooremates klassides olema eriti kõrgel tasemel ja see teeb nende katsete korraliku ning metoodiliselt õige teostamise tihti vägagi keerukaks, kuigi need katsed sisulisest ja tehnilisest seisukohast on võttes päris lihtsad.

Siin on toodud ainult mõned üldised nõuded demonst-

ratsioonikatsete kohta.

On vajalik rõhutada, et kõrvuti näitlikkuse taotlemisega peab rangelt täitma kõiki ohutustehnika eeskirju ja hoidma ära õnnetusjuhtumid nii õpilastega kui ka katsevahenditega. Ohutuseeskirjad on kohustuslikud nii õpilastele kui ka õpetajatele. Mitteküllaldane katsevahendite ja ohutustehnika tundmine, tähelepanematus ja hooletus võivad kaasa tuua tõsiseid õnnetusjuhtumeid. Igas füüsika kabinetis peab olema nähtaval kohal esmaabi kapike.

Inimeluie on ohtlik nii kõrge- kui ka madalapingeline elektrivool. Keskkoolide füüsika kabinetid ja klassid kuuluvad tavaliselt ilma suurenenud ohuta ruumide hulka, milles inimelule ohtlikuks loetakse pinget, mis ületab 65 V . Õnnetusjuhtumite ärahoidmiseks tuleb teostada elektriseadmete õige kaitsemaandamine või kaitsenullimine. Kaitsemaandamiseks nimetatakse metalsete, pingest isoleeritute elektriseadmete osade ühendamist maandusega. Kaitsenullimiseks nimetatakse elektriseadmete metallosade, mis on tavaliselt isoleeritud pinge all olevatest osadest, ühendamist maandatud nulljuhtmega. Valgustus - ning jõuseadme võrkudes tööpingega kuni 1000 V , mis töötavad nulljuhtme otsese maandusega, rakendatakse kaitsenullimist. Elektrimasinate jaotuskilpide, transformaatorite, aparaatide ja kaablimuhvide metallkered, kaablite ja juhtmete metallkestad ning metalliist kaitsetorud - kõik need kuuluvad kas kaitsenullimisele või - maandamisele [26] .

Töökohtades peab puuduma võimalus üheaegselt puu-

dutada elektririistade ja - seadmete pinge all olevaid osi ühelt poolt ja gaasi-, veevärgi- ja keskküttetorusid ning maandusjuhtmeid teiselt poolt. Vastavalt sellele põhinõudele peab olemagi valitud töökohtade asetus. Pinge all olevate detailide ja juhtmete puudutamine on ohutu ainult täiesti korras isolatsiooni puhul. Vigastatud isolatsiooni puhul võib elektrivool minna maasse elektriseadme kere ja seda puudutanud inimese keha kaudu. Elektriseadmete pinge all olevate voolujuhtivate osade ja maandatud kerede üheaegsel puudutamisel elektrilöögi saamise oht mitte üksnes säilib, vaid isegi suureneb. Töötamise ajal ei ole lubatud kaitsemaanduse juhet mitte mingil tingimusel välja lülitada.

Õpilased võivad voolu sisse lülitada ainult neid juhendava õpetaja igakordsel eriloal. Samuti on keelatud teostada ümberlülimisi voolu all olevates skeemides ja jätta pinge all olevat skeemi järelvalveta.

Katsete teostamisel tuleb õpilaste tähelepanu juhtida sellele, et pinge all olevad ühendusjuhtmed peab enne lahti ühendama vooluallika klemmidelt ja alles seejärel katsevahendi klemmidelt, kuna vastasel juhul võivad õpilased saada elektrilöögi (juhtmete vabaks jäänud otsad puudutavad korraga õpilaste käsi) või tekib lihtsalt lühis, mille tulemusena paremal juhul põlevad läbi ainult sulavkaitsmed, halvemal juhul saavad ka katsevahendid kannatada.

Kasutades gaasi ja gaasipõleteid tuleb meeles pidada,

et gaas on mürgine ja plahvatusohtlik. Gaasiseadmete ja gaasipõletite ebaõige ning hooletu käsitamine võib tekitada mürgistusi, tulekahjusid ja plahvatusi. Gaasipõleti kasutamisel tuleb jälgida, et leek ei tõmbuks põleti sisse. Kui leek tõmbub põleti sisse, siis tuleb viivitamatult peatada gaasi juurdevool, sulgedes vastava kraani. Uuesti võib gaasipõletit süüdata alles siis,kui põleti on jahtunud.

Süüdatud gaasipõleteid ja teisi gaasiseadmeid on keelatud jätta järelvalveta. Gaasilõhna avastamisel tuleb viivitamatult avada aknad, kontrollida, kas gaasivõrgu kraanid on suletud ja teatada juhtunust gaasivõrgu ekspluatatsiooni korraldavale osakonnale. Seejuures ei ole lubatud süüdata tuld, suitsetada, sisse ning välja lülitada valgustust ja muid elektririistu. Igas ruumis, kus kasutatakse gaasi, olgu nähtavale kohale paigutatud instruktsioon gaasi kasutamise ja rikete korral tegutsemise kohta.

§ 3. T ö ö j u h e n d i d g e o m e e t r i l i s e o p t i k a a l a l.

Optika demonstratsioonikatsetel tuleb püüda kasutada ühte ja samasse komplekti kuuluvaid katsevahendeid, sest isegi väga head, kuid juhuslikult komplekteeritud katsevahendid ei taga kaugeltki loodetud edu ja katse esitamine on seetõttu üsna ebamugav. Katsekorraldus tuleb enne esitamist korralikult läbi mõelda ja väga oskuslikult valida aparatuuri.

1. Katsed teema "Valguse levimine" alal.

Valgusallikad, Valguskiired ja valguskiirte kimbud.

Katse nr.1. Valguse sirgjooneline levimine.

Katsevahendid: kaarleeklamp, kondensor, tükk tavalist aknaklaasi kondensori kaitseks, kaksikkumer läätс statiivil , risttahukakujuline klaasanum, kriidipuru, ekraan alusel,nuuskpiiritus, fluorestsiin, diafragma horisontaalsete piludega.

Kaarleeklamp asetada kondensori taha kondensori tagumise läätse peafookusesse. Kaarleeklambi ja kondensori vahe e tuleb panna puhas tükk tavalist klaasi,sest kaarleeklambist süsielektroodide intensiivse põlemise tõttu väljapaiskuvad hõõguvad sõsterakesed, sattudes kondensori läätsele,rikuvad viimase. Diafragma asetada kondensori ette; seejärel kaksikkumer läätс,mida nihutades püütakse saada enamvähem paralleelsed valguskiirte kimbud kriiditolmuses õhus. Valguskiirte kimpude levimissuund peab olema risti vaatlemissuunaga.

Seejärel valada klaasanumasse vett umbes 2/3 selle

mahust, lahustada selles mõned tilgad kontsentreeritud fluorestsiini ja lisada 2-3 cm^3 nuuskpiiritust. Nuuskpiiritus muudab kogu vedeliku silmaga vaevalt märgatavalt sogaseks ja valguskiirte kimbud on siis paremini nähtavad. Asetada klaasanum läätsest väljunud valguse teele (joon.1) .

Lõpuks asetada klaasanuma asemele piki valguskiirte kimpude teed valge ekraan nii, et kogu ekraani ulatuses oleksid näha vägaheledad valgusribad.

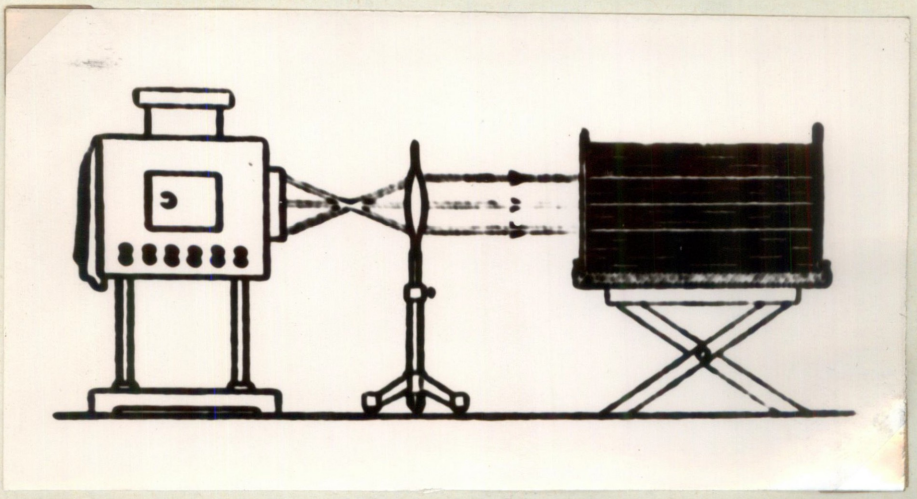
Valguse sirgjoonelist levimist võib demonstreerida ka optilise kettaga, kuid kõik katsed optilise kettaga leiavad käsitlemist käesolevas töös üheskoos.

Katse nr. 2. Lainete ja valguskiirte kimpude levimine.

Katsevahendid: kondensoriga kaarleeklamp, lainevann vibraatoritega, kaarleeklamp või mõni teine tugev valgusallikas, kaksikkumer lääts alusel,kaksiknõgus lääts alusel, horisontaalne ekraan (või valge lagi), vertikaalne ekraan alusel.

Selle katse eesmärgiks on näidata analoogiat lainevannis lainete ja valguskiirte kimpude vahel. Järelikult tuleb teostada paralleelselt kaks katseseeriat. Kui puhttehnilistel põhjustel pole võimalik paralleelselt teostada katseid optikast ja lainevanniga,siis võib demonstreerida enne katsed lainevanni abil ja seejärel juba vastavad optilised katsed.

Asetada veega täidetud lainevann katselauale spetsiaalsetele pingikestele nii, et teda oleks võimalik alt valgustada kaarleeklambiga. Vibraatoriks võtta kerake,



Joon.1. Valguse sirgjooneline levimine.

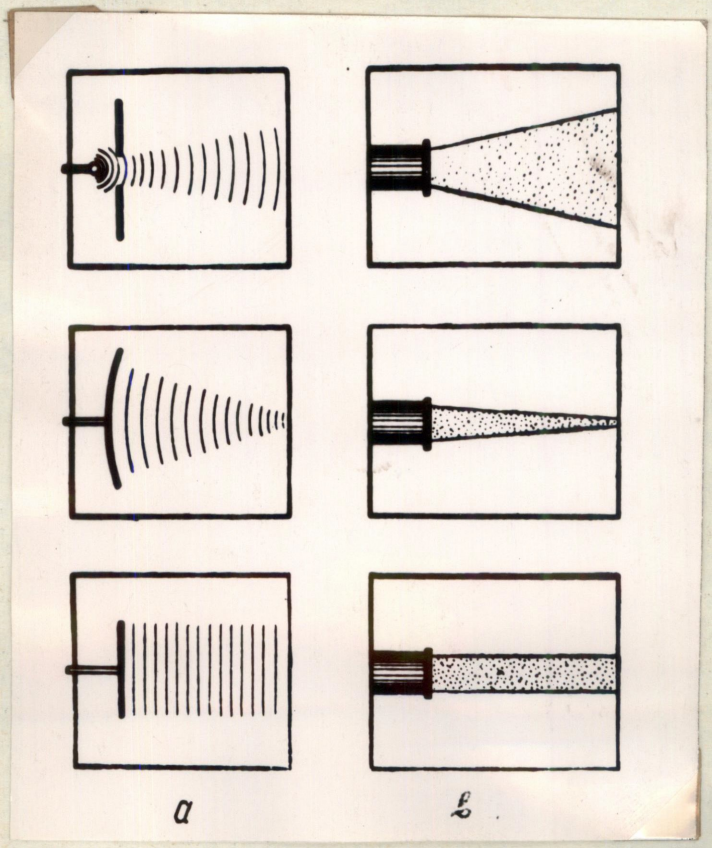
diafragmaks aga kaks metall-lehte, mis on asetatud servi vanni põhja ühele sirgele teineteisest sellisele kaugusele, et nende taga oleks näha lainete difraktsioon (joon. 2,a). Saadud pilt skitseerida tahvlile. Seejärel asetada kaarleeklambi kondensori ette kaksikkumer läätс nii, et ta asuks kondensori fookusest oma fookusekauguse võrra eemal - sel juhul saadakse paralleelne valguskiirte kimp. Asetades sellise kimbu teele kaksiknõgusa läätse, saab ekraanile libiseva kiire meetodil hajuva kiirtekimbu, mille skits joonistatakse tahvlile lainepildi kõrvale (joon.2,b).

Nüüd teostatakse jälle katse lainevanniga, kusjuures vibraatoriks tuleb võtta kaarekujuline metall-leht nõgusa poolega lainete levimise suunas ning diafragmad eemaldada. Saadud lainepilt joonistatakse tahvlile eelnevate jooniste alla. Vastavas optilises katses kasutame kondensoriga kaarleeklampi ilma täiendava optikata. Koonduvat valguskiirte kimpu vaadeldakse alusel asuval vertikaalsel ekraanil ning tehakse vastav joonis tahvlil "oma kohale".

Lõpuks kasutatakse vibraatorina sirget metall-lehte ning vastavas optilises katses saadakse paralleelne valguskiirte kimp nagu esimeses katses antud katseseerias.

TRÜ Üldfüüsika kateedri füüsika katsetehnika laboratooriumis on kasutusel lainevanni vibraatori käima panemiseks spetsiaalne ekstsentrilise nokkvõlliga alalisvoolu mootor maksimaalse tööpingega 28 V. Vibreerimiskiiruse muutmiseks reguleeritakse mootori pöörete arvu vooluringi järjestikku lülitatud reostaadi abil.

Käesolevas katsekirjelduses oli antud ainult üks



Joon. 2. Lainete (a) ja valguskiirte kimpude (b)

levimine.

võte hajuva, koonduva ja paralleelse valguskiirte kimbu saamiseks. Nende kimpude saamiseks on veel teisigi võtteid [23, 16].

Katse nr. 3. Valguskiirt ei ole olemas.

Katsevahendid: kaarleeklamp, kondensor, vertikaalne ekraan, diafragma, iirisdiafragma või muudetava pilu laiusega diafragma, koondav läätс F = 9 cm.

R.W.Pohl kirjutab oma teoses [16]: "Saadelda võib ainult valguskiirte kimpe. Valguskiired eksisteerivad ainult paberil või klassitahvlil."

Selle katse eesmärgiks ongi tõestada eksperimentaalselt see väide. Selleks on tarvis näidata, et diafragma abil ei saa valguskiirte kimbust välja eraldada valguskiirt.

Süüdata kaarleeklamp, asetada kondensor kaarleeklambi ette. Vahetult kondensori ette paigutada valgusvoo piiramiseks diafragma. Sellest umbes 35 cm kaugusele asetatakse iirisdiafragma või muudetava pilu laiusega diafragma. Koondava läätse abil saadakse ekraanil selle diafragma pilu kujutis, olles enne reguleerinud pilu küllaltki suureks. Vähendades pilu suurust, saadakse lõpuks ekraanile diafraktsioonipilt pilust. Valguse sirgjoonelise levimise seadus on rikutud, kuid valguskiirt kätte ei saadud. Järelikult valguskiirt pole tegelikult olemas.

Kui kõik need katsevahendid pole vastavatel alustel, tuleb kasutada optilist pinki.

Valgustusseadused.

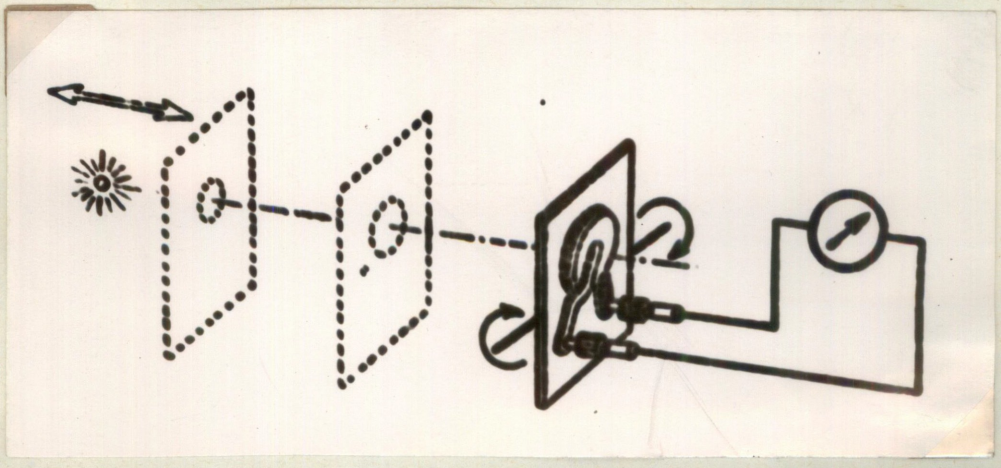
Katse nr. 4. **Pinnavalgustuse sõltuvus valgusallika kaugusest ja valguskiirte langemisnurgast.**

Katsevahendid: optiline pink, väike hõõglamp, seleenfotoelement, demonstratsiooni galvanomeeter või mikroampermeeter (skaala 150 μA), 2 diafragmat.

Toega varustatud fotoelement paigutatakse optilise pingi ühte otsa (joon. 3) .

Fotoelemendiga ühendatakse galvanomeeter väikese sisetakistusega, mille puhul fotovoolu tugevus on võrdeline pinnavalgustusega. Valgusallikas asetatakse optilise pingi teise otsa ja mõõdetakse kaugus fotoelemendist. Katta fotoelement, süüdata lamp, nihutada ettevaatlikult kate kõrvale, jälgides, et galvanomeetri osuti ei välju skaalast.Registreerida galvanomeetri näit. Selle järgi lähendatakse astmeti valgusallikas fotoelemendile, registreeritakse valgusallika kaugused ja galvanomeetri näidud. Katsed registreeritakse tabelis.

Fotoelemendi kaugus r cm	Kauguse ruut r^2 cm^2	Fotovoolu tugevus μA	I r^2 10^{-4} μA.cm^2
50	2500	118	29,5
100	10000	30	30,0
150	22500	13	29,3
200	40000	7,5	30,0



Joon. 3. Sendis valgustusseaduste uurimiseks fotoelemendi abil.

Järeldatakse, et fototugevus (voolu I) on pöördvördeline valgusallika kauguse ruuduga ($I r^2 = const$). Kuna fotovoolu tugevus on vördeline pinnavalgustusega, siis pinnavalgustus on pöördvördeline valgusallika kauguse ruuduga.

Pinnavalgustuse vördelise olenevuse näitamiseks valgusallika valgustugevusest tuleb asendada valgusallikas vastavalt suurema valgustustugevusega valgusallikaga.

Sõltuvuse näitamiseks valguskiirte langemisnurgast pööratakse fotoelementi vertikaaltelje ümber nurkade $\varphi = 30^\circ$, 45°, 60° võrra. Näidatakse, et pinnavalgustus (vördeline galvanomeetri näiduga) on vördeline kiirte langemisnurga koosinusega.

Järeldatakse pinnavalgustuse seadus

$$E = \frac{I \cos\varphi}{r^2} \quad \frac{lm}{m^2}$$

Fotoelemendi kasutamiseks luksmeetrina tuleks koostada galvanomeetri kaliirimisköver, mis kujutab pinnavalgustust luksides sõltuvalt galvanomeetri lugemitest. Kaliibrimiseks peab teadma valgusallika valgustugevust kandelates.

Selliselt kaliibritud galvanomeeter osutub pinnavalgustuse mõõtjaks, nn. luksmeetriks.

Katse nr. 5. Kahe valgusallika valgustustugevuse võrdlemine Ruhmfordi fotomeetri abil.

Katsevahendid: 2 elektrilampi (15 W ja 25 W) alusel, 2 papist elektrilampidele pealepaigutatavat karpi avaga lambi hõõgniidi kõrgusel, must ringikujulise läbimõõduga (Ø 10 cm) kepike alusel, mattklaas või poolläbilaskev ekraan, ekraan

ümaravaga mattklaasi ette paigutamiseks, statiiv,joonlaud.

Mattklaasi taha paigutatakse diafragma ümaravaga ja selle taha 10 cm kaugusele kepike alusel ; kepikest võib asendada ka statiivi varb (joon. 4). L_1 ja L_2 on elektrilambid kesta sees, 1-kepike, 2- mattklaas, 3- ekraan ümaravaga, 4 ja 5 - kepikese varjud.

Kepikese taha, umbes 1 m kaugusele paigutatakse kaks elektrilampi papist ümaravaga kestas nii, et mattklaasil tekib vari. Lampe nihutatakse ekraani suhtes nii, et kepike annab ekraanil küllalt lähestikku kaks võrdse valgustusega varju. Kuna valguskiired langevad kepikesele mitmesuguste nurkade all, siis varjud kogu ulatuses ei ole võrdse heledusega. Seepärast on otstarbekohane varjude heledusi võrrelda ümber lampide hõõgniitide kõrgusel, millisele kohale paigutatakse mattklaasi taha ekraani ümarava.

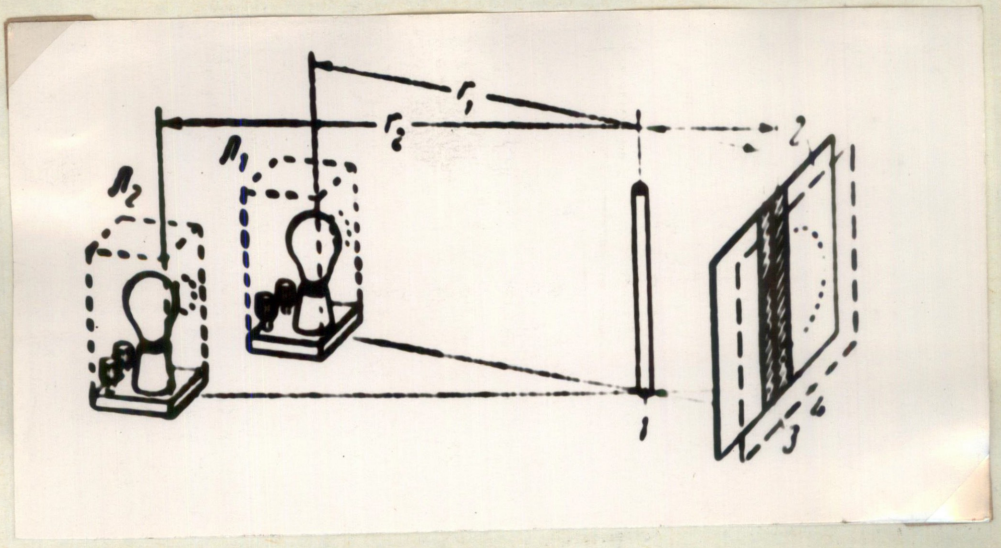
Valgusallikate valgustugevused suhtuvad nagu lampide ja mattklaasi vaheliste kauguste ruudud.

Tekkivate poolvarjude ja visuaalsete mõõtmisvigade tõttu fotomeeter ei võimalda vajaliku täpsusega võrrelda elektrilampide valgustustugevusi.

Katse nr. 6. Kahe valgusallika valgustustugevuste võrdlemine Bunseni õlilaik-fotomeetri abil.

Katsevahendid: 2 elektrilampi (15 W ja 25 W) , 2 papist karpi avadega lambi hõõgniidi kõrgusel, Bunseni õlilaik-fotomeeter kahe väikese peegliga, kummalgi poolel, 4 diafragmat ümaravadega, optiline pink,joonlaud.

Optilise pingi keskele asetatakse fotomeeter, teine teisele poole paigutatakse lambid, kumbki papist kestas avaga



Joon. 4. Ruhmfordi varifotomeeter .

fotomeetri poole. Fotomeetri ja lampide vahele kummalegi poole asetatakse kaks ümaravaga diafragmat nii, et lampide hõõgniite ühendav sirge läbib diafragmade avad ja fotomeetri õlilaigu (joon. 5) .

Nihutades ühte lampi piki fotomeetri optilist telge seni, kuni õlilaigu kujutis mõlemas peeglis omandab võrdse valgustuse ja värvuselt ühtib õlilaiguga kalkapaberi omaga, s.o. ei ole heledam või tumedam kui kalkapaber.

Valgusallikate valgustustugevused on poord- võrdelised lampide kauguste ruuduga.

Bunseni fotomeetrit saab hõlpsasti ise valmistada.

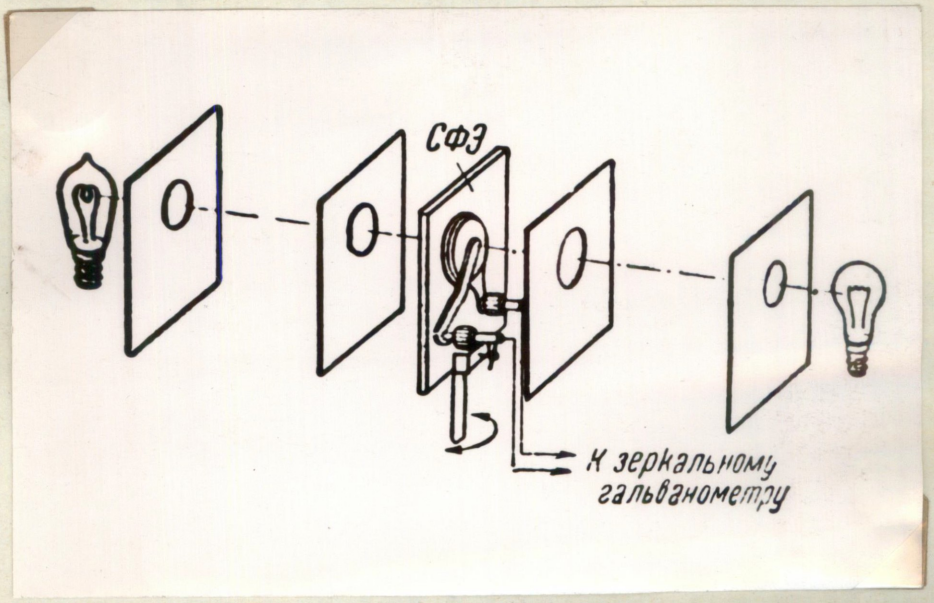
Katse nr. 7. Kahe valgusallika valgustugevuse võrdlemine fotoelemendi abil.

Katsevahendid: samad mis katse nr. 6 puhul, ainult Bunseni fotomeetri asemel on galvanomeetriga või mikroampermeetriga ühendatud seleen-fotoelement puidust raamis.

Selle katse puhul (joon.6) valgustugevuste võrdlemiseks kasutatakse puidust raami paigutatud seleen-fotoelementi. Fotoelement paigutatakse Bunseni fotomeetri asemele ja ta on pööratav kord ühe, kord teise lambi poole.

Suunanud fotoelemendile valgusvoo kordamööda ühelt ja teiselt elektrilambilt ja nihutanud lampe, saavutatakse selline asend, mille puhul galvanomeetri näidud fotoelemendi valgustamisel kummagi lambi poolt on võrdsed. Sel juhul on fotoelemendi pinnavalgustused võrdsed. Mõõtnud lampide kaugused fotoelemendist, võrreldakse lampide valgustugevusi.

Kui on olemas kaks täiesti ühesugust fotoelementi ,siis



Joon. 6. Fotoelemendiga fotomeeter.

suunatakse ühele fotoelemendile ühe lambi ja teisele- teise lambi valgusvoog. Mõlemad fotoelemendid lülitatakse samasse vooluringi nii, et nende voolud oleksid vastassuunalised. Sel juhul valgusallikate asendid määratakse galvanomeetri abil ja see vastab valgusallikate sellisele asendile, millal galvanomeetri osuti on nullseisus.

Laboratoorne seade fotomeetria seaduste uurimiseks.

Otstarve. See seade on ette nähtud keskkooli optika kursuses fotomeetria töö "Valgustusseaduste tundmaõppimine fotoelemendi abil" teostamiseks.

Ehitus.

Seade (joon. 7) koosneb horisontaalselt asetatud ümmargusest korpusest, mis on paigutatud vastavale alusele.

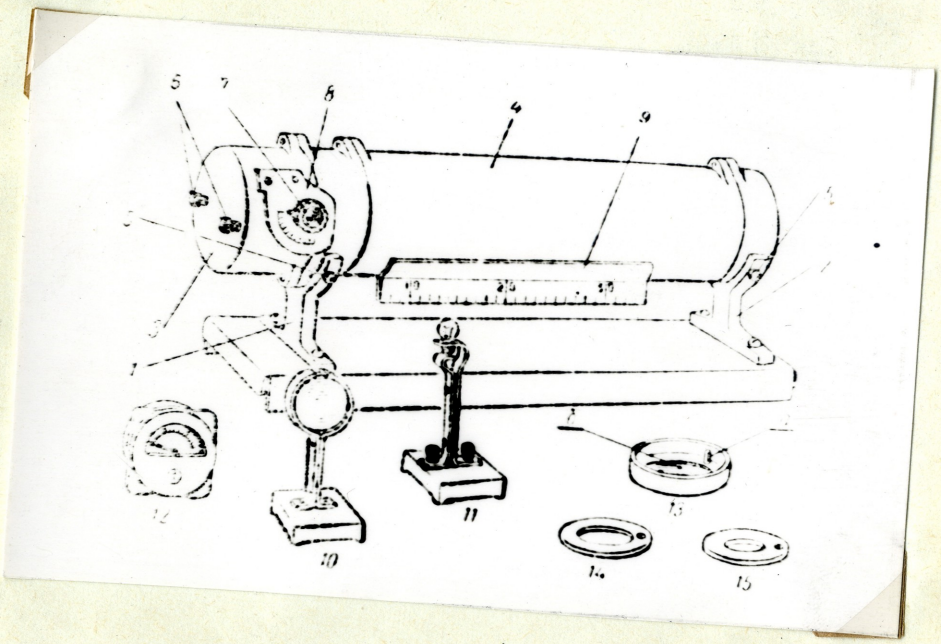
Korpus koosneb kahest osast:

1)kamber (3), millesse on monteeritud seleenfotoelement;

2) äravõetav silinder (4) .

Korpust on kerge lahti võtta; selleks tuleb lahti keerata vastavad kruvid (5). Korpuse esiküljel (3) on kaks klemmi (6), milledesse on toodud fotoelemendi väljundjuhtmed. Nende klemmidega ühendatakse mikroampermeeter või demonstratsioonigalvanomeeter.

Käepideme (7) abil saab fotoelementi pöörata kuni 90°. Skaala (8) abil saab mõõta fotoelemendi pöördenurka. Silindri (4) külge on kinnitatud sentimeeterjaotistega skaala (9) valgusallika kauguse mõõtmiseks. Skaala nulljaotis langeb kokku fotoelemendi valgustundliku pinna tasandiga. Silindris on mõned rõngasekraanid, mis kaitsevad fotoelementi peegeldunud kiirte eest. Silinder on seest mustaks värvitud.



Joon. 7. Laboratoorne seade fotomeetria seaduste uurimiseks.

Seadme juurde kuulub (joon.7): a) üks koonduv lääts (10) fookusekaugusega F = 15 cm; b) väike lamp (3,5 V) vastaval alusel (11) ; c) mikroampermeeter (12), mille skaala mõõtepiirkond on 150 μA; d) korpuses (13) asuv mattklaasist (6) diafragma, mille ava pindala on 9 cm^2 ; e) diafragma (14), ava pindalaga 6 cm^2; f) diafragma (15) , ava pindalaga 3 cm^2.

Kambris (läbilõige joonisel 8) asub vastavas hoidjas seleenfotoelement, mille kasulik pindala on 10 cm^2. Fotoelemendi väljundjuhtmed on toodud vastavatele klemmidele (6). Mikroampermeeter (kuni 150 μA) ühendatakse klemmidega (6) ja kontrollitakse ühenduste polaarsust. Selleks asetatakse lamp (11) korpusesse ja ühendatakse akuga (pinge mitte üle 3,5 V). Mikroampermeetri osuti peab kalduma paremale.

Lambi toe kõrgus on selline, et lambi hõõgniit asub korpuse geomeetrilisel teljel. Lampi saab nihutada piki korpuse telge skaala (9) ulatuses.

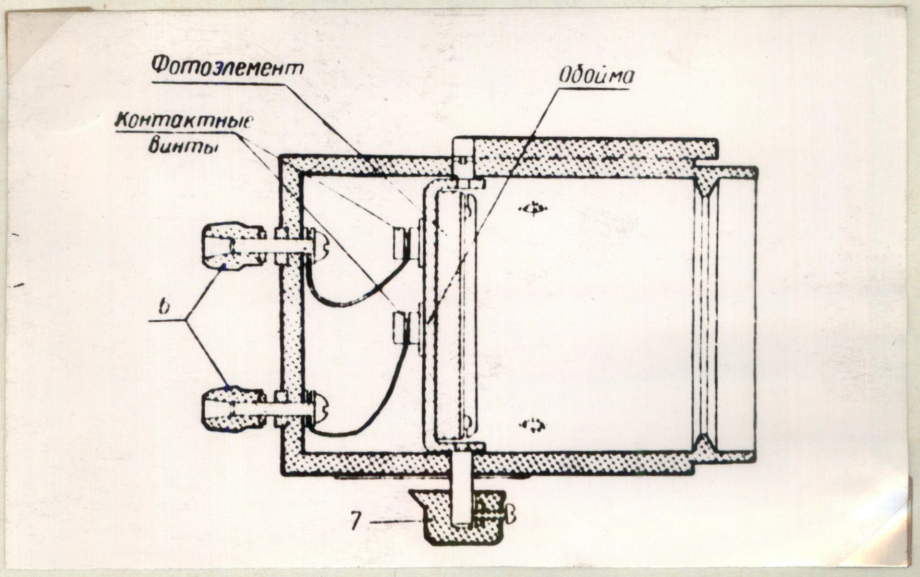
Veendume, et mikroampermeetri osuti kaldub kõrvale seda rohkem, mida lähemal on lamp fotoelemendile. See on tõendiks, et fotoelement töötab normaalselt.

Teostada katsed ka fotoelemendi erinevate kaldenurkade korral. Pööranud fotoelementi nullasendist maksimaalse kaldenurgani, peab mikroampermeetri osuti sujuvalt näitama kahaneva tugevusega voolu ja 90-kraadilise nurga puhul osutuma nullseisus. Sel juhul asub fotoelement horisontaalasendis.

Katsed fotomeetrilise seadisega.

Katse nr. 8. Fotovoolu tugevuse sõltuvus valgustatava pindala suurusest. (1.variant).

Asetada fotoelement vertikaalasendisse (küljelt



Joon. 8. Kambri läbilõige.

näitab nulli). Ühendada klemmidega (6) mikroampermeeter ja jälgida polaarsust.

Avada silindri (4) kaas, asetada kambrisse (3) diafragma korpuses (13) nii, et korpuse sees asuv tihvt asetseks üleval. See tihvt on ette nähtud teiste tasapinnaliste diafragmade ülesriputamiseks. Silindri kaane all olevale alusele asetada lääts (10) ja lamp (11). Lambile anda pinge akust 3,5 V. Orienteeruvalt asetada lääts 15. skaalajaotisele, lamp aga 21.jaotisele. Sulgeda kaas ja nihutada läätse ning lampi üheaegselt ühele ja teisele poole seni,kuni saadakse mikroampermeetri näit, mis jagub arvuga 3 (see on hiljem vajalik arvutuste lihtsustamiseks). Sobivamad näidud oleksid 30 μA, 45 μA, 60 μA jne. Võttes esimese diafragma pindala (9 cm^2) ühikuks, saame teiste diafragmade pindalad vastavalt 2/3 ja 1/3. Valgustusseaduse järgi fotovoolu tugevus peab olema võrdeline fotoelemendi valgustatava pindala suurusega. Katse algul kirjutatakse mikroampermeetri näit üles ja nihutatakse lääts koos lambiga (mitte muuta lambi ja läätse vahelist kaugust - 6 cm!) asendisse, kus mikroampermeetri näit jagub arvuga 3. Olgu see näit 60 μA. Esimese diafragma tihvtile riputatakse teine diafragma ja kirjutatakse üles mikroampermeetri näit; see peab olema 40 μA. Seejärel riputatakse üles kolmas diafragma ; näit 20 μA. Seda katset võib teostada ka ilma mattklaasita, mis on vajalik vaid sel juhul, kui mikroampermeetri osuti väljub skaala piirkonnast. Tähtis on vaid see, et oleks tagatud fotoelemendile langevate kiirte paralleelsus.

Katse teostamisel on tähtis, et esimese diafragma puhul

ülesseatud valgusallikas ja läätс ei nihkuks diafragmade vahetamisel.

Kui mikroampermeetri näit muutub mittevõrdeliselt diafragmade pindaladega, siis kiirtekimp ei ole paralleelne. Kui mikroampermeetri näit on arvestatud näidust suurem ,siis on kiirtekimp hajuv, kui näit on väiksem ,siis on kiirtekimp koonduv.

Katse nr. 9. Fotovoolu tugevuse sõltuvus valgustatava pindala suurusest (2.variant).

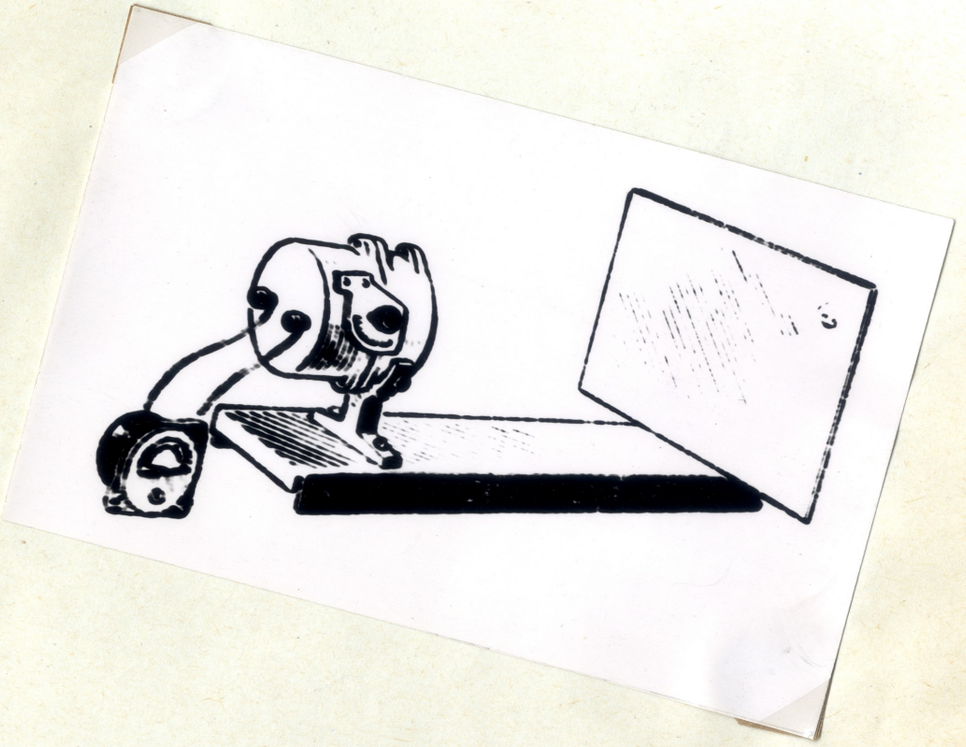
Eelnevat katset võib teostada ka ilma lambita ja läätseta, kui kasutada ekraanina valget kartongi.

Koostada katseseade vastavalt joonisele 9. Selleks tuleb avada kruvid (5) (joon.7) ja võtta maha silinder. Alusele (2) kinnitada ristkülikukujuline kartongitükk mõõdetaga 25 x 30 cm. See kartongitükk peab olema kas akende kaudu või elektrilambi poolt ühtlaselt valgustatud ja pööratud valgustatud poolega fotoelemendi poole.

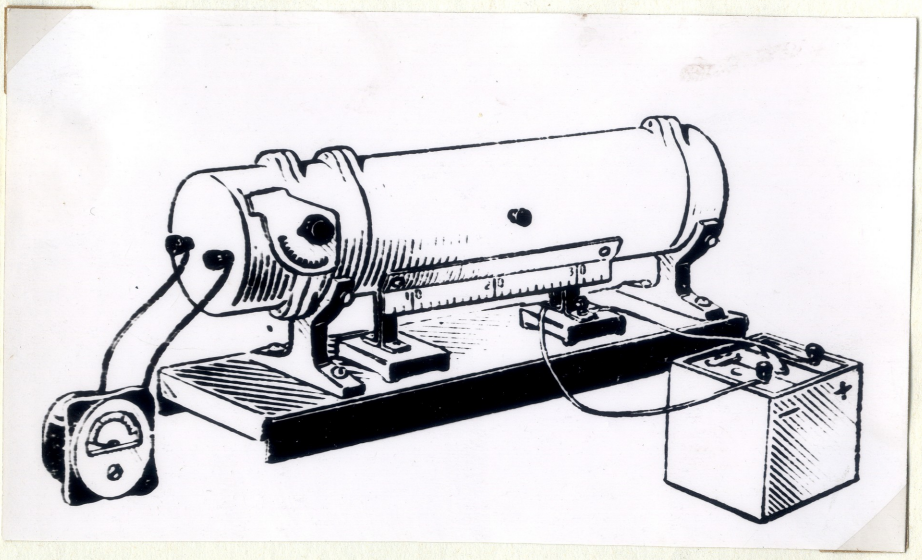
Fotoelemendi klemmid ühendatakse mikroampermeetri klemmidega ja kambrisse paigutatakse esimene diafragma ilma mattklaasita. Selle järel nagu katse 8 puhul paigutatakse esimese diafragma asemel kambrisse teine ja kolmas diafragma. Mikroampermeetri näidud kirjutatakse vastavasse tabelisse.

Katse nr.10. Pinnavalgustuse sõltuvus valgusallika kaugusest.

Koostada katseseade vastavalt joonisele 10. Fotoelement paigutatakse risti seadme teljega (fotoelemendi käepide on nurgamõõtmise skaala nullseisus). Lamp asetada korda-



Joon.9. Katsescade fotovoolu tugevuse sõltuvuse määramiseks valgustatava pindala suurusest.



Joon.10. Katseseade pinnavalgustuse sõltuvuse määramiseks valgusallika kaugusest.

mööda skaala 10,20 ja 30 jaotisele. On soovitav võtta täiendavad lugemid ka vahepealsetest asenditest. Tulemused kanda tabelisse:

Jrk. nr.	Lambi kaugus fotoelemendist (cm)	Mikroampermeetri näit
1.	10	68,5
2.	20	17,3
3.	30	8,0
4.	24	12,0

Mikroampermeetri näit sõltub valgusallika küttest. Seepärast jälgida kütte stabiilsust.

Koostame tabeli:

Fotoelemendi pinnavalgustuse suhtearvud	$\frac{68,5}{17,3}=3,96$	$\frac{68,5}{8}=8,56$	$\frac{68,5}{12}=5,7$	$\frac{17,3}{8}=2,16$
Kauguste ruutude pöördväärtuste suhe	$\frac{400}{100}=4$	$\frac{900}{100}=9$	$\frac{576}{100}=5,76$	$\frac{900}{400}=2,25$

Tabelist nähtub, et fotoelemendi pinnavalgustus muutub pöördvõrdeliselt kauguse ruuduga.

Katse nr. 11. Fotoelemendi pinnavalgustuse sõltuvus fotoelemendi kaldenurgast kiirte suhtes.

Koostada sama katseseade nagu katse nr. 8 puhul, s.o. lääts 15. ja lamp 21. skaalajaotisel. Fotoelemendi käepide seatakse skaala nulli, süüdatakse lamp ja registreeritakse fotoelemendi näit. Pööranud käepidet, paigutatakse foto-

element langevate kiirte suhtes nurkade 30^0, 45^0 ja 60^0 all. Mikroampermeetri näidud registreeritakse tabelis alljärgnevalt.

Nr.	Kaldenurk α	E μA	cos α	Mikroampermeetri näit vastavalt valemile $E=E_0 \cdot \cos\alpha$
1.	0^0	35,5	1,00	35,5
2.	30^0	30,6	0,87	30,9
3.	45^0	25,7	0,71	25,2

Mõõtmisel on tarvis jälgida, et lääts ja lamp ei nihkuks algasendist.

Teostada sama katse, kui lääts on näiteks 10 (või 20) ja lamp on vastavalt 16 (või 26) skaalajaotisel.

Kõigi katsete puhul peab lambile rakendatav pinge, millest sõltub hõõgniidi heledus, olema stabiilne.

Seadme hooldamine.

Et kaitsta seadet tolmu ja fotoelemendile kahjuliku valguse eest,tuleb seadet hoida pimedas ruumis ning kaetult. Kui tolm siiski on sadestunud fotoelemendile, siis tuleb see sealt ära puhuda või eemaldada hästi pehme kuiva pintslikesega, kuid mitte mingil juhul ei lubata puhastada niiske lapikesega.

2. Katsed teema "Valguse peegeldumine ja murdumine" alal.

Valguse peegeldumine. Peeglid.

Katse nr. 1. Valguse peegeldumine klaasitükilt.

Katsevahendid: tuubusega kaarleeklamp,iirisdiafragma, ekraan alusel, tükk tavalist aknaklaasi, statiiv.

Kinnitada klaasitükk vertikaalasendis statiivi külge, selle ette umbes 30 cm kaugusele asetada iirisdiafragma nii, et klaasi ja diafragma tasapindade vahel oleks nurk ligikaudu 30°. Kaarleeklambi valgus juhtida läbi iirisdiafragma klaasile ja ekraani abil püüda klaasitükilt peegeldunud valgus kinni. Ekraanile kujutub see valge laiguna.

Kaste nr. 2. Valguse peegeldumine tasapeeglilt.

Katsevahendid: tuubusega kaarleeklamp, iirisdiafragma, tasapeegel, ekraan alusel.

Ekraanil saada libiseva kiire meetodil kitsas valguskiirte kimp iirisdiafragma abil. Suruda kiirte teele ekraani vastu väike tasapeegel. Peegeldunud kiir on ekraanil selgesti näha. Pöörates tasapeeglit, näidata peegeldunud kiire nihkumist.

Selle katse puhul tuleb silmas pidada, et õpetaja ei varjaks õpilaste eest oma kehaga katset.

Katse nr. 3. Difuusne peegeldumine.

Katsevahendid: tuubusega kaarleeklamp,iirisdiafragma, valge paberiga kaetud tasapeegel, ekraan alusel.

Ekraanil saada libiseva kiire meetodil kitsas valguskiirte kimp. Kiirte teele suruda vastu ekraani valge paberiga kaetud tasapeegel. Ekraanil on näha difuusne peegeldumine.

Katse nr. 4. Näilik kujutis tasapeeglis.

Katsevahendid: tükk puhast klaasi,kaks ühesuguste mõõtmetega

küünalt, statiiv, must ekraan alusel, tikud.

Kinnitada klaasitükk statiivi külge vertikaalselt nii, et klaasi üks serv toetuks demonstratsioonilauale. Tema taha asetada paralleelselt must ekraan. Klaasi ette ning klaasi ja ekraani vahele asetada küünlad nii, et esimese, klaasi ees oleva küünla kujutis klaasis langeks kokku küünlaga, mis on asetatud klaasi ja ekraani vahele ning on nähtav läbi klaasi. Seejärel süüdata klaasi ees olev küünal ja näidata, et teine küünal näib olevat süüdatud. Võrrelda küünalde kaugusi klaasist. Pärast seda nihutada süütamata küünalt mingis suunas ja näidata illusiooni kadumist.

Katse nr. 5. Peegeldumine sfääriliselt peeglilt.

Katsevahendid: kaarleeklamp , 5 või 3 piluga diafragma, ekraan alusel, valgusfilter ühe diafragma pilu jaoks, 12-15 cm pikkune ja 1,5- 2 cm laiune lihvitud valge terasleht.

Ekraanil tekitada libiseva kiire meetodil mitu paralleelset valguskiirte kimpu, kusjuures tsentraalne kimp on värviline - valgusfilter on asetatud diafragma keskmise pilu ette.

Valguskiirte kimpude teele vastu ekraani asetada terasleht, surudes seda kahe sõrme abil nõgusaks - saadakse improviseeritud nõguspeegel. Tuleb jälgida, et värviline kiirtekimp langeks selle nõguspeegli lagipunkti, olles seega peegli optiliseks peateljeks.

Peeglilt peegeldunud kiired koonduvad peafookuseks.

Surudes teraslehte tugevamini või nõrgemini, saab näidata praktiliselt peegli peafookusekauguse ja seega ka peegli valgusjõu sõltuvust tema köverusest.

Seejärel suruda teraslehte nii, et tekiks kumerpeegel ja näidata valguskiirte kimpude hajumist.

Selle katse juures on oluline just demonstraatori osavus.

Katse nr. 6. Punkti tõeline kujutis sfäärilises nõguspeeglis.

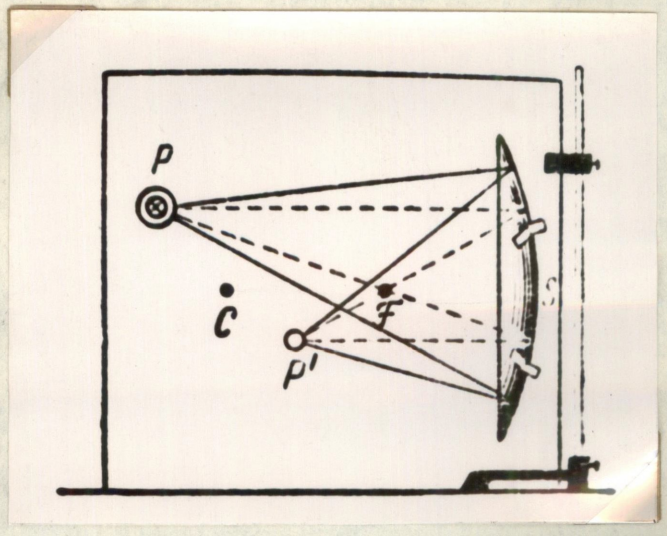
Katsevahendid: sfääriline nõguspeegel, leht valget kartongi, statiiv, väike hõõglamp (6V) valgusallikaks, leikoplast, ühendusjuhtmed, metallkate (Ø 20 - 50 mm, kõrgus 40-60 mm), milles on väljalõige laiusega umbes 1/8 kogu ümbermõõdust, metallvõru samasuguste mõõtmete ja piluga.

Paksu kartongi lõigata lõhe, mis oma kujult ja mõõdetelt vastab valitud nõguspeeglile. Sellesse lõhesse asetada peegel nii, et ta ulatuks mõlemale poole kartongi välja ühesuguselt. Leikoplastiga kinnitatakse peegel kartongi külge (joon.1).

Samale kartongile, kõrgemale peegli optilisest teljest ja kaugemale kui kahekordne fookus, kinnitada metallkate väljalõikega peegli poole. Katte alla tehakse kartongi auk, kuhu asetatakse valgusallikas. Metallkatte peale võib paigutada piluga metallvõru, mille pööramisega saab muuta väljalõike suurust. Seejärel kinnitada kartong vertikaalasendis statiivi külge nii, et tema alumine serv toetuks lauale.

Süüdata lamp; et lamp on väike, siis väljalõikest väljunud valguskiirte kimp libiseb mööda kartongi pinda. Suunata see peeglile. Et leida, kus asub eseme kujutis, tuleb metallvõru abil vähendada väljalõiget- piirata valgusvoogu. Metallkatte pööramisega suunata kitsas kiirtekimp algul paralleelselt optilise teljega, seejärel aga läbi fookuse.

Peegeldunud kiired lõikuvad eseme kujutise asukohas.



Joon.1. Seade punkti tõelise kujutise saamiseks sfäärilises nõgupeeglis.

Joonisel 1 on need kiired näidatud katkendliku joonega.

Katse nr. 7. Eseme kujutis nõguspeeglis.

Katsevahendid: nõguspeegel alusel, kaks 6 V hõõglampi, ekraan alusel, ümaravaga ekraan.

Sõltuvalt eseme asendist peegli suhtes võivad tema kujutised olla tõelised või näilikud, suurendatud või vähendatud.

Käesoleva katse eesmärgiks on näidata seda dünaamikat.

Asetada hõõglamp sfäärilise nõguspeegli optilisest peateljest vasakule või paremale (sõltuvalt õpilaste istekohtade ja demonstratsioonilaua vastastikusest asendist) umbes 20° nurga võrra. Ekraanil saadakse peegeldunud valguvoog.

Katset teostada järgmises järjekorras. Lamp asetatakse peeglist kaugemale kui kahekordne fookusekaugus. Ekraani nihutamisega näidatakse, et peegeldunud valguskiirte kimp algul koondub, seejärel aga hajub. Kui lähendada valgusallikat peeglile, siis kujutis liigub vastu - ilmneb ekraani nihutamisel. Peegli optilises tsentris valgusallikas kohtub oma kujutisega- asetada ekraan valgusallika kohale. Valgusallika nihkumisel fookuse poole kujutis kaugeneb. Kui hõõglamp on fookuses, siis tema kujutis asub lõpmatuses, s.o. peegeldunud valguskiirte kimbu ristlõige on võrdne peegli tasapinna pindalaga - valguskiired on paralleelsed. Lambi edasisel lähendamisel peeglile peegeldunud valguskiirte kimbud hajuvad.

Katse selle osa põhjal tehakse vastavad järeldused.

Seejärel saada hõõglambist terav kujutis sfäärilise nõguspeegli abil. Katta peegel ekraaniga, mille keskel on ümmargune ava. Selgub, et kujutise teravus suureneb. See katse illustreerib teljelähedaste valguskiirte kimpude kasutamise tähtsust hea kvaliteediga kujutiste saamisel.

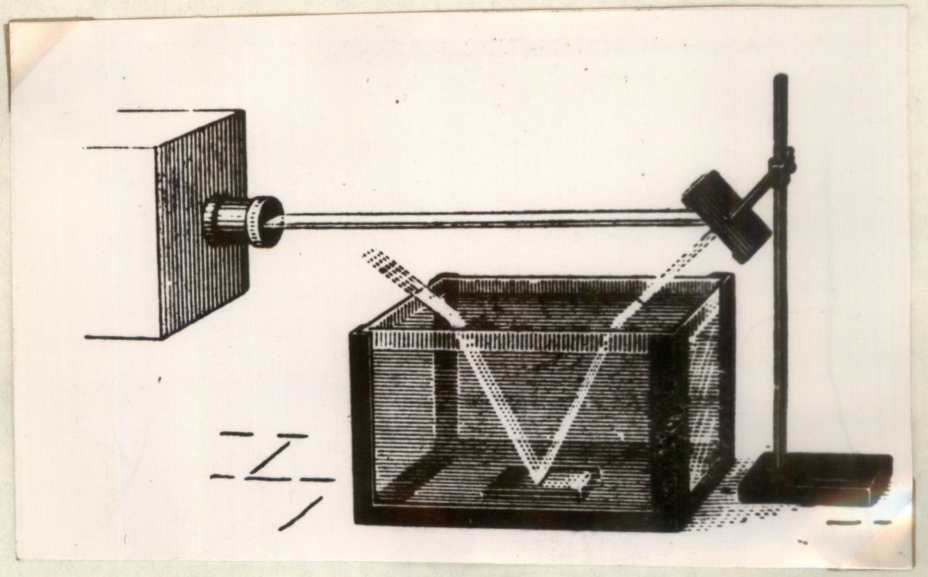
Saada kahe hõõglambi kujutised sfäärilise nõguspeegli abil. Katta peegli mistahes osa ekraaniga. Ilmneb, et kahe kujutise vaheline kaugus ei muutu, kuid kujutiste valgustatus väheneb. Anda põhjendus!

Valguse murdumine. Läätsed.

Katse nr.8. Valguse murdumine üleminekul õhust vette ja veest õhku.

Katsevahendid: kondensoriga kaarleeklamp, kaksiknõgus lääts, väike tasapeegel, klaasseintega akvaarium, mattklaasist ekraan, statiiv, käepidemega tasapeegel, vesi, horisontaalse piluga diafragma.

Asetada tasapeegel akvaariumi põhja peegelpinnaga ülespoole ja täita akvaarium veega. Kinnitada käepidemega peegel statiivi külge. Süüdata kaarleeklamp; kondensorist tuleva koonduva valguskiirte kimbu teele asetada kaksiknõgus lääts nii, et saadakse paralleelne valguskiirte kimp. Et saada kitsamat kiirtekimpu, kasutada horisontaalse piluga diafragmat. Akvaariumi sisse või vahetult selle taha asetada mattklaasist ekraan selliselt, et ekraani tasapind oleks õpilaste vaatesuunaga risti. Katsevahendid asetada nii, et valguskiirte kimp langeks peeglitele (joon.2). Ekraanil ja vees on selgesti näha valguskiirte kimbu tee. Pinnanormaa-



Joon.2. Seadeldis valguse murdumise vaatlemiseks ülemineku õhust vette ja veest õhku.

lina võib õpetaja kasutada joonlauda või kaardikeppi.

Selle katse puuduseks on asjaolu, et nende õpilaste jaoks, kes ei vaata antud katset risti akvaariumi seinaga , valguskiirte kimp vees näib olevat nihkunud horisontaaltasapinnas ja see nihe on võrdeline veekihi paksusega. Et vältida valede arusaamade kujunemist, tuleb lubada ääre pool istuvatel õpilastel tulla klassiruumi keskele või teostada antud katse hoopis optilisel kettal, kuigi viimane tee ei ole metoodiliselt soovitatav.

Katse nr. 9. Valgusenergia koondamine läätse poolt.

Katsevahendid: tuubusega kaarleeklamp, diafragma, koondav lääts alusel,fotoelement, galvanomeeter.

Süüdata kaarleeklamp ja suunata selle valgusvoog läbi diafragma koondavale läätsele. Koondav lääts annab teatavas kohas valgusallika kujutise ja kaugemal jälle valguskiirte kimp hajub. Ühendada fotoelement galvanomeetriga ja paigutada fotoelement valguskiirte kimpu veidi kaugemale valgusallika kujutise asukohast. Registreerida galvanomeetri näit. Seejärel eemaldada lääts. Mis juhtub galvanomeetri näiduga? Teha järeldus.

Katse nr.10. Helenduva punkti kujutise tekitamine läätse abil.

Katsevahendid: kaarleeklamp, mustast kartongist ekraan 40 x40 cm väikese ümaravaga keskel, koonduv lääts , ekraan alusel.

Süüdata kaarleeklamp, asetada selle valguskimbu teele ümaravaga ekraan, et saada kitsast valguskiirte kimpu. Viimase teele asetada koondav lääts. Seejärel nihutada

ekraani piki valguskiirte kimbu telge libiseva kiire meetodil seni,kuni leitakse üles kujutis, mis asub just valguskiirte kimbu ülemineku kohas koonduvast hajuvaks. Valguse hajumise tõttu ekraanilt on õpilastele näha helenduva punkti kujutis.

Katse nr.11. Eseme kujutise tekitamine läätse abil.

Katsevahendid: kondensoriga kaarleeklamp, koondav lääts, ese, ümarvavaga ekraan või iirisdiafragma, ekraan alusel.

Süüdata kaarleeklamp, asetada selle valgusvoogu ese ning seejärel koondav lääts. Muutes läätse asukohta eseme suhtes, saada aluseloleval ekraanil eseme terav kujutis. Seejärel katta ümaravaga ekraaniga lääts. Ilmneb, et kujutise mõõtmed ja asukoht ei muutu; väheneb ainult tema valgustatus. Anda põhjendus!

Selle katse puhul on soovitav kasutada ümaravaga ekraani asemel iirisdiafragmat,sest viimase abil saab muuta läätsele langevat valgusvoogu.

Katse nr.12. Valguse läbiminek tasaparalleelsest klaasplaadist.

Katsevahendid: kaarleeklamp, iirisdiafragma, erineva paksusega tasaparalleelsed plaadid, ekraan alusel.

Iirisdiafragma abil saada libiseva kiire meetodil ekraanil võimalikult kitsa valguskiirte kimbu tee. Suruda tasaparalleelne plaat valguskiirte kimbu teel vastu ekraani. Jälgida kiirte käiku. Teostades katset erineva paksusega

tasaparalleelsete klaasplaatidega, teha nähtust kvalitatiivne järeldus.

K a t s e d o p t i l i s e k e t t a g a .

Töövahendid: optiline ketas,peeglite ja läätsede komplekt, valgusallikas.Kaarleeklamp. Katsetel optilise kettaga võib kaarleeklampi kasutada ka ilma kondensorita.

Optiline ketas on sobivaks katseseadmeks geomeetrilise optika katsete demonstreerimiseks. Valguskiire käigu nähtavaks tegemiseks kasutatakse siin n.n. libiseva kiire meetodit - pilust tulev kitsas kiirtekimp "libiseb" vertikaalse ekraani pinnal, mis on veidi kaldu kiirte sihiga. Ekraanil tekib hele riba- kiirtekimbu jälg.

Kaarleegi puudumisel võib halvemal juhul kasutada valgusallikana ka kooli projektsioonilaternat või filmoskoopi,mis asetatakse 1,5-2 m kaugusele optilisest kettast. Valgusallikas peab andma paralleelsete või kergelt hajuvate kiirte kimbu, mis juhitakse piludega varustatud ja ketta külge kinnitatud külgsirmile. Ketta pinnal võivad tekkida kiirte kahekordsed jäljed. Sel juhul laterna reflektor asetatakse nii,et kaovad segavad jäljed.

Ketta külgsirmis on tavaliselt viis pilu, milledest osa vajaduse korral kaetakse läbipaistmatute siibritega või värviliste klaasiribadega.

Valguskiire käiku ketta suhtes saab muuta sirmi nihuta-

misega üles või alla ja ketta pööramisega. Ketta pinnal on märgitud kontuurid, mis kergendavad õige asendi leidmist vastavate kehade kinnitamisel kettale.

Kinnitada hoolikalt peeglid või läätsed ketta pinnale. Sümmeetriliste kehade puhul optiline peatelg peab langema ühte ketta diameetriga. Tasapeegli puhul paigutada peegelpind nii, et see läbib ketta diameetrit ja on võimalikult täpselt risti ketta diameetriga, millest loetakse nurkade suurust.

Optilise ketta abil saab näidata ka kvantitatiivse iseloomuga katseid, millede puhul tuleb lugeda nurkade suurusi. Kui katseid näidatakse täiesti pimendatud ruumis, siis lugemi võtmiseks tuleb ketta pinda valgustada, asetades ketta lähedale valge paberilehe või käe.

Pimendamata ruumis on katsed optilise kettaga eriti hästi nähtavad, kui ketta sirmile juhtida ühe või mitme tasapeegli abil väljast tulev päikesekiir.

Katse nr. 1. Peegeldumine tasapeeglilt.

Lastes valgusekiirt langeda peeglile mitmesuguste nurkade all, tuletage peegeldumisseadused.

Nihutage optiline ketas valgusallikale sedavõrd lähedale, et tasapeeglile langeksid kaks hajuvat kiirt, andes kaks peegeldunud kiirt. Nende peegeldunud kiirte pikenduste lõikepunkt peegli taga on ebakujutise asukohaks. Fikseerige see mustast paberist väljalõigatud kitsaste ribade lõikepunktina. Ribade otsad lükake tasapeegli alla.

Katse nr. 2. Peegeldumine sfääriliselt peeglilt.

Juhtige sfäärilisele nõguspeeglile kolm paralleelset

kiirt nii,et keskmine kiir läheks ketta diameetrit mööda.Fikseerige peafookuse asukoht ja kõverustsentri asukoht kettal värvilise kriidiga.

Näidake kiire käigu pööratavust.Teostage joonisel 3 näidatud katsed sfäärilise nõguspeegliga.

Näidake, et kumerpeegel alati hajutab kiiri.Fikseerige kumerpeegli peafookus.

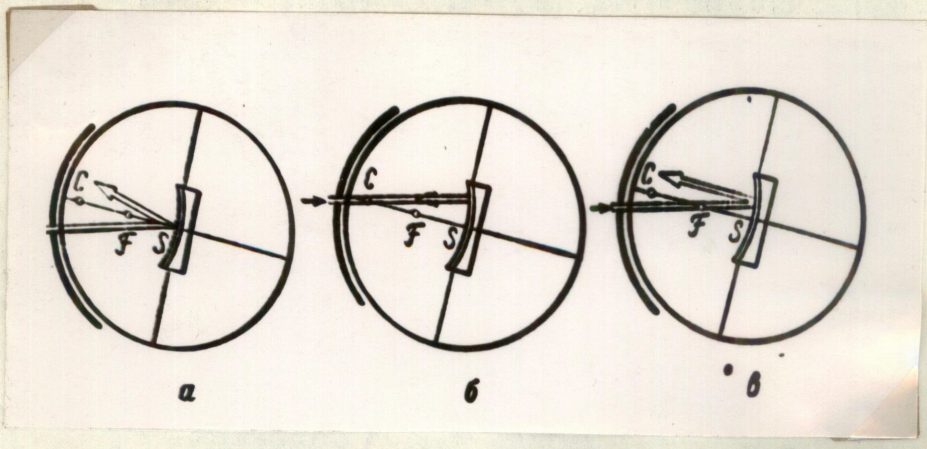
Katse nr. 3. Murdumisseaduse tuletamine optilise ketta abil.

Katsevahendid: optiline ketas, poolsilindrikujuline klaaskeha, kaarleeklamp.

Poolsilindrikujuline klaaskeha kinnitatakse optilise ketta tsentris. Tema tasapinnaline tahk olgu täpselt suunatud mööda ketta diameetrit ja keskpunkt langegu ketta diameetrite lõikepunkti. Juhtida üks valguskiir klaaskeha tsentrisse,klaaskeha pinnaga teatava nurga all. Muutes ketta pööramisel langemisnurka α ja vastavat murdumisnurka γ , järeldage murdumisseadus. Mõõtke nurgad 5^0 või 10^0 järel ja koostage tabel.

Langemisnurk α	Murdumisnurk γ	$\sin\alpha$	$\sin\gamma$	$n=\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$

Koostage graafik teljestikus $\sin\gamma$ (y-telg) ja $\sin\alpha$ (x-telg).Suhte $\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma}$ jäävuse ja graafiku põhjal järeldage murdumisseadus. Murdumisnäitaja on eelnimetatud teljestiku kujutatud sirge tõusunurga kootangens.



Joon.3. Kiirte peegeldumine nõguspeeglilt.

Katse nr. 4. Täieliku sisepeegelduse demonstratsioon optilise ketta abil .

Katsevahendid: optiline ketas,poolsilindrikujuline klaaskeha kaarleeklamp.

Asetage poolsilindrikujulise klaaskeha kumer tahk valguskiire poole (joon.4).Juhtige algul valguskiir selliselt nagu näidatud joonisel 4 a. Pöörake ketast 20°-30° võrra,valguskiir, väljudes klaasist õhku,murdub, kusjuures murdumisnurk on suurem langemisnurgast (joon. 4 b). Osa langevast valguskiirest peegeldub väikese heledusega kiirena.

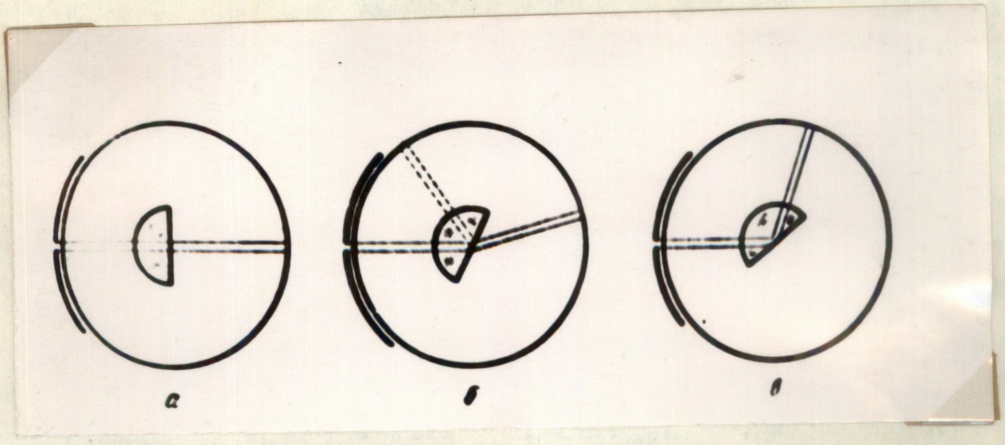
Edasisel ketta aeglasel pööramisel murdumisnurk läheneb 90°. Selle nurga saavutamisel kiir libiseb mööda klaaskeha tasast pinda. Kui ketast pöörata edasi,siis tekib täielik sisepeegeldus (joon 4 c). Valgus,langedes tasapinnalisele tahule, peegeldub täielikult ja ei murdu klaastahu vahepinnal. Jälgige peegeldunud kiire intensiivsuse märgatavat kasvamist täielikule sisepeegeldusele ülemineku. Määrake klaaskeha täieliku sisepeegelduse piirnurk.

Katse nr. 5. Valguskiire murdumine prismas.

Katsevahendid: optiline ketas,klaasist prisma,kaarleeklamp.

Näidake valguskiire murdumist prismas 60° nurkadega. Selleks kinnitage optilisele kettale kolmetahuline klaasprisma või trapetsikujuline klaaskeha nii, et tema põhiserv ulatuks üle ketta keskpunkti. Pöörake klaaskeha ja määrake kaldenurga δ minimaalne suurus.

Näidake ümberpöörava prisma põhimõtet,kasutades võrdhaarset täisnurkset prismat.



Joon. 4. Täieliku sisepeegelduse demonstratsioon optilise ketta abil.

Katse nr. 6. Valguskiirte läbimine läätsest.

Katsevahendid: optiline ketas, kaksikkumera ja kaksiknõgusa läätse klaasist mudelid, kaarleeklamp.

Kaksikkumer lääts kinnitada optilisele kettale nii, et läätse tsenter asuks ketta diameetrite lõikepunktis. Juhtida läätsele 5 valguskiirt, määrata läätse tagumine ja esimene fookus (pöörates ketast ümber telje).

Teostada järgmised katsed kaksikkumera läätsega:

1) valguskiired langevad paralleelselt läätse optilise teljega;

2) langevad kiired läbivad läätse eesmist fookust;

3) kiired langevad läätse optilisse tsentrisse mingi nurga all optilise telje suhtes.

Teostada sama laadi katsed ka kaksiknõgusa läätsega.

3. Katsed teema "Optilised instrumendid" alal.

Projektsiooniriistad.

Katse nr.1. Kondensor suurendab vaatevälja.

Katsevahendid: kaarleeklamp, kondensor, kumerlääts, ese, ekraan.

Süüdata kaarleeklamp, saada ekraanil eseme kujutis, kasutades kondensorit ja koondavat läätse. Seejärel eemaldada kondensor. Ekraanil on näha ainult osa eseme kujutisest. Teha järeldus ja anda põhjendus.

K a t s e i d A.I. G l a z ö r i n i r i i s t a g a.

A.I.Glazörini riist (joon.1) võimaldab teostada terve rea geomeetrilise optika katseid. Väga mugav on demonstreerida selle riista abil valguskiirte murdumist läätsedes (anda läät-

sede põhilised karakteristikud), prismades, näidata kiirte käiku optilistes instrumentides.

A.J.Glazõrini riist koosneb järgmistest tähtsamatest osadest (joon.1):

1) alus 1;

2) ekraan 4 ;

3) kilp 5 ;

4) sissemonteeritud peeglikesed 8 ;

5) piludes liikuvad siibrikesed 9 ;

6) liugur 10 ;

7) ekraanil olevad jaotised 11 .

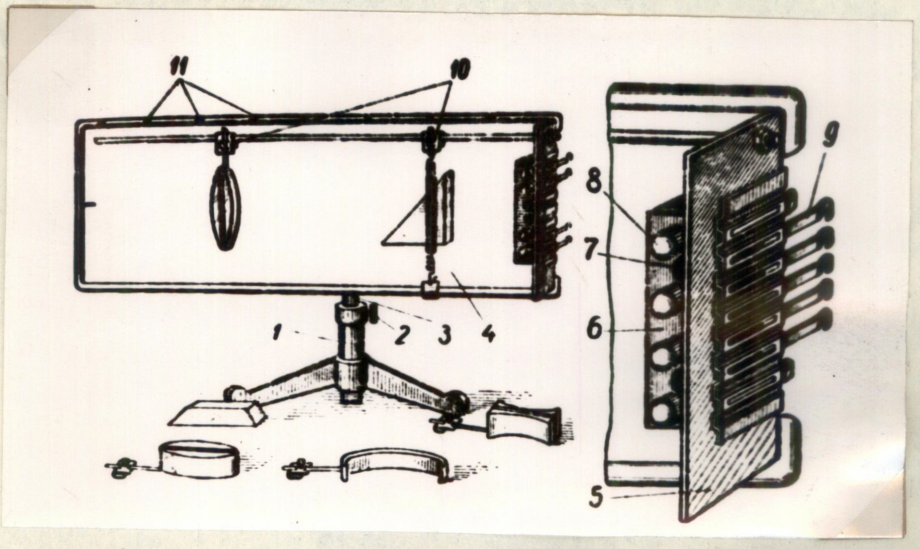
Seda riista on väga lihtne tööle rakendada.

Katse nr. 1. Valguskiirte läbiminek läätsedest.

Pöörates peegleid, saada viis paralleelset kiirt, mis langevad ekraanile liuguri külge kinnitatud läätsele. Kiired, läbinud koondava läätse, koonduvad ühes punktis - läätse peafookuses. Analoogiline katse teostada kaksiknõgusa läätsega.

Seejärel suunata läätsele ainult üks kiir äärmise peegli abil läbi läätse optilise keskpunkti. Sellega demonstreeritakse optilist telge ja läätse optilise keskpunkti omadusi.

Kahe keskmise peegli abil suunata kiired optilise peatelje ühte punkti ja liuguri abil paigutada koondav lääts selliselt, et peafookus langeks kokku selle "helenduva punktiga". Saadakse optilise peateljega paralleelsed kiired. Parema näitlikkuse saavutamiseks võib peeglitelt "helenduvasse punkti" langenud kiired kinni katta musta paberiga - mustal paberil ei ole kiired nähtavad.



Joon.1. A.I.Glazõrini riist.

Katse nr. 2. Eseme kujutise konstrueerimine.

Asetada valgusallika korpuse kaamerasse punane-kollane valgusfilter. Ekraanile kinnitada suur koondav läätс F=140 mm.

Avades keskmise pilu, saadakse ekraanile valge kiir, mis kujutab endast läätse optilist peatelge. Äärmise ülemise peegliga suunata punane kiir läätse optilisse tsentrisse - saadakse optiline telg. Teise ülemise peegliga suunatakse punane kiir paralleelselt optilise peateljega. Nende kiirte lõikepunkt A ongi "helenduvaks punktiks", mis asub optilisel teljel. Pärast läätse läbimist koonduvad need kiired punktis A_1, mis ongi punkti A kujutiseks.

Samuti toimitakse alumiste kollaste kiirtega, saades punktile B kujutise B_1.

Nihutades läätse ekraanil, on võimalik demonstreerida kiirte käiku kujutise ehitamisel esemest, mis asub läätsest mitmesugustel kaugustel.

Katse nr. 3. Kiirte käik Kepleri pikksilmas.

Kinnitada ekraanile kolmanda jaotise kohale objektiiviks kaksikkumer läätс F_1= 140 mm ja kuuendale jaotisele okulaariks läätс F_2= 70 mm. Äärmiste peeglitega juhtida valgusfiltrit läbinud valguskiired paralleelselt optilise peateljega läätsele, kahe keskmise peegliga aga läätse optilisse tsentrisse. "Ese" asub väljaspool ekraani.

Katse nr. 4. Kiirte käik Galilei pikksilmas.

Kasutada valgusfiltrit.

Asetada objektiiviks koondav läätс F_1 = 140 mm ekraani kolmandale jaotisele, okulaariks aga kaksiknõgus läätс F_2 = 70 mm

viiendale jaotisele.Kiirte suunad on samasugused, nagu Kepleri pikksilma puhulgi (vt. katse nr.3). "Ese" asub väljaspool ekraani.

Katse nr. 5. Kiirte käik mikroskoobis.

Asetada objektiiviks koondav lääts F_1 = 70 mm ekraani kolmandale jaotisele, okulaariks aga kaksikkumer lääts F_2=140 mm kuuendale jaotisele. Valgusfiltrit läbinud kiired suunatakse objektiivile nii : kahe keskmise peegli abil saadakse optilise peateljega paralleelsed kiired, kaks äärmist peeglit suunavad kiired objektiivi optilisse tsentrisse.

A.J.Glazõrini riista optilised detailid on valmistatud orgaanilisest klaasist. Nendega tuleb väga ettevaatlikult ümber käia, kuna nende poleeritud pinnad võivad kergesti riknеda. Piiritusega orgaanilist klaasi puhastada ei ole soovitav. Pindasid võib vajaduse korral poleerida spetsiaalse pastaga.

§ 4. Tööjuhendid füüsikalise optika alal.

1. Katsed teema "Valguse lainelised omadused" alal.

Valguse interferents.

Katse nr.1. Fresneli kaksikprisma.

Katsevahendid: optiline pink, kaarleeklamp, kondensor, kaksikumer läätS (f= 9 cm), aluselolev ekraan, valgusfiltrid, bensool, eeter, Fresneli kaksikprisma, muudetava laiusega pilu.

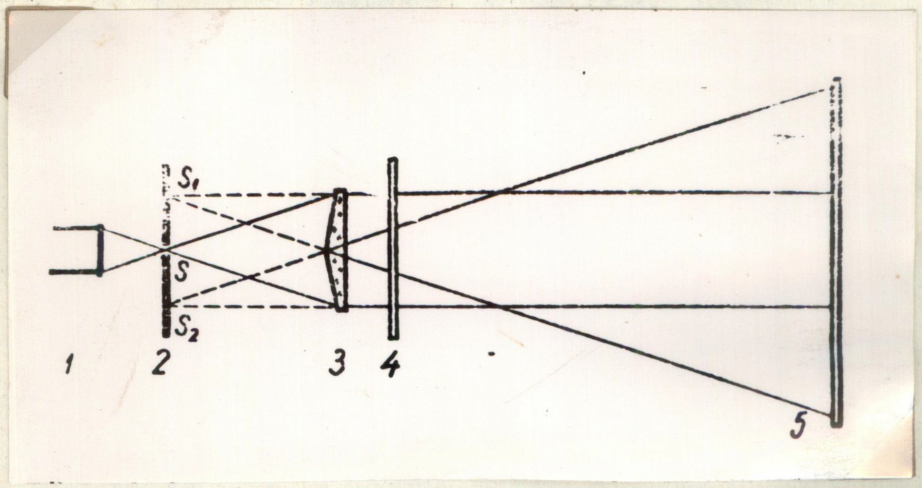
Katse eesmärk: vaadelda interferentsiribasid ekraanil.

Valguse interferentsi katse Fresneli peeglitega ei sobi demonstreerimiseks, sest interferentsiribad pole nähtavad kuigi kaugele. Paremaid tulemusi saab Fresneli kaksikprisma abil. Fresneli kaksikprisma moodustavad kaks väikese murdva nurgaga peegelklaasist prismat, mille alused on pandud kokku.

Võib teostada katse ka järgmiselt: kaksikprisma esitahk on risttahukakujulise küveti üheks püstseinaks. Küvett täidetakse bensooliga, millele lisatakse eetrit murdumisnäitaja suuruse muutmiseks. Sel viisil saab katseliselt leida antud kaksikprisma murdvale nurgale vastava lahuse, millega katse õnnestub kõige paremini.

Koostage katseseade joon.1 järgi, kasutades klaasist Fresneli kaksikprismat.

Vertikaalne pilu valgustatakse ühtlaselt kaarleeklambi kondensorist nii, et pilu oleks kaetud hõõgniidi kujutisega. Kaksikprisma asetage pilust umbes 20 cm kaugusele. Kaksikprismast umbes 1 m kaugusele asetage kiirtega risti ekraan. Seada



Joon.1. Valguse interferentsi demonstreerimise seadeldis Fresneli biprisma abil.

pilu hästi paralleelseks kaksikprisma murdva servaga nii, et murdva serva vari ekraanil paisataks sirglõiguna. Leidke pilu paras laius, mille juures interferentsribad on kõige paremini nähtavad (joon. 2½). Teravustada interferentspilt ekraanil. Hele keskmine riba on ümbritsetud tumedate ja heledate ribadega. Et interferentsribad näiksid laiematena, pöörake ekraan kiirte suhtes kaldu.

Ekraani pind peab olema tasapinnaline. Vastsel korral interferentsribad on kõverdatud.

Vaadelge valgusfiltrite mõju interferentspildile.

Katse nr. 2. Interferents seebikelmes.

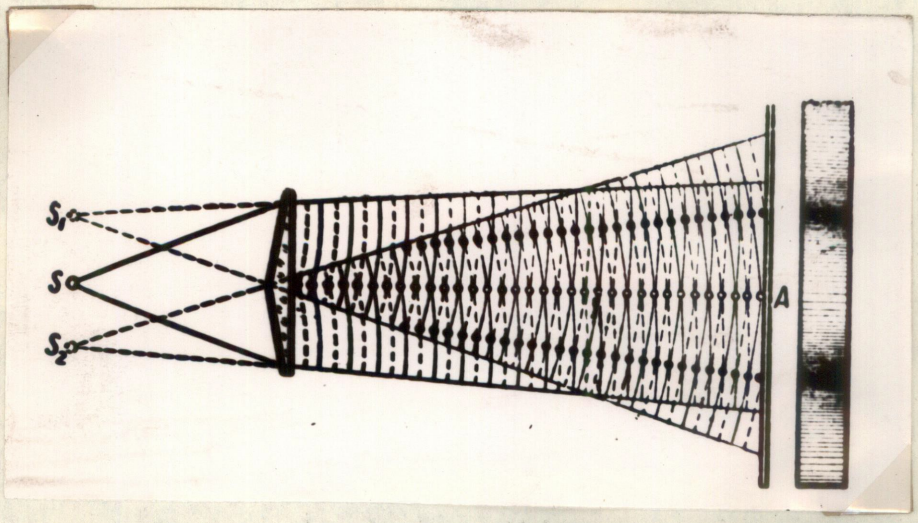
Katsevahendid: kristallisaator seebilahusega, rõnga- ja kolmnurgakujuline traadist kontuur, kummitoruga klaaslehter, kaarleeklamp, kumerlääts, valgusfiltrid, kaks statiivi.

Tekitage traadist kontuuril seebikelme, hoidke teda vertikaalselt ja vaadelge kaarleeklambi peegeldunud valguses. Vedeliku aeglasel allavalgumisel kelme paksus muutub ja seepärast muutuvad ka värvused kelmel. Vaadelge seebikelmet kollases peegeldunud valguses.

Puhuge lehtri abil välja suurem seebimull ja vaadelge teda kaarleeklambi valguses.

Vaadelge interferentspilti ekraanil, asetades kumerläätse kelmest peegeldunud valgusesse ja fokuseerides kelme pinna ekraanile. Kontuur kelmega, samuti ka lääts tuleb kinnitada statiividele. Asetage valgusfilter läätse järele kiirtekimbu kitsamasse kohta ning vaadelge interferentsipildi muutumist.

Vaadelge ekraanil seebimulli värvusi. Selleks kinnitage lehter seebimulliga 2-3 m kaugusele ekraanist ning valgustage



Joon.2. Fresneli biprisma interferentspilt.

3. 1. 2.
kaarlambist ilma kondensorita.

Kirjeldatud katsete kordaminek oleneb seebilahuse kvalitsedist ja osaliselt ka kontuuri traadi pinna omadustest. Katse eel tuleb kontuuri traat seebitükiga hästi läbi hõõruda.

Seebilahuse valmistamiseks lahustatakse 8 g lasteseepi 150 cm^3 soojas destilleeritud vees ja lisatakse 15 cm^3 glütseriini.

Katse nr. 3. Tselluloidist kelmed.

Katsevahendid: lai kristallisaator, tsapoonlakki, traati.

Interferentspilti saab näidata õhukestes tselluloidkelmetes samal viisl nagu seebikelmeteski. Tselluloidist kelmed on küllaltki vastupidavad ja neid on otstarbekohane valmistada tagavaraks. Tsapoonlaki valmistamiseks lahustatakse 1,5 g puhast kinofilmi 40 cm^3 atsetooni, 40 cm^3 amüülatsetaadi ja 10 cm^3 eetri segus. Kelme saamiseks lastakse mõni tilk seda lahust vee pinnale, mis on õhu kõrvaldamiseks hästi läbi keedetud, jahutatud ning valatud laia anumasse, läbimõõduga 20-30 cm. Veepinnal tekkinud kelme ei tohi ulatuda anuma seinteni. Kui lahustaja on välja auranud, viiake kelme alla traadist rõngas läbimõõduga 5-6 cm. Kelme tõstetakse veest välja, tema ääred vajutatakse rõnga külge ning kuivatatakse.

Katse nr. 4. Interferents õli ja tärpentiini segu õhukeses kihis.

Katsevahendid: suur musta põhjaga veevann, kaarleeklamp, tärpentiin, klaaspulgake, ekraan. statiiv.

Statiivile kinnitatud kondensorita kaarlambist tulev

valguskiirte kimp juhtida vannis olevale vee pinnale kaldu nii, et peegeldunud valgus langeks ekraanile. Klaaspulgakese abil tilgutage veepinnale õli. Kui õli laialivalgumisel tekkinud kelme annab valge pildi, tilgutage juurde, kuni ekraanile tekivad eredad värvused. Katse kordamisel tuleb vann hästi loputada ja võtta värske vesi.

Häid kelmeid veepinnal annavad vaseliinõli ja kerged määrdeõlid, segatuna tärpentiiniga.

Katseseadme II variant.

Katsevahendid: kristallisaator läbimõõduga umbes 10 cm, kondensoriga kaarleeklamp, kumerlääts fookusekaugusega 15- 20 cm, ekraan, tärpentiini, klaaspulgake, must paber, statiiv.

Valage vett kristallisaatorisse, mille põhja asetage must paber segava peegelduse vältimiseks. Juhtige kaarleeklambist väljunud kergelt koonduv kiirtekimp tasapeegli abil umbes 45° nurga all kaldu veepinnale. Kumerläätse abil projitseerige veepind ekraanile. Fokuseerimiseks asetage veepinnale paberitükike või tuletikk. Edasine katsekäik nagu I variandis.

Katse nr. 5. Newtoni rõngad läbinud ja peegeldunud valguses.

Katsevahendid: seadis Newtoni rõngaste tekitamiseks, kaks koondavat läätse, tasapeegel, kaarleeklamp, valgusfiltrid, ekraan, kaks statiivi.

Seadeldisele Newtoni rõngaste tekitamiseks juhitakse nõrgalt koonduv valguskiirte kimp nii, et kimbu läbimõõt poleks suurem seadeldise läbimõõdust. Seadeldis Newtoni rõngaste tekitamiseks paigutada ca 45° nurga all valguskiirte kimbuga, et saada ka vertikaalsuunas peegeldunud kiirtekimp. Seadel-

dist läbinud kiired koonduvad projekteerival läätsel või objektiivil, mis annab ekraanile kujutise. Teine lääts annab Newtoni rõngaste kujutise peegeldunud valguses horisontaalsele ekraanile. Kui kasutada tasapeeglit, siis võib saada mõlemad kujutised ühele ja samale ekraanile kõrvuti. Reguleerimiskruvide abil võib seadeldise klaasplaate rohkem või vähem kokku suruda, kusjuures muutub Newtoni rõngaste suurus ja kuju.

Katse nr. 6. Interferents žiletiteral.

Katsevahendid: žiletitera, statiiv, gaasipõleti.

Kinnitada žiletitera statiivile ja kuumutada gaasipõletiga. Pärast kuumutamist 220°C kuni 420°C terasesemed omavad kahvatukollast (kuni 220°C), kuldkollast (245°C), purpurset (250°C), violetset (265°C), tume-purpurset (280°C), ~~violetset (265°C), tume-purpurset (280°C)~~, helesinist (300°C), sinist (315°C) ja musta (420°C) värvust. Klassi tingimustes toimub kuumutamine ebaühtlaselt; seepärast värvuvad žiletitera erinevad osad erinevalt. Neid värvusi saab seltada valguse interferentsiga erakordselt õhukeses raua oksüüdi kelmes žiletitera pinnal. Oksüüdi kiht tekib kuumutamisel. Nende värvide järele määrataksegi tööstuses teraddetailide temperatuuri.

Katse nr. 7. Interferents peegeldunud valguses.

Katsevahendid: kaks klaasplaati, pabeririba, statiiv, gaasipõleti, tükk asbesti, keedusoola lahu, traati.

Asetada kahe klaasplaadi äärte vahele õhuke pabeririba nii, et plaatide vahel moodustub kitsas õhukiil. Gaasipõleti leeki viia keedusoola lahuses niisutatud asbestitükk. Kinnitada klaasplaadid statiivile ja anda neile selline kalle, et nendel

oleks näha gaasipõleti leegi peegeldus. Vaadelda tumedaid interferentsribasid klaasi pinnalt peegelduval leegil.

Katse nr. 8. Interferents kiiresti aurustuva vedeliku kelmelt.

Katsevahendid: optiline pink, kaarleeklamp,kondensor, peegelpinnaga klaasplaat, vatti,bensiini.

Niisutada vatti bensiinis ning kanda klaasplaadi peegelpinnale vati abil õhuke bensiinikiht. Süüdata kaarleeklamp ja juhtida valguskiirte kimp klaasplaadile. Vedeliku aurumisel selle pinnalt peegeldunud valguses on näha muutuv interferentspilt.

Valguse difraktsioon.

Katse nr.9. Difraktsioon kitsa pilu korral paralleelses kiirtekimbus.

Katsevahendid: optiline pink, kaarleeklamp, kondensor, kaks muudetava laiusega pilu, kaksikkumer lääts (f= 9 cm), väike ekraan alusel.

Optilise pingi ühte otsa paigutatakse kaarleeklamp ja selle ette kondensor. Vahetult kondensori ette paigutada pilu,mis täidab katses valgusallika osa. Seda pilu peab katma kondensori poolt tekitatud kaarleegi kujutis. Pilu laiuseks katse seadmisel võtta 1,5-2 mm .Teine pilu asetada 25 cm kaugusele paralleelselt esimese piluga. Teise pilu ääred peavad olema võimalikult täpselt paralleelsed. Nende ette paigutada umbes 15 cm kaugusele kaksikumer lääts (f= 9 cm) ja teravustada pilt ekraanile.

Difraktsioonipilti on sobiv vaadata väikesel ekraanil,mis

~~mis~~ on pööratud langevate kiirte suhtes tugevasti kaldu.

Kui teine pilu teha väga kitsaks, siis tekib ekraanil hele riba, millest mõlemal pool asuvad kitsad värvilised difraktsiooniribad, mis on nähtavad ainult lähedalt (joon.3). Monokromaatses valguses on ühe pilu difraktsioonipildiks lai hele riba keskel, mis on ümbritsetud tumedate ja heledate ribadega.

Pilu laiendamisel värvilised ribad nõrgenevad ja väga laia pilu puhul tekib pilu servade difraktsioonipilt, mille värvid on vastupidises järjekorras võrreldes eelneva difraktsioonipildiga.

Katse nr.10. Difraktsioon peenikese tõkke korral.

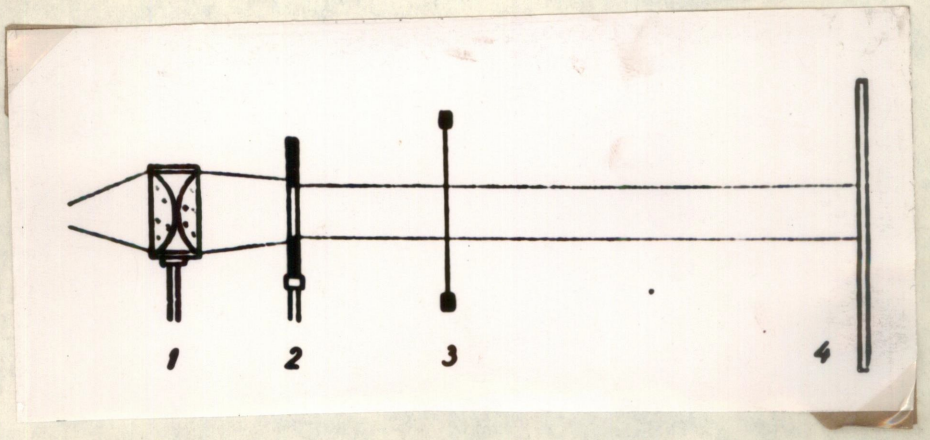
Katsevahendid: raamile tõmmatud peenike traat läbimõõduga 0,1-0,2 mm, muudetava laiusega piluga diafrafma, kaarleeklamp, kondensor, optiline pink, ekraan, kaksikkumer lääts (f = 9 cm.) .

Diafragma 2 asetage optilisel pingil nii, et kondensori 1 poolt tekitatud kaarleegi kujutis täiesti kataks pilu (joon. 4). Pilu laiuseks võtta 1,5 - 2 mm. Pilust 20-25 cm kaugusele asetada raam vertikaalse peenikese traadiga 3 ja selle ette umbes 15 cm kaugusele kaksikkumer lääts (f= 9 cm). Pilu ja peenike traat peavad olema paralleelsed ja asuma risti kondensori optilise teljega. Peenikesest traadist umbes ühe meetri kaugusele asetatud kaldekraanile tekitada difraktsioonipilt, vähendades pilu laiust umbes 0,2 mm-le.

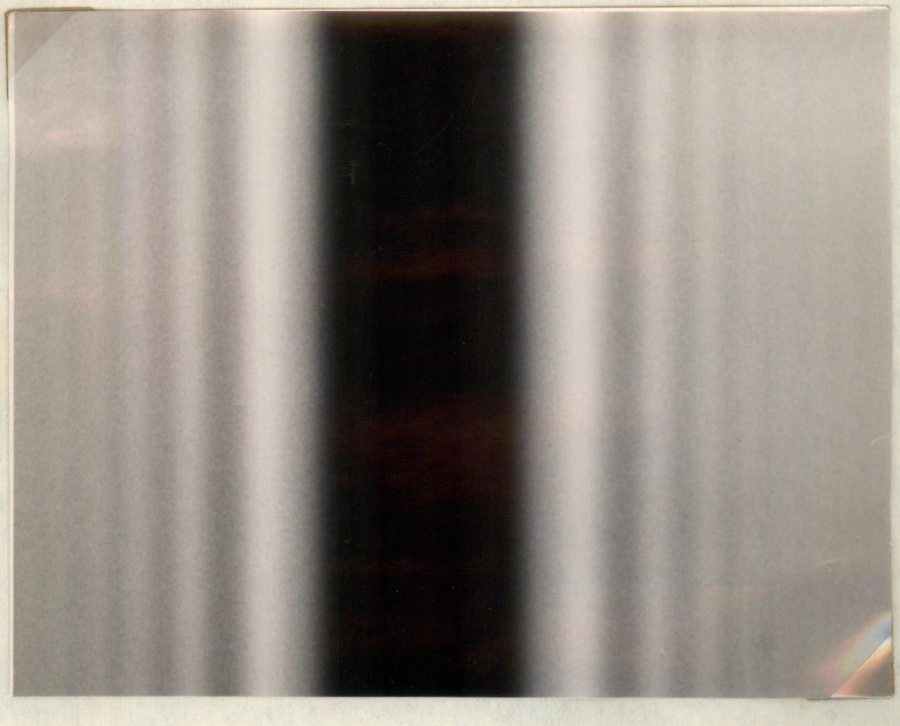
Joonistel 5 ja 6 on difraktsioonipildid nõelast. Joonisel 7 on difraktsioonipilt traatrõnga puhul .



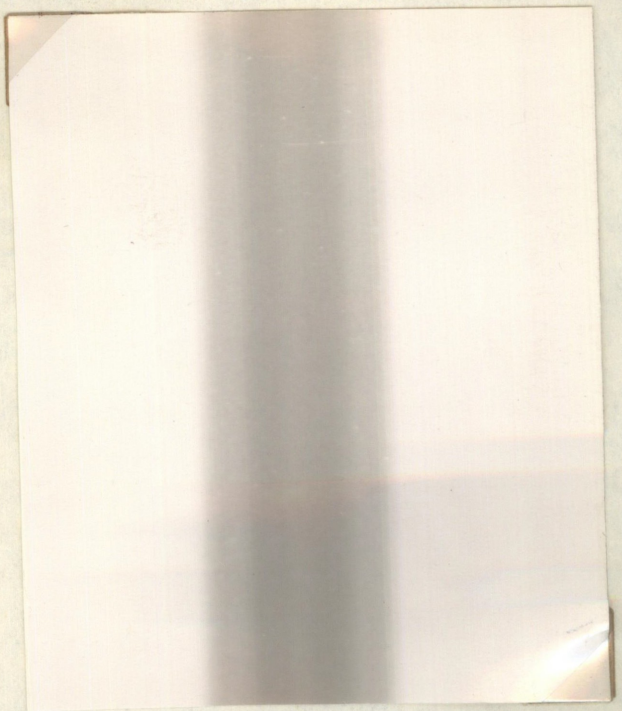
Joon.3. Difraktsioon pilust
(suurendus 10 korda) .



Joon.4. Katseseadme skeem valguse difraktsiooni vaatlemiseks peenikese tõkke korral.



Joon.5. Difraktsioon nõelast
(suurendus 8 korda) .



Joon.6. Difraktsioon nõelast .(Näha on jooned nõela varju piirkonnas; suurendus 8 korda).



Joon.7. Difraktsioon traatrõngast (suurendus 5 korda).

Katse nr. 11. Difraktsioonispekter.

Katsevahendid: difraktsioonivõre,optiline pink,kaarleeklamp, muudetava laiusega pilu,kaksikkumer lääts (f=30 cm), ekraan, valgusfiltrid.

Süüdata kaarleeklamp, asetanud selle optilise pingi ühte otsa. Kondensor asetada otse kaarleeklambi ette ja seejärel kondensori ette muudetava laiusega pilu. Kaksikkumera läätse abil teravustatakse selle pilu kujutis ekraanil. Difraktsioonvõre asetada kas vahetult läätse ette või taha. Mõlemal juhul saadakse ekraanil pilu teravast kujutisest mõlemal pool asetsevad eredad spektrite ribad- pilu värvilised kujutised. Värviliste ribade asukohad määrab ära võrekonstant ja valguse lainepikkus. Viimase olenevuse vaatlemiseks asetada kiirtekimpu kaks erineva värvusega valgusfiltrit nii, et üks filter kataks ühe poole pilust, teine teise poole. Sel juhul tekib ekraanil kaks eri värvusega ribade süsteemi. Jälgida,millise värvusega kiired kalduvad rohkem kõrvale. Pöörata tähelepanu erinevate spektrijärkude asetusele üksteise suhtes.

2. Katsed teema "Valguse kvandilised omadused" alal.

Fotoefekti rakendamise suur tähtsus teaduses ja tehnikas nõuab selle nähtuse uurimist keskkoolis ja järgmiste küsimuste käsitlemist: fotoefekti olemus, fotoefekti põhilised seadused, mitmet süsteemi fotoelementide ehitus ja töö põhimõte ning fotoelemendi rakendamine fotoreleedes.

Harilikult fotoefekti demonstreeritakse elektrikaarlambi ja elektroskoobile paigutatud tsinkplaadi abil.Elektrikaare

ultravioletsest kiirgusest piisab fotoefekti esilekutsumiseks vaid tsingis, kuna teiste metallide puhul on vaja intensiivsemat kiirgust. Ultravioletse kiirguse intensiivsust saab tõsta, kui vertikaalselt paigutatavasse söepulka on puuritud mõne millimeetrilise diameetriga 15-mm sügavune auk, millesse paigutatakse alumiiniumist traat. Põledes alumiinium annab intensiivset ultravioletset kiirgust. Tuleb arvestada, et sellise kombineeritud söe lühenemisel ärapõlemise tõttu ja leegi kustumisel on raskendatud leegi uuesti süütamine. Süütamist saab teostada kolmanda söe-elektroodi abil.

Elektrikaarega töötamisel on vaja kaitsta silmi paksude värvilisest klaasist ekraanidega.

Fotoelektriline efekt. Fotoelemendid. Luminestsents.

Katse nr.1. Fotoelektrilise efekti olemasolu demonstreerimine tsinkplaadil.

Katsevahendid: kaarleeklamp ilma optikata, elektromeetrile kinnitatud tsinkplaat, kaitseklaas.

Kinnitage elektromeetrile selle kuulikese asemel amalgameeritud tsinkplaat. Kaugusele 30-40 cm tsinkplaadist asetage kaarleeklamp ilma optikata.

Andke tsinkplaadile elektriseeritud klaaspulga abil positiivne laeng ja valgustage plaati kaarleeklambi valgusega. Tehke sama katse eboniitpulga abil elektromeetrile antud negatiivse laengu puhul. Märkige laengu kao aeg. Millega on seletatav see, et elektromeetri osuti näit väheneb vaid negatiivselt laetud tsinkplaadi puhul? Millist järeldust saab teha sellest katsest?

Paigutage negatiivselt laetud tsinkplaadi ja kaarleeklambi vahele tavaline, umbes 3 mm -paksune klaasplaat ja valgustage tsinkplaati läbi klaasplaadi. Millise järelduse saate teha sellest katsest?

Asendage tsinkplaat vaskplaadiga ja näidake, et sel puhul efekt puudub.

Katse nr. 2. Fototakisti (seesmine fotoefekt) demonstreerimine.

Katsevahendid: fototakisti Ф C-Kl, traadist takisti, elektrilamp 75-100 W, akupatarei 4-6 V, lükatreostaat (40 oomi, 2 A), demonstratsiooni ampermeeter (galvanomeeter), lüliti.

Eelnevalt näidake, et traadist takisti takistus ei muutu temale elektrilambist langeva valguse toimel. Selleks koostage vooluahel, milles akupatareiga on järjestikku lülitatud traadist takisti, lükatreostaat, demonstratsiooniampermeeter ja lüliti. Näidake, et voolutugevus ei muutu traadist takisti valgustamisel elektrilambi valgusega.

Asendage traadist takisti fototakistiga ja lülige ampermeeter galvanomeetrina (või kasutage mikroampermeetrit). Näidake, et fototakisti takistus muutub temale langeva valguse toimel. Muutke elektrilambi kaugust fototakistist ja näidake voolutugevuse sõltuvust lambi kaugusest.

Katse nr. 3. Seleentõkkekiht-fotoelemendi demonstreerimine.

Katsevahendid: seleentõkkekihtfotoelement, elektrilamp 75-100 W.

Kinnitage fotoelement statiivi külge, varjake ta kattega ja ühendage tema klemmid demonstratsioonigalvanomeetri klemmidega. Paigutage 50 cm kaugusele elektrilamp, võtke ette

~~ette~~vaatlikult ära fotoelemendi kate ning jälgige, et galvanomeetri osuti ei välju skaalast. Lähendage või kaugendage fotoelemendist lampi ja näidake, et vool tekib ilma välise pingeallikata ainult fotoelemendile langeva valgusvoo toimel.

Asetage lambi ja fotoelemendi vahele värvilised klaasid ja näidake fotoefekti sõltuvust valguse spektraalsest koosseisust.

Katse nr. 4. Fotorelee demonstreerimine.

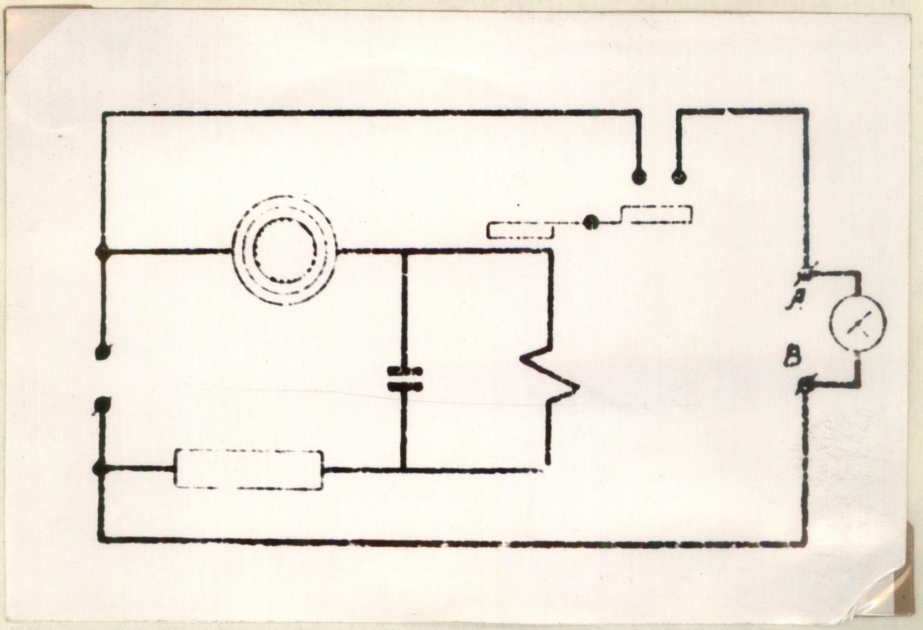
Katsevahendid: fotorelee paneelil, elektrilamp 15-20 W, elektrilamp 75-100 W või projektsioonlatern.

Fotorelee on monteeritud vertikaalsele paneelile ja tema elemendid on näidatud skeemis joonisel 1.

Relee lülitamisel valgustusvoolu võrku pingel 220 V ja fototakisti valgustamisel vool läbib seleenalaldit, elektromagnetilise relee mähist ja fototakistit. Sealjuures relee ankur tõmbub külge ja suleb kontakti, mis automaatselt lülitab vooluringi elektriseadme, mille võimsus ei ületa 50 W (sellele võimsusele on arvestatud relee kontaktid).

Katse teostame järgmiselt. Koormustakistuseks paneme 15-20 W võimsusega (aga mitte üle 50 W) elektrilambi. Relee sisendi klemmid ühendame valgustusvõrguga pingel 220 V .

Valgustame fototakistit elektrilambiga või, veel parem, projektsioonaparaadi valguskiirega, milleks paigutame aparaadi kondensorile mustast fotopaberist katte väikese avaga ja suuname kondensori kiirtekimbu fookuse fototakistile. Katkestades lambi valgusvoogu käega, lülib fotorelee välja koor-



Joon.1. Fotorelee põhimõtteline skeem.

musklemmidele lülitatud lambi või lastes valgusvoo uuesti langeda fototakistile, lamp süttib.

Kui mõne katse puhul valgusvoo langemise lakkamine fototakistile ei katkesta koormusvooluringi, siis tuleb fototakistile hetkeks ette panna pimendav kate.

Seadmeid tuleb hoida kuivas ruumis, kuna liigse niiskuse puhul fototakisti rikneb.

Katse nr. 5. Luminiatsentsnähtuste demonstreerimine.

Luminiatsentsnähtuste demonstreerimiseks kasutame:

1) spektraaltorusid (heelium,vesinik,neoon jne.), ühendades need sädeinduktoriga;

2) luminestseeruvate vedelikkudega täidetud katseklaase või kolbe (eosiin, fluoresseiin,rodamiin,trafoõli, klorofüllilahus,petrooleum jne.), valgustades neid ultravioletlambiga ;

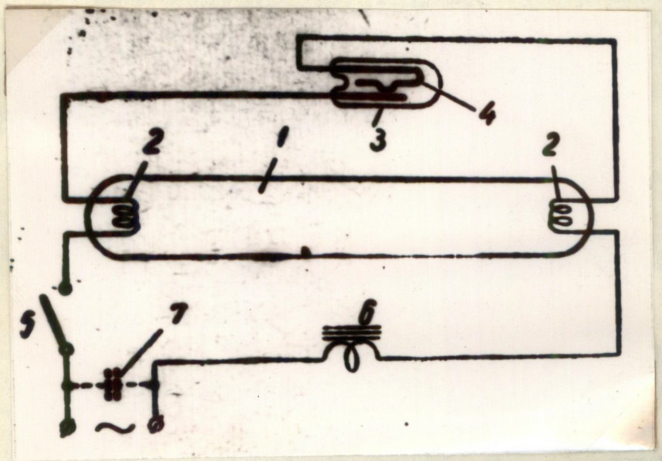
3) fosforestseeruvaid paberiribasid või pulgakesi, valgustades neid ultraviolettlambiga ja kustutades selle järel ruumis valguse. Luminofooridega immutatud paberiribad või pulgakesed helenduvad pimedas.

Katse nr. 6. Luminestsentslambi lülitamine.

Katsevahendid: luminestsentslamp,starter,lüliti,drossel, kondensaator, ühendusjuhtmed.

Teostada ühendused joonisel 2 antud skeemi kohaselt ja seletada luminestsentslambi lülitamist elektrivõrku.

Lambi 1 süütamiseks on tarvis ajada hõõgvõle elektroodid 2. Lambiga paralleelselt on ühendatud starter 3 - neooniga täidetud huumlamp. Starteris üheks elektroodiks on bimetallplaat 4.



Joon. 2. Luminestsentslambi elektrivõrku lülitamise skeem.

Kui sulgeda lüliti 5, siis moodustub starteris elektriväli, mis kutsub esile huumlahenduse. Neoon seejuures kuumeneb,aga bimetallplaat, köverdudes,suleb ahela läbi lambi elektroodide. Starteri süttimise potentsiaal on madalam lambi süttimise potentsiaalist külmade elektroodide puhul.Seepärast süttib starter enne lampi.

Lambi elektroodid kuumenevad kuni 850-900°C ja ,tänu elektronide suurele emissioonile,toimub lahendus torus leiduvates elavhõbeda aurudes. Selle aja jooksul bimetallplaat jahtub ja lülitab starteri välja. Omainduktsiooni tulemusena drosseli 6 mähises tekib pingeimpulss,mis on küllaldane lambi süütamiseks. Lambi elektroodide temperatuur säilub elektroodide pommitamise tõttu ioonide poolt.

Pärast lambi süttimist lamp põleb normaalsel pingel,mis on madalam starteri süttimispingest. Seejärel starter ei lülitugi enam sisse. Drosseli ülesandeks on nüüd piirata pinget lambil. Kondensaator 7 vähendab voolu ja pinge vahelist faasinihet,mille tingib drosseli induktiivsus.

Valguse keemiline mõju.

Katse nr. 7 . Valguse mõju fotopaberile.

Katsevahendid: fotopaber,ilmuti,mustast paberist kujud.

Asetada fotopaberile mustast paberist välja lõigatud kujukesed ja hoida tugevas valguses või päikesekiirte käes.Mõne

minuti pärast on näha mustast paberist kujukeste jäljed fotopaberil. Katmata fotopaberi värvus on muutunud. Järelikult avaldab valgus keemilist mõju. Kui enne valgustamist niisutada fotopaberit ilmutis, siis teostub katse kiiremini.

3. Katsed teema "Valguse dispersioon ja spektrid" alal.

Valguse dispersioon.

Katse nr. 1. Spektri tekitamine prisma abil. Valguse süntees.

Katsevahendid: kaarleeklamp, muudetava laiusega pilu, kumerlääts, klaasprisma, omavalmistatud veeprisma, silindriline või kaksikkumer lääts (f= 20 cm), ekraan alusel .

Optilise pingi ühte otsa paigutatakse kaarleeklamp ja selle ette kondensor. Kondensori ette 40 cm kaugusele paigutatakse akromaatiline lääts nii, et kondensori poolt tekitatud kaarleeklambi horisontaalse söe kujutis ühtiks läätse optilise tsentriga. Kondensori ja läätse vahele asetatakse reguleeritava laiusega piluga (algul 2-3 mm) varustatud diafragma. Diafragma pilu peab asetama vertikaalselt. Diafragmat nihutatakse mööda optilist pinki seni, kuni saadakse pilu terav kujutis läätsest 2-3 m kaugusel asuval ekraanil (või seinal), s.o. samal kaugusel, millel asub ekraan, kuhu prisma abil kavatsetakse projektida spekter.

Vahetult läätse taha, s.o. läätse läbinud valguskiirte kimbu teele paigutatakse vastaval alusel akromaatiline prisma. Valguskiirte kimp, murdunud prismas, kaldub kõrvale ja

tekitab ekraanil spektri (joon.1).Prisma pööramisel spektri kujutis ekraanil nihkub prismat läbinud kiirte kaldenurga muutumise tõttu. Valige alguses prismale asend, milles see kaldenurk oleks minimaalne, s.o. prisma pööramisel ühele või teisele poole spektri kujutis nihkub ainult ühes suunas.Seejärel pöörake prismat nii, et kogu spekter,eriti selle violetne osa märgatavalt pikeneb.

Spektri värvide kontrastsus saavutatakse diafragma pilu laiuse muutmise kaudu. Laiema pilu korral spektri värvid on heledamad, kuid vähem kontrastsed laiemate värviliste pilukujutiste omavahelise kattumise tõttu. Ekraanil saadud spektri kujutis rahuldab nõudeid ainult siis, kui spekter on ülevalt ja alt piiratud teravate mustade kontuurjoontega.

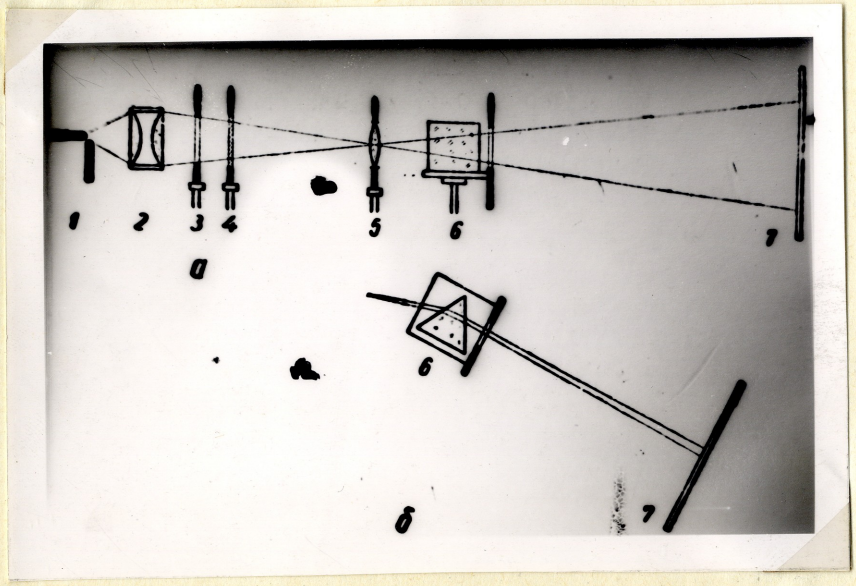
Prismast väljuvate värviliste kiirte koondamiseks asetage nende teele silindriline või sfääriline kumerlääts, nii et ekraanil tekiks pilu valge kujutis.

On otstarbekohane vaadelda rida spektreid,mis on saadud erinevatest klaasidest (kroonklaas,flintklaas) prismadega või omavalmistatud klaasist seintega prismaga, milles on vesi.

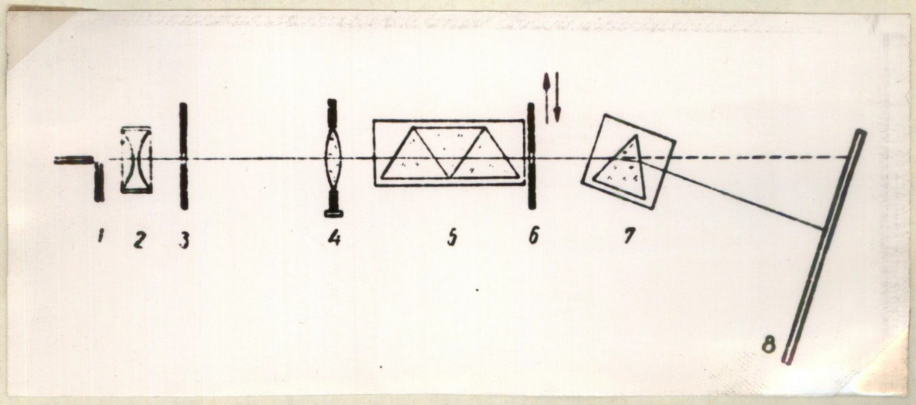
Katse nr. 2. Spektrivärv ei lagune prismast läbiminekul.

Katsevahendid (joon.2) : kaarleeklamp 1, kondensor 2, kaks muudetava laiusega pilu 3 ja 6, objektiiv 4. prisma 5 , prisma 7, ekraan 8.

Prisma 5 abil tekitada ekraanile pidev spekter. Diafragma 6 abil eraldada spektrist kitsas riba, näiteks roheline



Joon.1 . Spektri tekitamine prisma abil.



Joon. 2. "Homogeense" valguskiirte kimbu saamise katseseadme skeem.

(joon.2). Rohelise kiirtekimbu teele asetada teine prisma 7, mis murrab kiiri,kuid ei muuda nende värvust. Paigutades diafragmat 6 spektris ümber, võib eraldada välja mõne teise spektri piirkonna ja teostada analoogiline katse.

Katse nr. 3. Valguse süntees.

Katsevahendid: ketas seitset erinevat värvi sektoriteg, tsentrifugaalmasin, kaarleeklamp,prisma,peeglite komplekt, ekraan.

a) Kinnitada ketas tsentrifugaalmasinale ja panna pöörlema. Ketta värvilised sektorid on sellise suurusega, et pöörlemisel tekib valge valgus.

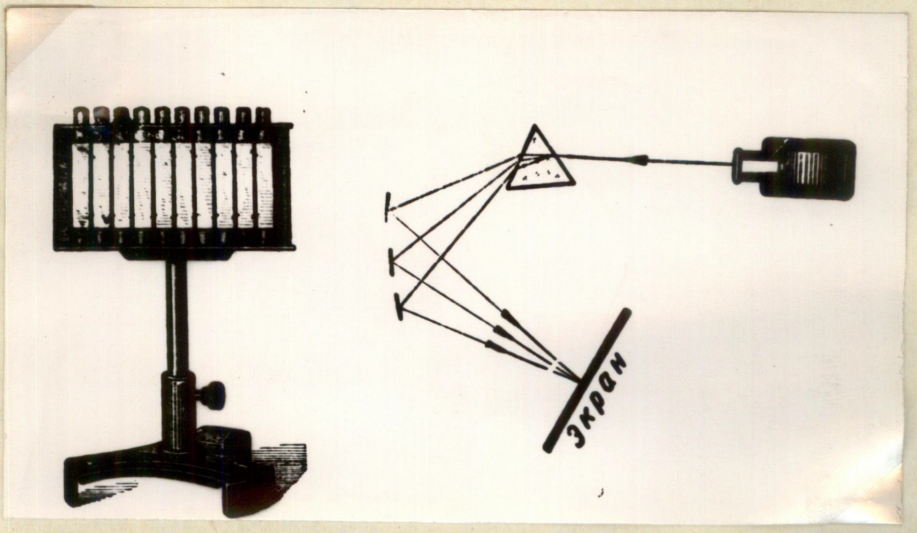
b) Suunata peeglite komplektile pidev spekter (joon.3). Pöörata peegleid nii, et nad koondaksid kõik spektrivärvid ekraanile ühte kohta. Ekraanil on näha valge riba.

Katse nr. 4. Täiendvärvuste demonstreerimine.

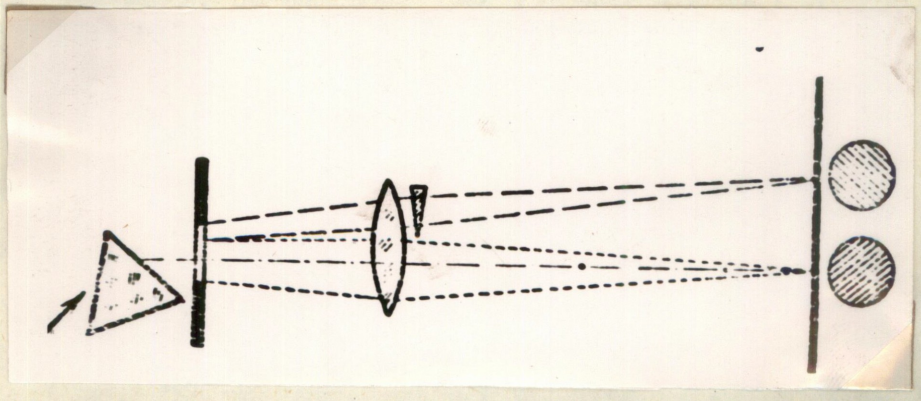
Katsevahendid: kaarleeklamp, kondensor, diafragma muudetava laiusega piluga, akromaatiline lääts (f = 13 cm), flintklaasist prisma,mille ühele tahule on kleebitud elliptiline diafragma, statiivi külge kinnitatud väikese murdva nurgaga (10° -20°) prisma, suur kaksikkumer lääts (f= 20 cm) .

Katse nr.1 juhiste järgi tekitage ekraanil pidev spekter. Ainsaks erinevuseks on see, et kasutatava prisma üks tahk, mis on pööratud kaarleeklambi poole, on kaetud elliptilise diafragmaga (joon.4).

Prisma ja ekraani vahele asetage valgusvoogu teine kumerlääts (f = 20 cm) nii,et ekraanil tekiks elliptilise diafragma ava valge kujutis, mis kiirte murdumise tõttu on



Joon.3. Katseseadme skeem valguse sünteesiks.



Joon.4. Tüiendvärvuste demonstreerimine.

ringikujuline.

Eelkirjeldatud pilti ekraanil saab tekitada ka ilma elliptilise diafragmata prisma abil,kui vahetult prisma taha paigutada ringavaga ja muudetava diameetriga iirisdiafragma,mille käsitlemine on aga veidi raskem võrreldes elliptilise diafragmaga.

Kui seadise osad on asetatud täpselt õigele kohale,võtke piludiafragma ära,kuna pilul on ainult abistav osa spektri kujutise saamisel.Selle läbi suureneb elliptilise diafragma kujutise heledus ekraanil. Läätse pööramisega vertikaaltelje ümber kaotage selle kujutise värvilised ääred,kui need on olemas. Kui teist läätse läbinud värvilise kiirte kimbu sisse läätse lähedal nihutada servapidi papitükk, nii et ta katab ühe spektrivärvi, siis sel juhul tekib ekraanil värviline ring,mille värvus on papitüki poolt varjatud värvuse täiendvärvuseks.

Veel huvitavam on katse, kui statiivi külge kinnitatud väikese murdva nurgaga prisma abil kallutada kõrvale osa värvilisi kiiri: selleks nihutada prisma murduv serv teise läätse läheduses värvilise kiirtekimbu sisse (joon.4).Teha seda kord ühelt, kord teiselt poolt kiirte kimpu.

Kui kallutav prisma on küllalt väikese murdva nurgaga (selleks võib kasutada ka vana peegli poleeritud serva killu), siis saab prismat veidi pöörates tekitada prisma poolt kallutatud kiirte ja läätse läbinud kiirte poolt tekitatd ringikujulise pindade osalist kattumist. Kumbki ringikujuline pind paistab vastavates täiendvärvides, ent nende

läätsekujuline kattumise koht on valge. See katse on väga efektne, ent tema läbiviimine nõuab hoolikat harjutamist.

Spektri nähtamatud piirkonnad.

Katse nr. 5. Spektri ultravioletse piirkonna ilmestamine.

Katsevahendid: kaarleeklamp, kondensor, diafragma, prisma, ekraan, röntgeni ekraan, fotorakk, takisti, mikroampermeeter, voolualliKas.

Spektri ultravioletse osa demonstreerimiseks on vajalik suure intensiivsusega spektri~~t~~. Katse teostatakse täielikult pimendatud ruumis. Kaarleeklambi valgustugevust suurendatakse voolutugevuse suurenemise kaudu. Kondensorile eelneva diafragma pilu peab olema küllalt lai ja ekraan paigutatakse prismale lähemale nii, et nähtava spektri pikkus ei oleks üle 25 cm. Spektri nähtava violetse piirkonna kõrvale paigutatakse fluorestseeruv röntgeni ekraan või valmistatakse vastava fosforestseeruva seguga (ZnS aktiveeritud Cu ja Co) kaetud pikk ekraan ning jälgitakse selle helendumist. Pärast mõneminutilist spektri kiirguse toimet ekraanile kustutatakse kaarleeklamp ning jälgitakse ekraani järelhelendust.

Spektri ultravioletset osa saab ilmestada ka gaasitäitega fotoraku abil, mis on lülitatud üle kõrgeoomilise takisti ja mikroampermeetri (100 μA) alalisvoolu allikka (pinge 100V) klemmidele. Fotorakk paigutatakse väikese ekraani avasse, mille mõõtmed vastavad fotoraku valgustundliku pindala suurusele. Fotorakku võib kinnitada ekraani külge leukoplasti ribade abil. Nihutades fotorakku spektri ultravioletses piirkonnas, jälgi-

takse mõõduriista osuti hälvet.

Katse nr. 6. Spektri infrapunase piirkonna ilmestamine.

Katseseade sama, milline on kirjeldatud katse nr. 5 puhul.

a) Infrapunase piirkonna ilmestamine fosforestsentsi kustumise kaudu.

Katse tugineb infrapunaste kiirte omadusele kustutada fosforeseeruva ekraani helendumine. Fosforestseeruva seguga kaetud pikka ekraani valgustatakse tugevasti ja paigutatakse selle järel nähtava spektri ja spektri infrapunasesse piirkonda. Mõne aja pärast kustub helendumine spektri punases ja infrapunases piirkonnas, kuna ülejäänud osas helendumine säilib.

b) Infrapunase piirkonna ilmestamine fotoraku abil.

Selle katse puhul kasutatakse infrapunastele kiirtele tundlikku fotorakku, mis kinnitatakse valge ekraani külge ja lülitatakse mikroampermeetriga järjestikku vooluringi, nagu on kirjeldatud katse nr. 5 puhul. Fotorakk nihutatakse üle spektri nähtava ja infrapunase piirkonna ja võrreldakse mikroampermeetri lugemeid.

c) Infrapunase piirkonna ilmestamine termosamba abil.

Tundlik termosammas ühendatakse peegelgalvanomeetriga. Termosammas nihutatakse aeglaselt üle kogu nähtava spektri ja üle selle raja infrapunase spektri piirkonda. Galvanomeetri valguslaigu hälve spektri infrapunases piirkonnas veidi kasvab võrreldes hälvega spektri nähtavas piirkonnas.

Kuna galvanomeetri valguslaigu hälve on väike, siis on soovitav termosammas paigutada mitte kaugemale kui 1 meeter prismast. Samal põhjusel on soovitav kondensorile eelneva diafragma pilu veidi laiendada.

Spektrite liigid.

Katse nr. 7. Metalli joonspektrite demonstreerimine.

Katsevahendid:samad, mis katse nr.1 puhul. Valgusallikana kaarleeklamp, mille juurde kuuluvate süte otstesse on puuritud kanalid erinevate metallide traaditükkide või metallide soolade paigutamiseks.

Katse teostamiseks kasutatakse katseseadet,mis kirjeldatud katse nr. 1 puhul. Et saada metalli või tema soolade aurusid, tuleb kaarlambi veetikaalsesse süe otsa puurida 10- 15 -mm sügavusega kanal, mille läbimõõt võrdub metalltraadi läbimõõduga. Sellesse kanalisse paigutatakse uuritavast metallist traat või vastava metalli killud.

Katse puhul tuleb kasutada alalisvoolu. Vertikaalne süsi ühendatakse vooluallika positiivse poolusega, siis ta kuumeneb tugevamini ja metall aurustub kergemini.

Kaarleegi kujutis suunatakse kondensori abil kiiri koondavale läätsele. Kondensori ja läätse vahele paigutatakse muudetava pilulaiusega diafragma. Kaarleeklamp ja lääts asetatakse üksteisest sellisele kaugusele, et läätsele langeks kaarleegi kujutis ja ei langeks kraatri kujutis. Tuleb tekitada spekter ainult leegist,kuna vastasel korral joonspekter kattub pideva spektriga.

Süte kanalitesse võib paigutada mis tahes traati. Et traat ei põleks liiga kiiresti, tema diameeter ei tohi olla väiksem kui 2-3 mm.

Võib kasutada ka nea metallide lenduvaid sooli, peamiselt leelis- või muldleelismetallide (naatrium, kaalium, strontsium) omi. Kanalid täidetakse soolaterakestega. Sooladena võtta väävlishappenaatrium (glauberi sool), süsihappekaltsium (kriit) või

süsihappestrontsium.

Võib süsi ka immutada sooladega, milleks tuleb söed paigutada soola vesilahusesse mitte vähem kui ööpäevaks.

Saanud uuritava metalli joonspektri, võib teda võrrelda juba tuntud metallide joonspektritega ja seega anda ettekujutuse spektraalanalüüsi põhimõttest.

Katse nr. 8. Neeldumisspektri demonstreerimine.

Katsevahendid: samad, mis katses nr. 1, naatriumileegiga gaasipõleti, katseklaas uuritava vedelikuga.

Tekitatakse ekraanil pidev spekter nagu katses nr. 1. Seejärel asetatakse vahetult kondensori ette gaasipõleti, mille leeki on viidud keedusoola lahuses immutatud asbestitükk. Ekraanil nähakse tumeda joone ilmumist spektri kollasesse ossa. Anda seletus.

Asetada uuritava lahusega küvett või katseklaas (vedel valgusfilter) pilu ja objektiivi vahel asuvale lahusele. Ekraanil saadakse neeldumisspekter.

Märgatav neeldumisspekter saadakse järgmiste lahuste puhul: vasevotrioonli lahus vees, fuksiini lahus vees, kaaliumpermangahaadi lahus vees, roheliste lehtede (klorofülli) leotis piirituses, joodi lahus piirituses.

L õ p p s õ n a

Õppevahendite tööstuses valmistatud katsevahendid vastavad küll suurel määral demonstratsiooni katsevahendite nõuetele, kuid õpetaja leiab siiski veel nende juures puudusi, mis vajavad kõrvaldamist. Füüsika katsetehnika õpikutes [6,12 jt.] võib sageli leida kriitilisi märkusi füüsika õppevahendite tööstuse poolt toodetavate katsevahendite kohta ja soovitusi neid õppevahendeid koolis vastavalt ümber ehitada nii, et nad oleksid katseteks paremini kasutatavad. Nende kriitiliste märkustega tuleb täielikult ühineda, ent nõuda tööstuslikult toodetud katseseadme ümberehitamist õpetajalt,kes nii kui nii peab nägema rohkelt vaeva füüsika demonstratsiooni-katsete ettevalmistamisega, on ka liiga palju. Sageli puuduvad selleks ka vajalikud töövahendid ja materjalid.

Koolis ei oma õpilased ohutustehnikas vajalikke teadmisi, töö laboratooriumides on liikuva iseloomuga, mille tõttu ei ole alati võimalik rakendada statsionaarseid ohutus-kaitseseadmeid - kõik see nõuab katsete sooritamisel äärmist ettevaatlikkust ning ohutustehnika eeskirjade täpset täitmist.

Konkreetsetes tingimustes iga üksiku demonstratsioonikatse teostamisel kerkivad esile omad probleemid, mida ei ole võimalik tööjuhendis ette näha ning millele tuleb õpetajal endal leida sobiv lahendus.

Optika demonstratsioonikatsete läbiviimiseks on kõige sobivam kasutada samasse komplekti kuuluvaid katsevahendeid

(optiline ketas, Glazõrini riist jt.) ,kuna isegi häid,kuid

erinevatest komplektidest päritolevaid katsevahendeid on väga raske kokku sobitada.

See kõik näitab, milliste raskustega tuleb kokku puutuda koolide füüsika õpetajatel nõudeile vastavate füüsika demonstratsioonikatsete läbiviimisel koolis.

Kasutatud kirjandus

1. Башкатов,М.Н. и Огородников,Ю.Ф. Школьные опыты по волновой оптике. Москва, 1960.

2. Бегунов, Б.Н. Геометрическая оптика. МГУ,1961.

3. Галанин,Д.Д., Горячкин,Е.Н., Жарков,С.Н., Павша,А.В. и Сахаров,Д.И. Физический эксперимент в школе, том 1, Москва, 1934 и том 3, Москва, 1954.

4. Горячкин, Е.Н. Руководство к практикуму по методике и технике школьного физического эксперимента. Москва, 1940.

5. Грабовский, М.А., Млодзеевский,А.Б.,Усагин,С.И. Каталог лекционных демонстраций по общему курсу физики. Москва,1959.

6. Елизаров,К.Н. Вопросы методики преподавания физики в средней школе. Москва, 1962.

7. Знаменский, П.А. Вопросы волновой теории света в курсе средней школы. Москва,1954.

8. Иванов,С.И. Опыт преподавания геометрической оптики в X классе. Физика в школе,1958,2,74-77.

9. Кузьмин,А.П. и Покровский, А.А. Опыты по физике с проекционной аппаратурой . Москва, 1962.

10. Ландсберг,Г.С. Оптика. Москва-Ленинград,1947.

11. Малышев,И.М. Электрооборудование школьного физического кабинета. Москва,1956.

12. Марголис,А.А., Парфентьева,Н.Е. и Соколов,И.И. Практикум по методике физики. Москва,1960.

13. Методика и техника лекционных демонстраций по физике. МГУ,1964.

14. Млодзеевский,А.Б. Лекционные демонстрации по физике. Выпуск 4, оптика. Москва-Ленинград, 1949.

15. Кур,Л.И. Сборник по методике и технике физического эксперимента. Москва,1960.

16. Поль,Р.В. Введение в оптику. Москва-Ленинград,1947.

17. Резников, Л.И. Методика преподавания физики в школе, том1У. Москва, 1963г.

18. Резников,Л.И. О преподавании физики в средней школе. Москва,1962.

19. Рожа,А.Л. Условия, способствующие абстрагированию и обобщению. Вопросы психологии , 1958,6,89-96.

20. Фронтальный эксперимент в преподавании физики. Ростов, 1968.

21. Чертов, А.Г. Международная система единиц измерения. Москва,1963.

22. Шаповалов,Т.И. Опыты по дифракции света. Физика в школе, 1955,6, 50-58.

23. Шпрокоф,Г. Эксперимент по курсу элементарной физики, том У1. Москва, 1960.

24. Keskkooli programmid. Füüsika. Astronoomia.Tallinn, 1963.

25. Koemets, E. Kõrgem närvitegevus ja pedagoogika. Tallinn,1963.

26. Novikov, P.A. Ohutuseeskirjad üliõpilaste tööks laboratooriumides ja õppetöökodades. Tartu, 1958.

27. Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei programm.Tallinn, 1961.

28. Pjorõškin,A. Füüsika õpik X ja XI klassile.Tallinn,1956.

29. Pokrovski,A.Füüsika praktikum.Tallinn,1958.