

TARTU RIIKLIK ULIKOOL

Üldfüüsika kateeder

PROJEKTSIOONIRIISTADE KASUTAMINE FÜSIKA
ÕPETAMISEL KOOLIS

Diplomitöö

Töö teostaja: üliõpilane R ä m m e l,
Lembit

Töö juhendaja: vanemõpetaja L. Taniaäe

Tartu 1960

S i s u k o r d.

Sissejuhatus	lk. 1
I peatükk. Projektsiooniaparaat	" 3
II peatükk. Projektsiooniaparaadi etteval- mistamine projektsiooniks	" 8
III peatükk. Projekteeritavad katsed VI, VII ja VIII klassi kursuses	" 13
IV peatükk. Projekteeritavad katsed IX klas- si kursuses.	" 21
V peatükk. Projekteeritavad katsed X ja XI klassi kursuses	" 30
Kokkuvõte	" 44
Kirjanduse loetelu	" 45

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

Seoses Partei ja Valitsuse direktiividega poliitilise hariduse sisseviimise kohta meie maa koolides, on füüsika õpetamine omandanud erilise koha .

Et lähendada füüsika õpetamist tegelikkusele, peab õpetaja demonstreerima palju mitmesuguseid katseid, milles suures osas tuleb kasutada projektsiooniriistu. Seepärast on projektsiooniriistad hädavajalikud igas füüsika kabinetis. Vaatamata projektsiooniriistade suurele tähtsusele koolis demonstreeritavate katsete läbiviimisel ei ole metoodilises kirjanduses sellele vajaliku tähelepanu pööratud. Eestikeelne kirjandus projektsiooniriistade käsitlemise ja nendega teostatavate katsete kohta puudub täielikult; venekeelne kirjandus on aga raskesti kättesaadav. Seepärast ongi käesoleva diplomitöö "Projektsiooniriistade kasutamine füüsika õpetamisel koolis" eesmärgiks anda koolide füüsika kabinettides kõige levinenuma projektsiooniaparaadi teooria ja käsitamise juhised ning projektsiooniriistadega teostatavate katsete kirjeldused. Käesolevas töös ei ole valgustatud katsete metoodilist külge, kuna töö autoril puudub pikemaajaline pedagoogiline praktika ning ei saa esitada omapoolseid seisukohti. Katsete kirjeldamisel on piirdutud ainult märkustega katse-

tehnika seisukohalt.

Kuigi katsete projekteerimine on väga vajalik kooli füüsika kursuse käsitlemisel, tuleb hoiduda liialdustest. Ekraanile projekteeritud katse jätab õpilasele sageli pildi mulje ja projekteerida neid katseid, millede nähtavus kogu klassile on hea ka ilma projekteerimata, oleks lubamatu. Tuleb arvestada veel asjaolu, et projekteerimise ajal on klass pimendatud ja õpilased ei saa vastavat katseseadet vihikusse skitseerida. Seepärast tuleb tihti piirduda ainult joonisega tahvlil, mõnede katseseadmete skeemid aga pärast projekteerimist tahvlile joonistada.

Käesolevas diplomitöös ongi püütud anda selliste katsete tuumikut, mida on otstarbekohane projekteerida.

Viited kirjandusele antakse järgmiselt: (2, lk. 58) s.t. kirjanduse loetelus teost järjekorranumbriga 2 ja lehekülg 58.

I p e a t ü k k.

PROJEKTSIOONIAPARAAT.

Koolide füüsika kabinetides esinevatest projektsiooniriistadest on:

Universaalne projektsiooniaparaat (joon 1), epi-diaskoop (joon 2), kitsasfilmi kinoaparaat jt.

Kõige enam kasutatakse katsete demonstreerimisel projektsiooniaparaati, seepärast käesolevas töös käsitletakse projektsiooniaparaadi (1956.a.väljalase) teooriat, tema ettevalmistamist projektsiooniks ja temaga teostatavaid katseid.

Projektsiooniaparaadiga on võimalik läbi viia mitmesuguseid katseid dia-, vari- ja mikroprojektsioonis, samuti ka katseid mitmesuguste riistade ja seadeldistega geomeetrilise ning füüsikalise optika vallast. Peale selle võib aparaati kasutada veel diapositiivide demonstreerimiseks. Projektsiooniaparaadi suhteliselt kerge lahtivõetavuse tõttu saab teda kasutada ka õpilastele projektsiooniaparaadi ehituse ja töö põhimõtte selgitamise juures näitliku õppevahendina. Projektsiooniaparaadi komplekt on näidatud joonisel 3.

"Aparaadi komplekti (1956.a.mudel) kuuluvad järgmised osad:

1. Optiline pink. 950 mm.

2. Korpus, koos valgusallika pesaga.
3. Valgusallikad:
 - a) kinoprojektsioonilamp K-18 (300 w 127 v)
või K-12 (300 w, 110 v),
 - b) auto lamp A-20 (6 v, 21 küünalt),
 - c) kaarlamp käsireguleerimisega voolutugevusele
12 A koos katte ja reiterile kinnitamise
varvaga.
4. Kondensor, millel on kaks 115 mm läbimõõduga
läätse. Kondensor on kinnitatud reiterile, läätsed on eemaldatavad.
5. 13,6 cm fookuskaugusega objektiiv.
6. Pöörav prisma ja tasapeegel. Mõlemad on varustatud seadeldisega objektiivi ette asetamiseks.
7. Diapositiivide jaoks kahekordne raam koos sirmiga, mis on 360° võrra pööratav reiterile kinnitamise varda suhtes.
8. Diafragma, mis on varustatud nelja ümmarguse avaga vastavalt läbimõõtudega 30 mm, 10 mm, 4 mm ja 1 mm.
9. Muudetava avaga pilu.
10. Lauakene, mis on varustatud vardaga reiterile kinnitamiseks.
11. Viis reiterit.
12. Kokkumurtav papist ekraan-sirm, mis üheltpoolt on valge matt pinnaga.

13. Seadeldis horisontaalprojektsiooni jaoks, milles kasutatakse kondensori välimist läätse." (2, lk.8-10)

Komplekti kuuluvast viiest reiterist on kolm tavalised, neid võib kasutada detailide ja seadeldiste kinnitamiseks optilisele pingile. Ühel reiteril on aga seadeldis, mis võimaldab kinnitatud detaili nihutada külgsuunas $4-5^{\circ}$ nurga võrra (joon 4). Teisel reiteril on peale külgsuunas nihutamise seadeldise veel all seadeldis, mis võimaldab objekti nihutada 10-15 mm võrra üles või alla (joon 5). Viimast on otstarbekas kasutada kaarlambi kinnitamiseks optilisele pingile ja valguspunkti sihtimiseks õigele kõrgusele (kondensori optilisele peateljele).

Korpusel on kahekordsed seinad, mis hoiavad välimist osa pideval töötamisel liigsest kuumenemisest. Tema lahtikäiv kaas teeb võimalikuks valgusallikate vahetamise. Korpuse sees on seadeldised valgusallika asendi reguleerimiseks kondensori optilise peatelje suhtes. Valgusallika alust on võimalik mõninga nurga võrra pöörata ümber vertikaalse telje. See omab tähtsust füüsikalise optika katsete juures, kus valgusallika hoõgniiti on vaja asetada risti või nürinurga all kondensori optilise peateljega.

Kondensori (joon 6) on ehitatud selliselt, et ühte läätse saab vabalt välja võtta. See on vajalik rea

geomeetrilise optika katsete juures, kus kasutatakse paralleelseid kiirte kimpu, ja ka horisontaalprojektsiooni juures.

Peale eespool loetletud aparaadi osade on aparaadi jaoks tööstuslikult toodetud valguse interferentsi ja difraktsiooni demonstreerimise komplektid.

Interferentsi komplekti sisaldab:

1. Newtoni rõngad.
2. Fresnelli biprisma.
3. Õhuke kile raamil.
4. Niit raamil.
5. Difraktsiooni võre.
6. Tellitav pilu.

Difraktsiooni komplekt sisaldab:

1. Kaks polaroidi.
2. Must peegel.
3. Mitu klaasplaati.
4. Islandi pao kristall.
5. Preparaat tsellofaanist ja hüposulfiidi kristallidest.
6. Press orgaanilisest klaasist figuuri surumiseks.

" ... ka peale seda ei saa aparaadi komplekti lugeda kooli füüsika kabineti jaoks täiuslikuks.

Pikaajalised katsetused kooli tingimustes on näidanud, et väga soovitav on tööstuslikult toota järg-

mised detailid, mis oleksid kohandatud aparaadile:

1. Elavhõbeda lamp - 250 koos toiteseadmetega.
2. Väiksemõduline naatriumlamp, mis vajaks 20 v, juures 1,2 - 1,3 A.
3. Kaks projektsiooniobjektiivi:
üks - "Triplett" GOI fookuskaugusega 15 cm riistadega katsete demonstreerimiseks. Teine - Petsvali tüüpi fookuskaugusega 36 cm. diapositiivide demonstreerimiseks; filmil olevate 35 mm laiuste diapositiivide demonstreerimiseks klassi viimasest reast võib kasutada ülalmainitud 15 cm fookuskaugusega objektiivi.
4. Pöörav prisma, mida saaks asetada objektiivi ette tasapeegli asemele; pöörav prisma omab lõikes täisnurkse kolmnurga kuju, mille alus on 7,5 cm ja kõrgus 5,5 cm.
5. Seadeldis filmil olevate diapositiivide jaoks.
6. Kahe niidiga auto pirn A-31 (6 v, 32 + 51 küünalt) või A-7 (6 v, 21+ 32 küün.), ühe niidiga pirni A-20 (6 v, 21 küün.) asemel, mis praegu kuulub aparaadi juurde." (2, lk.18)

II p e a t ü k k.

PROJEKTSIOONIAPARAADI ETTEVALMISTAMINE PROJEKTSIOONIKS.

Klassis kasutatakse projekteerimiseks aparaadi kolme asendit: demonstratsioon laualt, esimeselt pingilt ja viimasest pingireast (joon 7).

Arvestades asjaolu, et kooli füüsika kabinetis kasutatakse projektsiooniaparaati v ä g a s a g e - l i, oleks otstarbekohane teda hoida kõige kättesaadavas kohas, milleks võiks olla kapp demonstratsioonilaua all või kapp laua lähedal.

Kõigi katsete juures, kus kasutatakse projektsiooniaparaati on vajalik klassi pimendamine. Pimendamiseks kõige sobivamaks tuleks pidada riidest rullkardinaid. Selliste kardinate kirjeldusi on laialdaselt leida metoodilisest kirjandusest. (6, lk.157).

Kui aga ei ole käepärast tihedat musta riiet, võib kardinaid valmistada ka mustast pimenduspaberist, kleepides selle mõlemalt poolt mustaks värvitud marliga üle. Ääred on aga soovitatav üle kleepida tumeda riideribaga, et nad ei rebeneks.

Projektsiooniaparaadi ülesseadmist tuleb alustada valgusallika paigaldamisest.

Enne voolu sisselülitamist tuleb tingimata kontrollida, ka meie valgusallikas vastab võrgust võeta-

vale voolule. Kinoprojektsiooni lambid K-12 ja K-18 on ettenähtud 127 v-le, kui aga võrgus on 220 v, siis tuleb kasutada transformaatorit. Juhul, kui koolimaja on elektrifitseerimata, võib valgusallikana kasutada auto pirne A-7, A-20 või A-31, mis vajavad pinget 6-8 v ning nende toitmiseks võib kasutada akumulaatoreid. Nendest valgusallikatest saab paljude katsete jaoks küllaldase ekraani valgustuse.

Valgusallikas asetatakse aparati erilise stepsliga varustatud pesa abil.

Lülitanud sisse voolu, reguleerime aparadi korpusse sees olevate kruvide abil lambi hõõgniidi kondensori optilisele peateljele. Kui oleme ekraanile saanud ühtlaselt valgustatud ringi, siis asubki lambi hõõgniit kondensori optilisel peateljel (joon 8).

Et asetada lambi hõõgniiti kondensori tagumise läätse fookusesse, eemaldame kondensori välimise läätse ja nihutame kondensorit lambi suhtes kuni paralleelse kiirtekimbu saamiseni. Sellesse asendisse optilisel pingil tulebki kinnitada kondensori. Objektiivi ühe peafookuse aga asetame kondensori välimise läätse fookusesse ning aparaat ongi paigaldatud meil vertikaalprojektsiooni jaoks.

Projekteeritav ese asetatakse kondensori välimise läätse lähedusse ja objektiivi nihutamisega reguleerime ekraanile saadud kujutise teravaks.

Et saada ekraanile eseme päripidist kujutist, tuleb kasutada überpööravat prisma. Viimase puudumisel on võimalik päripidist kujutist saada tahvli kohal olevale ekraanile, kui pöörame aparati 180° s.o. objektiiviki klassi poole ja kasutame tasapeeglit.

Katsete ülesseadmisel tuleb pöörata tähelepanu eseme õigele valgustamisele. Eseme kontuurid peavad olema veidi väiksemad kondensoriist väljuvast kiirtekimbu koonusest. Joonisel 9 on näidatud kaks valgustamise skeemi esemete G_1 ja G_2 erinevate moodsede puhul. Eseme parima valgustuse saab siis, kui eseme kaugus objektiivist (a) on ligilähedaseilt võrdne kondensori välimise läätse fookuskaugusega ja valguskoonus on veidi suurem eseme kontuuridest. Väiksema eseme korral (G_2) saab valguskoonuse suurust muuta kondensori ja valgusallika vahelise kauguse muutmisega. Seejuures on aga vaja jälgida, et kogu kondensoriist väljuv kiirtekiap langeks objektiivile.

Sellel meetodil võime alati saada parima valgustuse. Tuleb veel silmaspidada, et ei esineks meie poolt projekteeritavate esemete ülekuumenemist (mikro-preparaadid, polaroidid, jt.). Ülekuumenemise ärahoidmiseks tuleb kasutada soojusfiltreid. Parim on spetsiaalsest klaasist plaat, mis asetatakse kondensori ja eseme vahele. Selle puudumisel võib aga tarvitada soojusfiltrina ca 3 cm paksust destilleeritud veega täidetud küvetti. 300 w kinoprojektsiooni lambi puhul on see küllaldane.

Väga palju aega nõuab õpetajalt objektiiv, pilt, diapositiivide raami jt. sobiva kõrguse leidmine. Et seda iga katse juures ei tuleks eraldi teha ja sellele asjatult aega raisata, on soovitatav ühel korral nende kõrgus hästi välja reguleerida ja vastavale kõrgusele kruvi abil kinnitada muhvid, mis on aparraadi kompleksis olemas.

Palju katseid tuleb demonstreerida ka horisontaalprojektsioonis. Aparraadi ülesseadmisel horisontaalprojektsiooni jaoks paigaldatakse valgusallikas samuti nagu vertikaalprojektsiooni puhul. Kondensori välimine lääts eemaldatakse ja kontrollitakse, kas lambi hõõgniit asub kondensori tagumise läätse fookuses. Kondensori külge kinnitatakse horisontaalprojektsiooni jaoks ettenähtud seadeldis, milles olevasse pesasse asetatakse kondensori välimine lääts. Vertikaalse varda külge kinnitatakse sirm. Sirmi paigaldamisel tuleb jälgida, et temale asetatud objektiiv optiline peatelg ühtiks kondensori optilise peateljega. Objektiiv kohale asetame ümberpöörava prisma, mille abil suuname kiired ekraanile. Objektiiv nihutamise piki optilist peatelge leiame ekraanil kondensori ülemise läätse terava kujutise. Et hoida kondensori ülemist läätse kriimustustest, asetame tema peale klaasplaadi, mis moodustabki projekteerimise aluslauakese. Objektiiv ja prisma nihutamise piki optilist peatelge leiame ekraanil eseme sümmeetrilise ja

terava kujutise. Saadud objektiivi asend on õige ka teiste horisontaalprojektsioonis demonstreeritavate katsete jaoks, seepärast on soovitatav ka siin vertikaalse varva külge kinnitada muhv.

III p e a t ü k k.

PROJEKTEERITAVAD KATSED VI, VII JA VIII KLASSI KURSUSES.

Käesolevas peatükis kirjeldan katseid, mida on soovitatav projekteerida VI, VII ja VIII klassi kursuse käsitlemisel.

1. Süsihappegaasi või eetri aurude valamine.

On sobiv võtta 5 cm kõrgune paralleelsete külgedega küvett ja sellele suunata projektsiooniaparaa- dist peaaegu paralleelne kiirte kimp. Vähe- ma suurenduse puhul on katse paremini jälgitav. Tühi liitrine pudel täita süsihappegaasiga või valada sinna veidi eetrit. Pudelit kallutades valame süsihappegaasi või eetri aurud küvetti. Aurude liikumine on ekraanil selgesti nähtav. Täitnud küveti juhime õpilaste tähelepanu üle küveti ääre voolavale aurule (joon 10). Et katse oleks paremini jälgitav, tuleb küvett asetada ekraanile lähemale.

2. Imeva ja suruva pumba töö demonstreerimine.

Selle katse juures saab kasutada tööstuslikult valmistatud mudelit (joon 11). Vedelikuna on soovitatav kasutada õli. Õli sisse jäävad väikesed õhumullikesed,

mis teevad vedeliku liikumise nähtavaks. Need õhumullikesed tulebki ekraanile teravustada.

Pumba tööstusliku mudeli puudusena tuleb märkida, et tema alumisel õlireservuaaril ei ole hästi näha otsest ühendust atmosfääriga. Õpilastele võib jääda arusaamatuks, mispärast vedelik kolvi all tõuseb just atmosfääri rõhu toimel.

Soovitav oleks tööstuslikult toota järgmist mudelit (joon 12).

3. Vee soojuspaisumise iseärasused.

Kirjanduses soovitatakse selle katse demonstreerimiseks kasutada järgmist katseriista (1, lk.28) (joon 13):

Külgmise ava kaudu täidetakse riist veega. Läbi korgi ulatuva tifti abil reguleeritakse vee- ja elavhõbedasammaste nivood samale kõrgusele. Seejärel jahutatakse katseriista veega täidetud osa eetriga niisutatud vatiga ning jälgitakse veesamba kõrguse muutumist 4°C ümbruses. Katse paremaks jälgimiseks projekteeritakse ta ekraanile.

4. Konvektsioon vedelikes.

Võib kasutada omavalmistatud katseriista (joon 14).

Katseriista ühte nurka asetame kaaliumpermanganaadi kristallikesi ja täidame riista veega.

Riista teist otsa hakkame soojendama piirituslam-
bi või gaasipõletiga. Vedeliku konvektsiooni teevad
nähtavaks kaaliumpermanganaadist värvitud voolujooned.
Kogu katseseade projekteerime ekraanile.

5. Õhu konvektsioon kuumutamisel.

Võib kasutada eelmisel katsel näidatud katseriista
(joon.14). Vee asemel aga lasta torusse suitsu.

Riista ühe nurga kuumutamisel juhtida õpilaste
tähelepanu suitsu osakeste liikumisele. Et õpilastel
ei tekiks muljet, nagu suits liiguks inertsiti tõttu sa-
mas suunas edasi, kuumutame riista seda külge, kust
suits sisse voolas, ja sunnime konvektsiooni tõttu
suitsu riistast välja minema.

See katse on väga hea paralleelide tõmbamiseks
vedelike ja gaaside omaduste vahel.

6. Galvaani element.

Gorjatškini elektrolüüsist komplektist võtta
küvett koos Cu ja amalgeerimata Zn elektrodidega
(joon 15 I). Valanud küvetti väävelhappe lahust võime
jälgida tsingist elektroodi ümber tugevat gaaside eral-
dumist. Kui lasta samasse lahusesse amalgaamitud tsin-
gist elektrood (joon 15 II), siis näeme, et gaaside
eraldumist ei toimu. Sellega saame rõhutada amalgaamimise tähtsust.

Kui nüüd elektroodid juhtmega lühikeseks ajaks ühendada, siis näeme gaaside tekkimist vasest elektroodi ümber (joon 16 I). Tsingist elektroodi ja lahuse vahel aga toimub keemiline reaktsioon, mille saab kindlaks teha vedeliku murendumisenäitaja muutmise kaudu. Projektsioonis on see väga hästi jälgitav.

Katse näitab polarisatsiooni ilmumist. Katse on veelgi efektiivsem, kui näidata ka elektrivoolu tekkimist. Selleks ühendame elektroodid üle demonstratsiooniks määratud milliampermeetri.

Järgmisena ettevaatlikult viia pipeti abil küveti põhja küllastatud kaaliumbikromaadi lahust, mis on segatud 15-20% väävelhappe lahusega. Nüüd peale elektroodide ühendamist näeme, et gaasi tekib ainult lahuse selles kihis, mis ei sisalda depolarisaatorit (joon 16 II).

Viimase katsega saame demonstreerida depolarisaatori tähtsust.

7. Elektrikaar.

Katse eesmärgiks on näidata, et suurem osa elektrikaare valgusjõust saadakse positiivselt elektroodilt, ning juhtida õpilaste tähelepanu positiivse ja negatiivse elektroodi kujule (joon 17).

Projektsiooniaparaadi komplekti kuuluva kaarlambi söepulkade otsad asetame kondensori tagumise läätse fookusesse ja teravustame ekraanile.

8. Magnetspektrid.

Riputame rauapuru klaasplaadile, mille all on püsivmagneti pulgad. Rauapuru iseenesest orienteerub magnetivälja jõujoonte järgi väga pika aja jooksul. Kui aga aidata kaasa kerge ja terava koputamisega klaasplaadile, siis korrastub rauapuru kohe magnetvälja jõujoonte järgi (joon 18).

Projekteerimiseks ei tohi kasutada varem valmistatud ja parafiiniga kinnistatud spektreid. Nende projekteerimine ei anna õpilasele midagi uut, sest ka õpikutes on korralikud spektrite pildid. Õpilasele on tähtis, et ta näeks, kuidas tema enda silmade all rauapuru pikkamööda orienteerub magnetvälja jõujoonte järgi.

9. Raud magnetväljas.

Asetame magnetpulkade vahele rauast rõnga ja valmistame rauapuru abil magnetspektri (joon 18,3). Juhime õpilaste tähelepanu asjaolule, et raudrõnga sees olevale rauapurule ei mõju magnetvälja jõujooni. Järelikult raudrõnga sees magnetvälja jõujooned puuduvad.

10. Sirgvoolu magnetväli.

Katseseadmena on orgaanilisest klaasplaadist risti läbipandud juhe. Juhtmest ca 1-1,5 cm raadiusega on joonestatud selgelt nähtav ringjoon. Sellele ringjoonele asetame magnetnõelad. Lastes juhtmest lä-

bi voolu juhime õpilaste tähelepanu asjaolule, et magnetnõelad orienteeruvad selliselt, et nende teljed on puutujaks ringjoonele.

Sellest võime teha järelduse, et sirgvoolu magnetvälja jõujooned on ringikujulised. Vahetades juhtmes voolu suunda, juhime õpilaste tähelepanu sellele, et magnetnõelad, vastavalt parema käe rusika reeglile, orienteeruvad ümber.

Et teha ka projekteerimisel nähtavaks magnetnõelte poolused, on soovitatav üks nõela poolustest teha erineva kujuga (näiteks ümarik).

11. Solenoidi magnetväli.

Solenoidi magnetvälja demonstreerimisel tuleb valmistada traadist ja orgaanilisest klaasist katseriist, mille mõõted vastaksid koolis olemasolevale projektsiooniaparaadile. Kui solenoidi läbib alalisvool, siis solenoidi plaadile asetatud rauapuru korrastub. Juhime õpilaste tähelepanu asjaolule, et solenoidi sees on magnetvälja jõujooned paralleelsed. Solenoidi otste juures on aga magnetvälja jõujooned samasugused. kui püsivmagnetil. Asetades solenoidi otste juurde magnetnõelad, näitame, et ühes solenoidi otsas asub põhja- ja teises lõunapoolus.

Kirjanduses soovitatakse VI ja VII klassi kursuse osas veel demonstreerida järgmisi katseid, mis aga töö autori seisukohalt ei ole tarvilikud, kuna nad ei paku õpilastele midagi uut.

1. Kahepoolne õhupump.

Projekteerida omavalmistatud mudel kahepoolsest õhupumbast (2, lk.120). Samal tunnil demonstreeriti juba imeva ja suruva veepumba ehitust ning nende klappide tööd. Kuna õhupumba klappide töö ei erine millegagi veepumba klappide tööst, siis ei paku selle katse demonstreerimine õpilastele midagi uut, sest erinevus on ainult pumbatavas aines.

2. Aneroidbaromeeter.

Epidiaskoobi abil projekteerida aneroidbaromeeter (2, lk.120).

On kasulik projekteerida küll aneroidbaromeetri mudelit, aga mitte aneroidbaromeetrit ennast. Mudeli projekteerimisel saab õpetaja seletada ka aneroidbaromeetri töötamise põhimõtet ja õpilased saavad ülevaateliku pildi aneroidbaromeetri osadest. Aneroidbaromeeter ise aga lasta klassis käest-kätte käia, et õpilased tutvuksid sellega.

3. Magneetumine.

Katseriistaks on molekulaarsete magnetite mudel (3, lk.312-314). Mudel on valmistatud orgaanilise klaasi

plaadist, millele on kinnitatud 20 elementaarmagnetit. Katse koosneb kolmest osast. Esiteks asetatakse elementaarmagnetid korrapäratult igaüks ise suunas. Kui vaadelda mudeli elementaarmagneteid raua elementaarmagnetitena, siis vastaks selline orientatsioon pehme raua elementaarmagnetite orientatsioonile. Järgmisena asetatakse elementaarmagnetid väikeste gruppide kaupa sama orientatsiooniga. Selline orientatsioon vastaks magnetiseerimata terase orientatsioonile (joon 19). Katse viimase osana lähendame mudelile ühelt poolt püsimagneti põhja- ja teiselt poolt lõunapooluse. Elementaarmagnetid orienteeruvad välise magnetvälja toimel kõik ühes suunas (joon 20).

Töö autori seisukohalt oleks otstarbekohasem epidiaskoobi abil projekteerida ekraanile selle katse kolm joonist ja nende abil selgitada magneetumist. Kuna kõik kolm pilti on õpilastel korruga nähtavad ja koos õpetaja seletustega on neil võimalik jälgida erinevusi jooniste vahel.

VIII klassi kursuse osas ei ole katseid, mis vajaksid projekteerimist. VIII klassi kursuse osas tuleb kasutada projektsiooniaparaati diapositiivide näitamiseks ja epidiaskoopi illustreerivate piltide ja jooniste näitamiseks.

Kiirte käik epidiaskoobis on näidatud joonisel 21.

IV p e a t ü k k.

PROJEKTEERITAVAD KATSED IX KLASSI KURSUSES.

Käesolevas peatükis kirjeldan katseid, mida on soovitatav projekteerida IX klassi kursuse käsitlemisel.

1. Vedelike laminaarne ja turbulentne voolamine.

Vedeliku laminaarse ja turbulentse voolamise demonstreerimiseks on tööstuslikult toodetav katseriist (joon.22). Kui sellest lasta läbi veejuga, siis saame demonstreerida vee laminaarset voolamist. Suurendades veejoo kiirust ületatud piirväärtuse, läheb vedeliku voolamine üle turbulentseks. Projekteerituna ekraanile on katse hästi jälgitav.

2. Vedeliku statsionaarse voolamise demonstreerimine voolujoonte abil.

Demonstreerimiseks kasutame omavalmistatud katseseadeldist. Reservuaar on vaheseinaga pooleks jaotatud. Vaheseina alt tulevad avaused vaheldumisi mõlemist reservuaarist. Reservuaari all on klaasküvett, mille seinte vaheline kaugus on 1 millimeeter. Küveti põhjast tuleb kummist äravoolu toru, millega on võimalik reguleerida äravoolu kiirust.

Katseriista ühte reservuaari valame puhta vee, aga teise kaaliumpermanganaadiga värvitud vee. Reservuaaride põhjas olevate avauste kaudu voolab vesi läbi küveti. Ekraanile projekteeritult on kaalium-

permanganaadiga värvitud voolujooned hästi nähtavad.

Voolujoonte teek on soovitatav asetada mitmesuguse kujuga kehi, et näidata voolujoonte paindumist.

3. Rõhkude jaotus vedelikus, mis voolab läbi ühtlase ristlõikega toru.

Tööstuslikult valmistatud orgaanilisest klaasist katseriistast laseme läbi veejoa. Vertikaalselt üles suunatud torudes tõuseb siis vedeliku sammu erinevale kõrgusele (joon 23), millest näeme rõhkude jaotust vedeliku sees.

Antud katse on halvasti jälgitav, kuna vedelikusammaste kõrguste erinevus on suhteliselt väike.

Paremini õnnestub see katse seadeldisega, mis on näidatud joonisel 24. Läbi toru AB pumpame õhku ja vertikaalselt paigutatud manomeetrid toru erinevates lõikudes näitavad erinevaid rõhke.

4. Rõhkude jaotus vedelikus, mis voolab läbi muutliku ristlõikega toru.

Katseseadmeks on tööstuslikult valmistatud orgaanilisest klaasist muutliku ristlõikega toru. Lastes läbi selle toru veejoa, saame vedeliku sees oleva rõhu üle otsustada vedeliku samba kõrguse järgi vertikaalselt paigutatud torudes (joon 25). Katselisel teel tuleb valida sobiv vee kiirus, mille puhul katse on paremini jälgitav.

5. Kehade voolujoonelisus.

Kõrgesse klaasist küvetti valame vee ja riputame sinna sisse alumiiniumpuru. Kui nüüd tõmmata sellest veest läbi mitmesuguse kujuga kehi, siis on keha taga tekkivad keerised väga hästi jälgitavad. Keeriste järgi otsustame kehade voolujoonelisuse üle.

6. Võnkuva helihargi võngete üleskirjutamine.

Tahmatatud klaasile tõmbame helihargi otsa kinnitatud teravikuga kriipsu ning projekteerime selle ekraanile. Seejärel paneme helihargi võnkuma ja tõmbame teravikuga teise kriipsu eelmise kõrvale. Viimane kriips osutus sinusoidiks - järelikult helihark võnkus.

7. Helihargi võnkumise jälgimine.

Katseseade on järgmine (1, lk.56).

Elektrimootori võllile, mille pöörete arvu on võimalik muuta, kinnitatakse aukudega varustatud ketas. Läbi ketta ühe augu suunatakse projektsiooniaparadist tulev kiirte kimp ning projekteeritakse ekraanile. helihargi ülemised otsad (joon 26). Paneme helihargi võnkuma, näeme, et ekraanil helihargi kujutise piirjooned muutuvad ähmaseks. Kui nüüd paneme mootori tööle väikese pöörete arvuga, siis võime jälgida helihargi kiiret võnkumist. Mida rohkem suurendada mootori pöörete arvu, seda aeglasemana näeme ekraanil helihargi võnkumist. Edasisel pöörete arvu suuren-

damisel võime jõuda sünkronisatsioonini ja vaatamata helihargi ergutamisele näeme ekraanil teda paigalolevana, s.t. valguskiire katkestamise aeg võrdub helihargi võnkeperioodiga.

8. Vee pindpinevuse muutmine eetriga.

Vee pinnale riputame kuiva saepuru, kampri kristalle või talki.

Projekteerimisaparaadist tuleva kiirte kimbu suuname vee pinnale, millelt ta peegeldub ekraanile. Kui nüüd valada vee pinnale eetri auru, siis veega ühinenud eeter muudab vee pindpinevust ja veepinnal ujuvate kehakeste liikumine näitab meile vee pinnakihi toimunud muutusi.

Samas katses võib kasutada eetri aurude asemel seebitükikest, mille servaga puudutada vedeliku pinda, või piiritust jt.

9. Klaaspulga märgamine vee ja mittemärgamine elavhõbeda poolt.

Alul projekteerime kuiva klaaspulga ekraanile. Seejärel kastame vette ja projekteerime uuesti ekraanile. Nüüd juhime õpilaste tähelepanu suurtele veepiiskadele, mis on jäänud klaaspulga külge. Kastnud aga klaaspulga elavhõbedasse, näeme, et klaaspulk jääb kuivaks. Järelikult vesi märgab klaaspulka, aga elavhõbe mitte.

10. Vee- ja elavhõbedatilga kujud.

Vee- ja elavhõbedatilga kujusid on soovitatav demonstreerida koos eelmisena kirjeldatud katsega, sest need kuuluvad samas tunnis läbivõetava materjali juurde.

Väikese vee- ja elavhõbedatilga asetame peeglile ning projekteerime ekraanile juhtides õpilaste tähelepanu tilkade kujude erinevustele.

11. Vee ja elavhõbeda meniskite moodustumine kapillaarides.

Katseseadmena on tööstuslikult valmistatud kapillaarid, milledesse valame kaaliumpermanganaadiga värvitud vett ja elavhõbeda. Juhime õpilaste tähelepanu asjaolule, et vee menisk on nõgus, aga elavhõbeda menisk kumer, sest elavhõbe ei märga klaasi.

12. Väikese märja värvipintslis erinevad kujud vees ja õhus.

Värvipintslis karvad vees on vabalt ja sellepärast hoiduvad nad laiali. Kui võtame värvipintslis veest välja, siis jääb pintslis karvade vahele tilk vett, mis aga pindpinevusjõu toimel püüab võtta kõige minimaalsemat pindala, tõmmates endaga kaasa ka pintslis karvad.

13. Veepinnal ujuv nōel.

Katnud tavalise õmblusnōela õhukese rasvakihiga, et vesi teda ei mǎrgaks, asetame ta veepinnale. Siinjuures tuleb jǎlgida, et nōel asetatakse veepinnale tǎiesti horisontaalselt, vastasel korral vajub nōel pōhja. Nōela raskus ei suuda ũletada vee pindpinevusjōudu ning tungida vee sisse, seepǎrast jǎab ta ujuma.

14. Piima vōi emulsiooni koostise jǎlgimine.

Lahjendame piima 5-10 %-ni . Asetame tilga lahjendatud piima mikroskoobi alla ja projekteerime ekraanile . Suurima teravuse saavutamiseks peab ekraanil saadud kujutis olema ca 15 cm lǎbimōoduga. Mikroprojektsioonis asetame mikroskoobi projektsiooniaparaadi suhtes, selliselt nagu on nǎidatud joonisel 27.

15. Kristallide moodustumine ja kasv.

Katse teostame mikroprojektsioonis. Selleks paigaldame mikroskoobi joon 27 nǎidatud skeemile.

Asetame mikroskoobi alla vǎikese tilga kontsentreeritud ammooniumbikromaadi lahust ja projekteerime ta ekraanile. Projektsiooniaparaadist tulev kiirte kimp soojendab lahust ja ta hakkab aurustuma. Umbes 2 minuti pǎrast vōib tilga servadel mǎrgata esimeste kristallide tekkimist. Kogu katse kestab ca 5 minutit.

Ammooniumbikromaadi puudumisel annab rahuldavaid tulemusi ka tavaline keedusool.

Kirjanduses soovitatakse IX klassi kursuse käsitlemisel projekteerida veel järgmisi katseid, mis aga töö autori seisukohalt ei ole otstarbekad.

1. Pulverisaatori ja veejoapumba töötamise põhimõte.

Palju efektiivsem on pulverisaatori ja veejoapumba töötamist demonstreerida ilma projekteerimata. Õpilastel on võimalus oma silmaga veejuga jälgida. Samuti poleks tarvidust projektsiooniks kohandatud katseseadme valmistamise järele.

2. Browni liikumise mehaanilise mudeli demonstreerimine.

Kuna mudel ei ole oma konstruktsioonilt hästi õnnestunud, siis ei anna ta browni liikumisest küllaldast ülevaadet. Selle mudeli demonstreerimise asemel on otstarbekam näidata browni liikumist mikroprojektsiooni abil, jälgides hiina tušši osakeste liikumist.

3. Plateau katse.

Plateau katse on õpilastel väga hästi jälgitav ilma projekteerimata, seepärast on soovitav ta projekteeritavate katsete hulgast välja jätta.

4. Auru tekkimise tsentrite jälgimine vee keemisel .

IX klassi kursuse käsitlemisel ei oma mõtet selle katse demonstreerimine, kuna katse on selleks liiga elementaarne.

5. Keeva vee temperatuuri mõõtmine.

Kasutades vee keetmiseks küvetti katseseadme "Manomeeter tilga veega" juurest, kulub selle katse demonstreerimiseks ca 15 min. IX klassi kursuse jaoks on see katse liiga elementaarne ja seepärast ei õigusta sellist ajakulu.

6. Vedeliku küllastatud auru rõhu atmosfääri rõhuga võrdsuse demonstreerimine.

Katseseadmeks on tööstuslikult toodetud riist "Manomeeter tilga veega". Katse iseenezest on väga huvitav ja vajalik demonstreerida. Kuna aga koolides on keelatud katsed elavhõbedaga, siis ei tohi seda katsed demonstreerida vaatamata sellele, et teda kirjanduses väga laialt propageeritakse (2, lk.27), (4 1951 Nr.1 lk.70).

Selle katseriista puudusena tuleb märkida elavhõbedasamba kõrguse halba jälgitavust manomeetris, mis on tingitud keeva vee aurumullide segavast toimest.

7. Kehade voolujoonelisus.

Kehade voolujoonelisuse demonstreerimiseks soovitatakse katseseadeldist (joon 28) (2, lk. 32). Katseseadeldis tuleb ise valmistada. On soovitam kasutada samas peatükis punkt 5. all kirjeldatud katseseadet, mis on palju lihtsam ja laitmatult jälgitav.

8. Eetri kriitiline olek.

Katseseadmeks on tööstuslikult valmistatud riist, mis koosneb ampullist eetriga ja teda ümbritsevast küttekehast.

Katse demonstreerimine on seotud ohuga, et eetrit sisaldav ampull võib lõhkeda. See on tingitud asjaolust, et ampullis ei ole täpne hulk eetrit. Kui ampull lõhkeb, süttivad eetri aurud. Plahvatusest puruneb ka küttekeha, mis võib vigastada nii projektsiooniaparaati kui ka lähedal olevaid inimesi.

V p e a t ü k k.

PROJEKTEERITAVAD KATSED X JA XI KLASSI
KURSUSES.

Käesolevas peatükis kirjeldan katseid, mida on soovitatav projekteerida X ja XI klassi kursuse käsitlemisel.

1. Elektriväli.

Katseriista (joon 29) põhja vaiame 2-3 mm paksuse kastoõli kihi. Õli sisse paigutame kaks metallist ketast, mis on varustatud juhtmetega. Seejärel riputame ketaste vahele kuiva mannat. Et manna ei jääks õli pinnale ujuma, segame teda klaaspuigaga. Ühendanud kettad elektrimasinate erinevate poolustega ja projekteerinud katseseadme ekraanile, jälgime manna osakeste orienteerumist, elektrivälja jõujoonte järgi (joon 30 I). Erineva kujuga väljade saamiseks asendame kuulikesed paralleelsete metallplaatidega (joon 30 III). Hästi saab demonstreerida ka ühe laetud kuulikese elektrivälja (joon 30 II). Kui kuulikestega ühendatud juhtmed painutada nii nagu on näha jooniselt 29, siis ei asu nad objektiivifookuses ja ei ole ekraanil peaaegu nähtavad ega avalda segavat mõju.

2. Tindiga värvitud soolalahuse valgendamine.

Tindiga värvitud soolalahuse valame elektroodidega varustatud küvetti. Ioonide poolt laetud tindi osa-

kesed tõmmatakse elektroodidele ja lahus valgeneb.

3. Elektrolüüs.

Elektroodidega varustatud küvetti valame kaaliumjodiidi või glaubri soola lahust. Ühendanud elektroodid vooluallikaga, jälgime elektrolüüsi käiku.

4. Vahelduvvoolu magnetväli.

Katseseadmena kasutame töö autori poolt koostatud seadeldist.

Kahest lähestikku asetatud raudsüdamikuga varustatud poolist juhime läbi võrdse tugevusega alalisvoolu. Poolide peale asetame klaasplaadi rauapuruga. Rauapuru orienteerub magnetvälja jõujoonte järgi. Kui nüüd ühes poolis aegrelee abil muudame voolu suunda sagedusega ca 10-15 Hz, siis projekteerituna ekraanile on magnetspektri muutumine hästi jälgitav. Aegrelee on ehitatud selliselt, et on võimalik voolu suunda muuta sageduse vahemikus 6 - 50 Hz.

5. Valguse sirgjooneline levimine.

Projektsiooniaparaadist tuleva paralleelse kiirte kimbu teeale asetame horisontaalse pilu, mille taga on kiirte kimbu suhtes väikese nurga all asetatud ekraan.

Valguskiirte kimp on paremini nähtav, kui kiirte teeale laseme suitsu või riputame kriiditoimu.

6. Elektrilambi hõõgniidi kujutise saamine.

Kondensori välimise läätse fookusesse asetame väikese läbimõõduga ava. Ekraanile saame valgusallika hõõgniidi ümberpööratud kujutise.

7. Varju ja poolvarju tekkimine.

Kahest teineteisega lähedal olevast valgusallikast juhime valguse läbipaistmatule kehale. Ekraanil saame kaks teineteist pooleldi katvat kujutist (joon 31). Poolvari tekib ekraani sellel osal, kuhu langeb valgus vaid ühest valgusallikast - täisvari aga seal, kuhu kummastki valgusallikast valgust ei lange. Projekteeritav keha on soovitatav asetada ekraanile lähemale, siis on varjude piirjooned teravamad.

8. Valguse peegeldumine ja murdumine kahe keskkonna lahutuspinnalet.

Katseseadmena kasutame optilist ketast, millele paigaldame poolringi kujulise klaasplaadi (joon 32). Muutes klaasplaadi tasapinnalise tahu ja kiirte kimbu vahelist nurka, juhime õpilaste tähelepanu murdunud ja samaaegselt peegeldunud kiirtele.

9. Suunatud ja hajutatud peegeldumine.

Projektsiooniaparaadist tuleva kiirtekimbu teele asetame tasapeegli - suunatud peegeldumine. Järgmisena asetame kiirte kimbu teele valge paberilehe - hajutatud peegeldumine.

10. Valguse peegeldumisseadused.

Asetame tasapeegli optilise ketta hoidjale ja juhime valguskiire erinevate nurkade all tasapeeglile (joon 33). Tõestame katseliselt valguse peegeldumisseadused. Kui katset teostada Alazörini riistaga, siis tuleb tasapeeglile asetada mustast kartongist noolekene, mis tähistaks normaali (joon 34). See kergendaks õpilastel valguse langemis- ja peegeldumiskurkade suuruse hindamist.

11. Valguse peegeldumine kumer- ja nõguspeeglile.

Projektsiooniaparaadist tuleva kiirte kimbu teele asetame kord kumer-, kord nõguspeegli ja juhime õpilaste tähelepanu valguse koondumisele pärast peegeldumist nõguspeeglil (joon. 35), ning hajumisele pärast peegeldumist kumerpeeglil (joon 36). Seejärel demonstreerime optilise ketta abil valguse peegeldumist kumer- ja nõguspeeglist (joon 37).

12. Kujutiste saamine kumer- ja nõguspeegliiga.

Projekteerime nõguspeegli abil pirni hõõgniidi kujutise laual olevale ekraanile (joon 38 ja joon 39). Nihutades valgusallikat peeglile lähemale, näeme, et kujutise saamiseks peame asetama ekraani peeglist kaugemale. Kui oleme valgusallika asetanud peegli fookusesse, saame paralleelse kiirtekimbu. Valgusallikat veelgi lähemale nihutades muutub kiirte kimp

hajuvaks. Teeme järeldused: kui ese on kaugemal nõguspeegli fookusest, saame tõelise überpööratud kujutise; kui ese on fookuses, saame kujutise lõpmatuses; kui ese on fookusest lähemal, saame hajuva kiirtekimbu, seega näiva kujutise peegli taga.

Optika katsed, mida teostatakse Glazörini riista abil, on kirjeldatud riistaga kaasasolevas brožüüris, seepärast katsetel, mida on soovitatav Glazörini riista abil demonstreerida, toon ära ainult joonised kiirte käigu kohta.

13. Valguse murdumine tasaparalleelses plaadis.

(joon 40).

14. Kiire kõrvalekaldumine prisma.

(joon 41).

15. Kiirte käik kaksikkumeras ja kaksiknõgusas

läätstes.

(joon 42).

16. Kiirte käik überpööravas prisma.

(joon 43 ja joon 44).

17. Valge valguse lahutamine värvilisteks

prisma abil.

Kondensori ette asetame 1,5 - 2 mm laiuse pilu. Saadud valguskiire koondame läätse või objektiivil abil flintklaasist prisma murdvale servale. Kõrval asuvale ekraanile saame spektri (joon 45).

18. Spektri koondamine valgeks valguseks.

Punkt 17 all kirjeldatud katseseadme abil projekteerime ekraanile horisontaalse spektri. Prisma ja ekraani vahele spektriiks lahutatud kiirtekimpu asetame optilise ketta komplekti kuuluva kaksikkumera läätsese horisontaalselt nii, et läätsese langeks ainult keskmine osa kiirtekimbust. Nihutame nüüd ekraani selliselt, et lääts jätaks ekraanile tumeda riba, mis jaotab spektri kaheks kitsaks ribaks ja mille keskel on hele valge laik. Seega kõigi spektrikiirte koondamisel silindrilise läätsese fookusesse saime valge valguse (3, lk. 386).

Kaksikkumerat läätsese võib asendada ka silindrilise klaasanumaga, millesse on valatud puhas vesi. Anuma sobiva asukoha ekraani ja prisma vahel valime katsetamise teel. Ekraanile saame valge pilu kujutise (joon 46).

Töö autori seisukohalt oleks selle katse lõpus soovitatav demonstreerida täiendvärvide tekkimist.

Asetame anuma ja ekraani vahele spektri punasesse osasse $5-8^{\circ}$ -se nurdva nurgaga prisma. Prisma kallutab kõrvale punased kiired ja ekraanil tekib kaks pilu kujutist (joon 47). Üks kujutis on punane ja teine rohekassinine. Punane pilu kujutis tekkis spektri punasest osast, teine aga spektri ülejäänud osast. Need ongi täiendvärvid. Kallutades prisma abil kõrvale rohkem kiiri, võib saada mitu paari täiendvärve.

19. Läbipaistmatute kehade pinna värvus.

Erinevalt eelmisest katsest on siin soovitatav spektrit saada otsevaateprisma abil. Otsevaate prismaga

saame tunduvalt laiemal spektri. Asetades spektri erinevatesse osadesse ühtlaselt värvitud läbipaistmatuid linte, jälgime nende värvust. Linnid peavad olema matt-paberist või riidest (soovitav villane), et nad pealangevat valgust ei peegeldaks, sest see muudab nende värvust.

Teeme järelduse, et läbipaistmatute kehade värvuse määravad seda värvi kiired, millised antud keha peegeldab - valged kehad peegeldavad igat värvi kiiri.

20. Läbipaistvate kehade värvus.

Katseseade on sama, mis eelmises katses, ainult siin asetame spektriiks lahutatud kiirte teele lindikes-te asemel erinevat värvi klaasplaadikesi.

Teeme järelduse, et läbipaistvate kehade värvus sõltub nende kiirte värvusest, mida ta läbi laseb.

21. Lühi- ja kaugnägeliku silma nägemise parandamine prillide abil.

Projektsiooniaparaadist tuleva kiirte kimbu koondama läätsel abil fluorestseeruva vedelikuga täidetud kolvile. Kujutame kolvi silmana. Nihutame läätsel selliselt, et ta koondaks kiired kolvi tagumisele seinale. Selgitame, et silmalääts koondab kiired silma tagumises seinas asuvale nägemistapile. Lühi- ja kaugnägeliku silma läätsel aga ei suuda kiiri koondada nägemistapile, vaid koondab kiired vastavalt nägemistapi ette või taha.

Nihutame oma katseseadmes läätse kas kolvile lähemale või kaugemale ja täiendava kumer- või nõguslääts abil koondame kiired jällegi kolvi tagumisele seinale. Täiendav lääts etendab prillide csa (6, lk.260) (joon 48).

Mõningatel inimestel suunab silmalääts kiired nägemistäpist kõrvale. Sellisel juhul kasutatakse prismaid.

22. Huygens'i printsip.

Valame selleks ettenähtud vanni ca 1 cm paksuse kihi vett. Vanni keskele asetame kaks sirget tõket nii, et nende vahele jääks kitsas pilu. Vibraatoriga (joon 48) tekitame ringlained. Tekkinud pilt (joon 49) illustreerib Huygensi printsipi.

23. Lainete interferents.

Vannis, mida kasutasime eelmise katse juures, tekitame vibraatori abil kahes punktis ringlained (joon 50). Lainete interferents tekib kahe ringlainete süsteemi liitumisel. Kuna vibraatori küljes olevad lainete tekitajad on omavahel järgalt ühendatud, siis tekitavad nad laineid üheaegselt. Need ringlainete süsteemid on ühesuguse sageduse ja faasivahega. Seega on nad koherentsed lained, mis on püsiva interferentspildi tekkimise tarvilikuks tingimuseks.

24. Valguse interferents.

Kondensori ette asetatud 0,1-0,05 mm laiusest pilust suuname valguskiired Fresnelli biprisma servale (joon 51). Siinjuures tuleb jälgida, et pilu ja biprisma serv oleksid rangelt paralleelsed. Biprismast 1,5 - 2 m kaugusel olevale ekraanile saame pilu interferentspildi (joon 52). Pöörates pilu või biprismat väikese nurga võrra kondensori optilise peatelje ümber saame ekraanil kaks ähmast kujutist (joon 53). Selline pilt ekraanil ongi tunnuseks, et biprisma ja pilu vaheline asend on vale.

Paremini õnnestub see katse, kui kasutame punktvalgusallikat nagu kaarlamp. Kinoprojektsioonilamp K-12 või K-18, millel on mitu vertikaalset hõogniiti, tuleb pöörata ca $80-85^{\circ}$ ümber vertikaalse telje, et hõögkeha oleks servaga kondensori suunas.

25. Newtoni rõngad.

Kondensoriga tulevate kiirte kimbu suuname läbi ümmarguse ava riistale "Newtoni rõngad", mis on kondensori optilise peatelje suhtes pööratud 45° võrra. Riistalt peegelduva kiirte kimbu suuname objektiiviga abil ekraanile, kus saame interferentsrõngad. Katsetamise teel valime sobiva suurenduse, mis tagab küllaldase ekraani valgustuse.

Asetades sirmi ette värvilisi filtreid (näiteks punane ja violetne), juhime õpilaste tähelepanu rõngaste muutuvale läbimõõdule.

Oleks soovitav tööstuslikult toodetavale värviliste filtrite komplektile lisada filter, millest pool oleks punane ja pool violetne. Sellise filtri abil oleks rõngaste diameetri muutus erinevat värvi valguse puhul kõige paremini jälgitav.

26. Difraktsioon kitsast pilust.

Parema difraktsioonpildi saamiseks kasutame kaarlampi. Kondensori taha asetame 0,2 mm laiuse pilu sellisele kaugusele kondensoriga, et pilu oleks üleni valgustatud. Valguskiire suuname objektiiviga abil teisele pilule, mille laius on 0,02 - 0,05 mm. Kui mõlemad pilud on paralleelsed ja asuvad kondensori optilisel peateljel, siis saame ekraanile difraktsioonpildi. Parem oleks ekraanina kasutada mattklaasi ja jälgida difraktsioonpilti ekraani läbinud valguses.

27. Difraktsioonvõre.

Projekteerime mikroskoobi abil difraktsioonvõre jooned ekraanile. Võrel ei tohi olla üle 50 joone millimeetrit. Võrdluseks asetame võrele juuksekarva ja traadi läbimõõduga 0,1-0,2 mm. Juuksekarv ja traat tulevad asetada piki võre jooni.

Juhul, kui koolil sellist võret ei ole, võib teda

ise valmistada. Võtame läbipaistva emulsioonikihiga fotoplaadi või puhastatud diaposiitivi plaadi, millele on kantud munavalge kiht. 12 või 24 0,08 mm paksuse žiletiteraga tõmbame plaadile jooned, saame difraktsioonvõre, millel on 12 joont millimeetril.

28. Spektri saamine difraktsioonvõre abil.

Katseseade seame üles samuti nagu katse nr.17 juures, ainult prisma asemele paigutame objektiivist tuleva kiirte kimbu teele võre. Kui võrele langeb valge valguse kimp, siis ekraanile saame pilu kujutise, mille mõlemal pool küljes on spektrivärvid. Asetades pilu ette värvilisi filtreid, saame vastavat värvi pilu kujutise, mille kõrval on vaheldumisi tumedad ja värvilised alad.

29. Valguse polarisatsioon polaroididega.

30. Valguse polarisatsioon tasapeeglit.

(joon 54).

31. Joonspektri saamine elavhõbedakvartslambi abil.

Joonspektri demonstreerimiseks osutub parimaks elavhõbe-kvartslamp - 250. Lambi võrku lülitamise skeem on antud joonisel 55. Ülejäänud katseseade on selline, nagu pideva spektri saamisel.

Joonspektrit võib saada ka kaarlambi abil, kui sellesse asetada varem tarvitamata söed. Kuna selle

meetodiga ei saa puhast joonspektrit, siis ei saa selle demonstreerimine metoodilisest küljest kõige paremaid tagajärgi anda.

32. Naatriumi aurude neeldumisspekter.

Naatriumi aurude saamiseks võib kasutada piirituslampi, milles denatureeritud piiritusele on lisatud naatriumnitraati (NaNO_3), naatriumatsetaati (CH_3COONa), naatriumoksalaati ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COONa}$) või naatriumalkoholaati ($\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$).

Teise naatriumi aurude saamise moodusena võib soovitada veel gaasipõleti leeki, millesse on asetatud keedusoola lahuses immutatud asbesti tükikene.

Naatriumi leegi asetame kondensori ja tellitava pilu vahele. Kondensorist tuleva kiirte kimbu suuname läbi naatriumleegi ja pilu objektiivile. Objektiivist väljuvad kiired lahutame otsevaate prisma (või tavalise flintklaasist prisma) abil spektriiks (joon 56). Tuleb valida tugev valgusallikas. Nõrga valgusallika ja tugeva naatriumleegiga võime saada neeldumisspektri asemel naatriumi kiirgusspektri. Ekraanil saadud spektris on kollase värvi asemel näha must riba. Järelikult naatriumi aurud neelavad kollast värvi kiiri (7, lk.21).

33. Mitmesuguste lahuste neeldumisspektrid.

Mitmesuguste vedelike neeldumisspektrite demonstreerimiseks valmistame klorofüllü (roheline rohu leotis

piirituses) või kaaliumpermanganaadi vesilahuse. Kontsentratsioonini valime katselisel teel. Kolvid lahusega asetame demonstratsioonini ajal pilu ja objektiivivahele.

34. Pideva spektri ultravioletse osa avastamine lumineseeruva ekraaniga.

Samas peatükis punkt 17-nda all kirjeldatud katseadme abil projekteerime ekraanile pideva spektri.

Asetame lumineseeruva ekraani osaliselt nähtava spektri violetsele osale (joon 57). Näeme, et ka väljaspool nähtava spektri violetset osa tekib ekraanil heledus, mida põhjustab ultravioletne kiirgus (7, lk. 8) ja (1, lk. 242).

35. Vedelike fluorestsents ja fosforstsents ultravioletse kiirguse toimel.

Valgusallikana kasutame elavhõbeda- või kaarlampi. Tihedalt kondensori vastu asetame sirni filtriga, mis laseb läbi ainult ultravioletset kiirgust. Objektiiv ja kondensorit võib kasutada ainult siis, kui nad on kvartsklaasist, mis laseb ultravioletset kiirgust läbi. Edukalt võib kasutada ka orgaanilisest klaasist optikat, mis laseb tunduvalt rohkem ultravioletset kiirgust läbi kui tavaline silikaatklaas.

Kondensorist läbi filtri tulevate kiirte teele asetada väikese õhukeste seintega küveti piirituse ja destilleeritud vee seguga; selle juures ei näe me fluo-

restsentsi tekkimist. Nüüd valame küvetti pikkamööda lahust fluorestseeruva ainega. Lahus valgub piirituse segus laiali ja näeme tema eredat ebaühtlast helendust. Kui vedelikku segada, siis hakkab vedelik küvetis ühtlaselt helendama (joon 58).

Fluorestsentsi ja fosforestsentsi nähtuste demonstreerimiseks võib kasutada ka tööstuslikult koolide jaoks toodetud fluorestsentsi ja fosforestsentsi komplekte asetades neid ultravioletsete kiirte teele.

Kõiki fluorestsentsi ja fosforestsentsi katseid peab kordama asendades ultravioletseid kiiri läbilaskva filtri punaseid kiiriläbilaskva filtriga, mille puhul mingit helendumist ei ole märgata, ja selgitama nähtuse põhjuse.

35. Infrapunase kiirguse avastamine termoelemendi abil.

Samas peatükis punkt 16 all kirjeldatud katseseade abil projekteerime ekraanile pideva spektri. Termoelemendi ühendame peegelgalvanomeetriga. Nihutades termoelementi spektri ultravioletsest osast infrapunase osani, jälgime valguslaigu liikumist peegelgalvanomeetri skaalal (joon 59). Termoelemendi paigutame nii, et tema vari oleks spektri foonil jälgitav. Jõudnud termoelemendiga spektri infrapunasesse ossa, viime elemendi kiiresti ultravioletsesse ossa tagasi ja juhime õpilaste tähelepanu sellele, et valguslaik galvanomeetri skaalal võtab kohe oma endise asendi (7, lk.8) ja (1, lk.242).

K o k k u v ö t e .

Käesolevas töös anti ülevaade koolides kõige levinenuma projektsiooniparaadi teooriast ja näpunäited kasutamiseks. Kirjeldati kogu kooli füüsika kursuses projektsiooniriistadega teostatavaid katseid ning anti juhiseid katsetehnika osas.

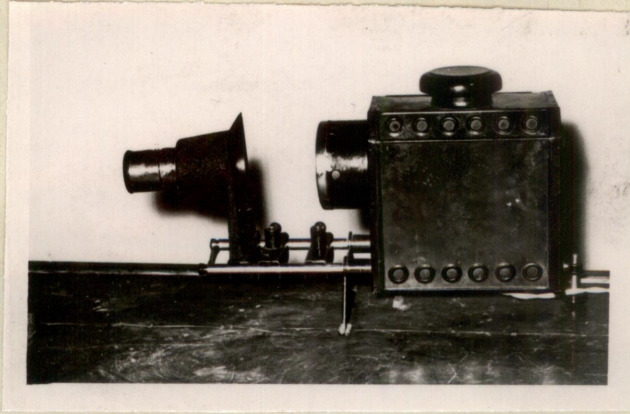
Kokku võttes võib öelda, et projektsiooniriistu katsete projekteerimiseks kõige rohkem kasutatakse IX ja XI klassi kursuse käsitlemisel, kõige vähem aga VIII klassi kursuse käsitlemisel.

Käesolev töö oli mõeldud kasutamiseks keskkooli füüsika õpetajatele, kuna projektsiooniriistade kasutamise kohta puudub eestikeelne kirjandus ja venekeelne kirjandus on kõigile suhteliselt raskesti kättesaadav.

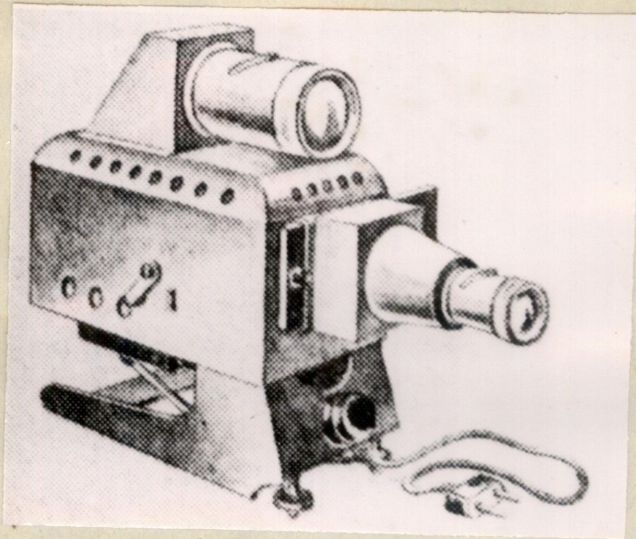
Töö autor peab oma kohuseks avaldada südamliku tänu oma juhendajale väga väärtuslike näpunäidete eest.

K i r j a n d u s

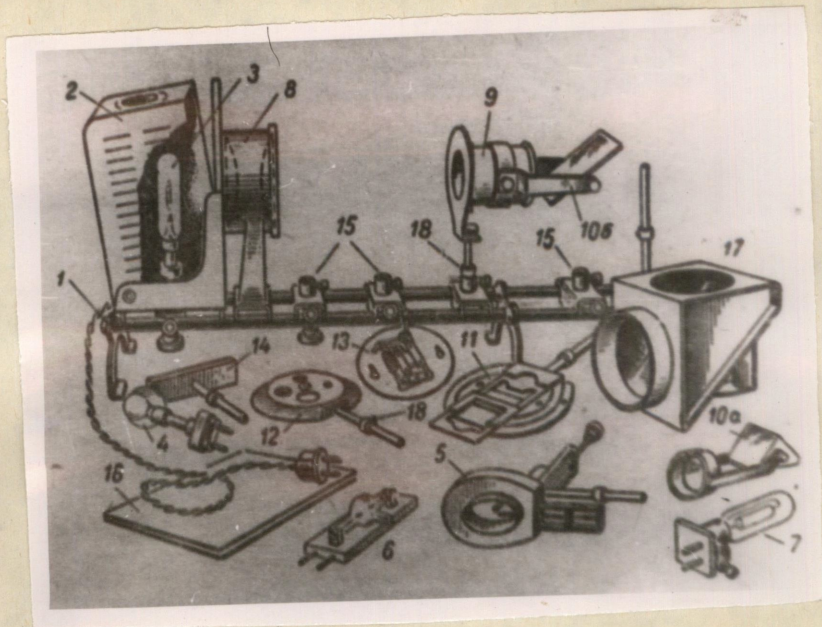
1. Е.Н. Г о р я ч к и н и др. "Методика и техника школьного физического эксперимента", Учпедгиз, 1940.
2. А.П. К у з м и н, А.А. П о к р о в с к и й, "Опыты по физике с проекционной аппаратурой", Учпедгиз, 1956.
3. А.А. П о к р о в с к и й, "Демонстрационные опыты по физике", АПН РСФСР, 1954.
4. Журнал "Физике в школе".
5. Е.Н. Г о р я ч к и н, "Основные детали самодельных и упрощенных приборов", Учпедгиз, 1953.
6. П.А. З н а м е н с к и й, "Методика преподавания физики", Ленинград, 1955.
7. И.М. М а л ы ш е в, "Вопросы излучения в курсе физики X класса", АПН РСФСР, 1954.



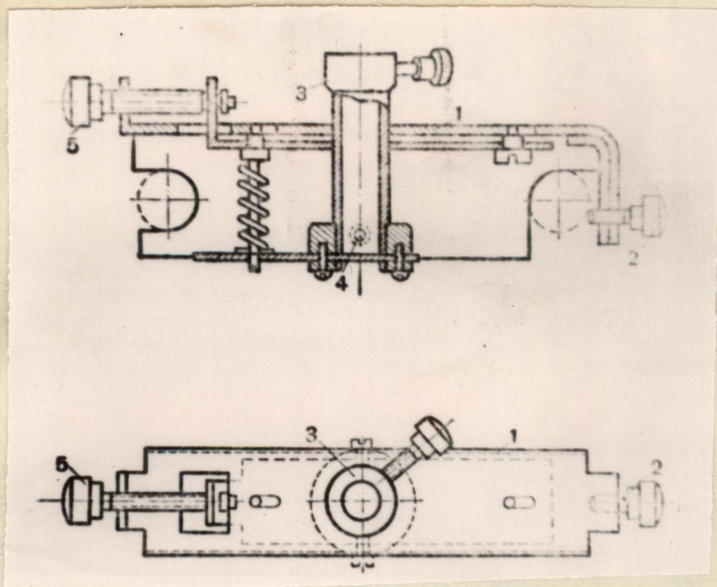
joon. 1.



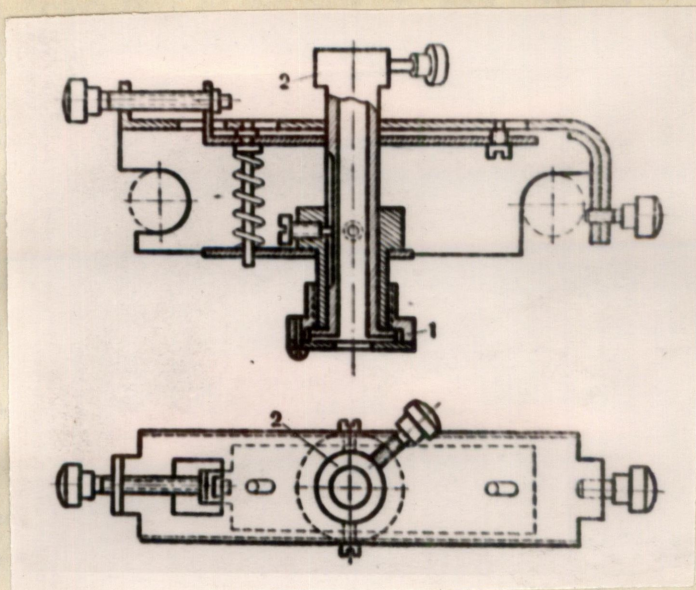
joon. 2.



joon. 3.



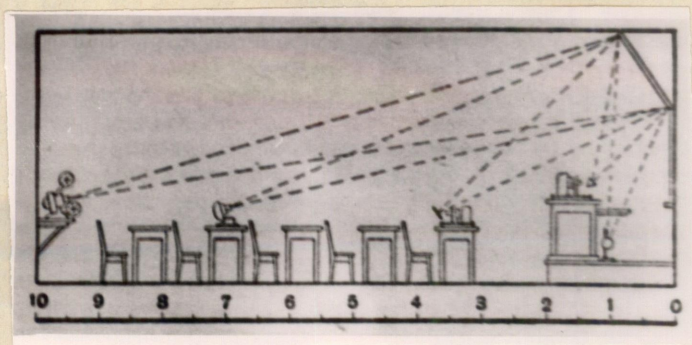
joon. 4.



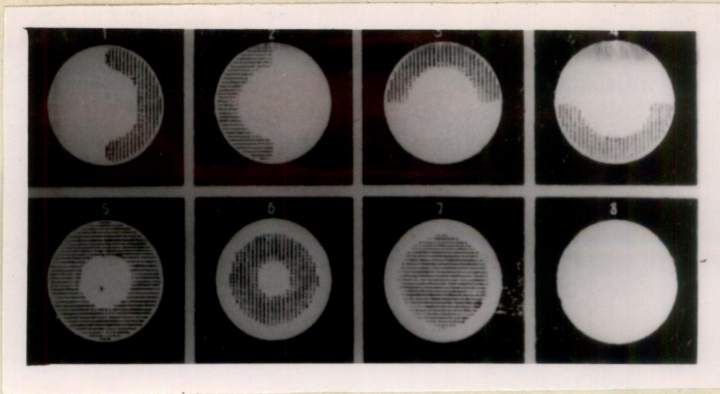
joon.5.



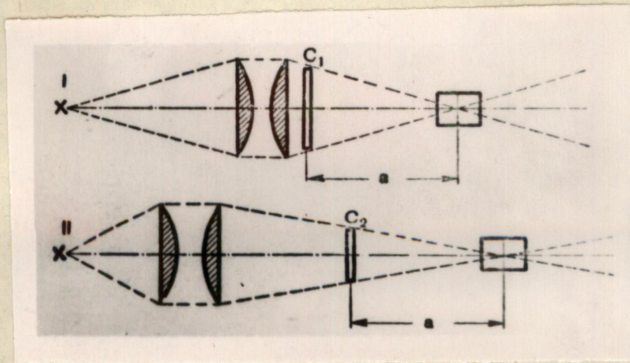
joon.6.



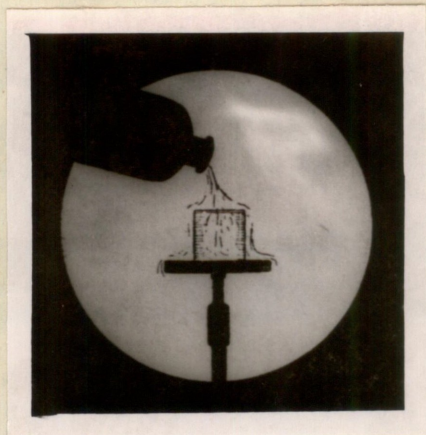
joon.7.



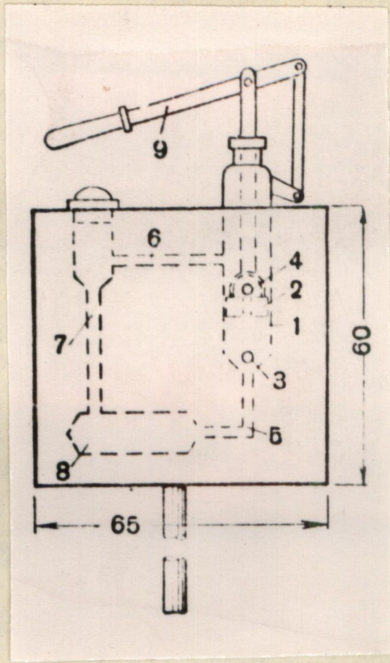
joon.8.



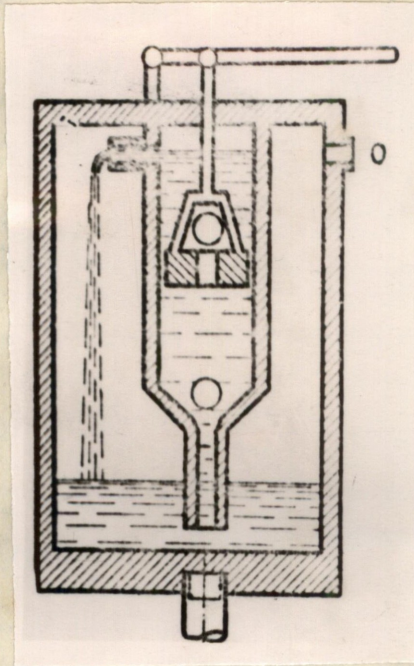
joon.9.



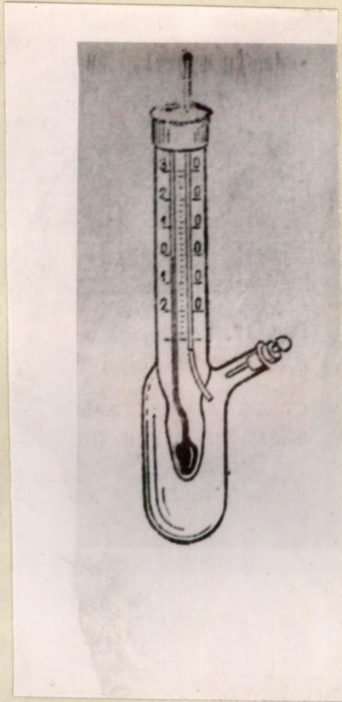
joon.10.



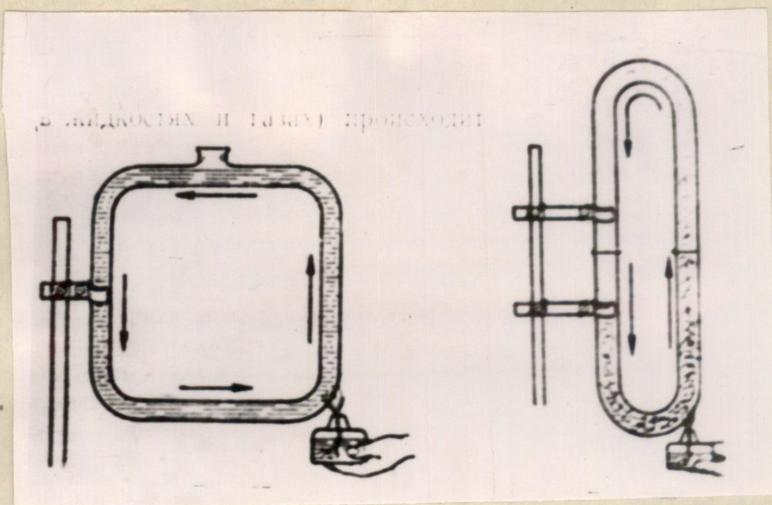
joon.11.



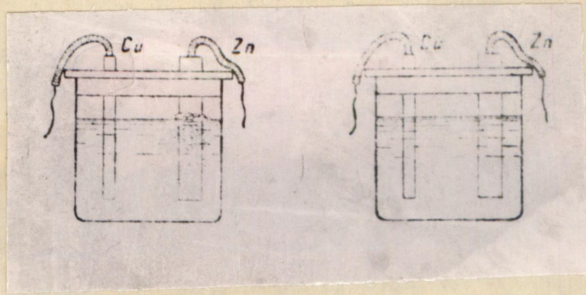
joon.12.



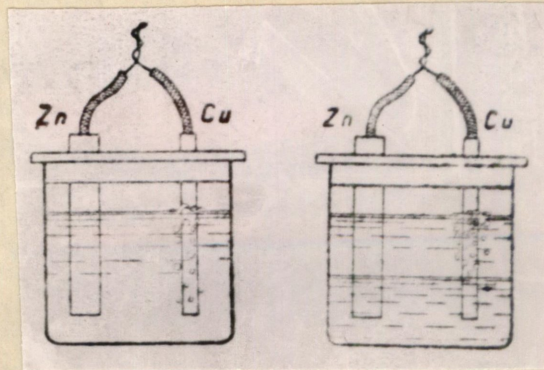
joon.13.



joon.14.



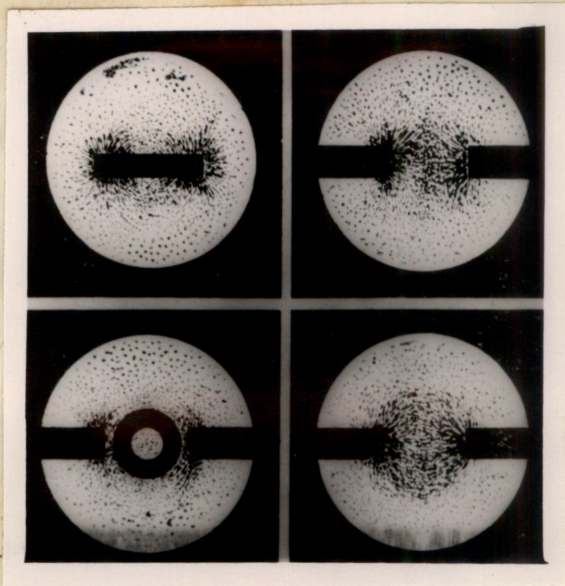
joon.15.



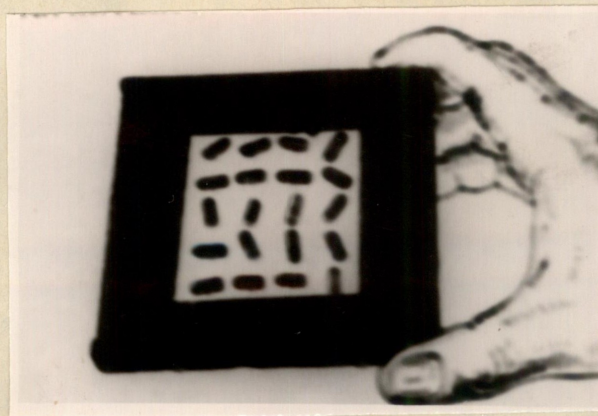
joon.16.



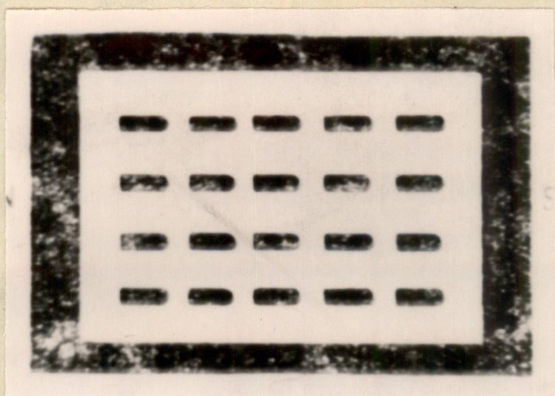
joon.17.



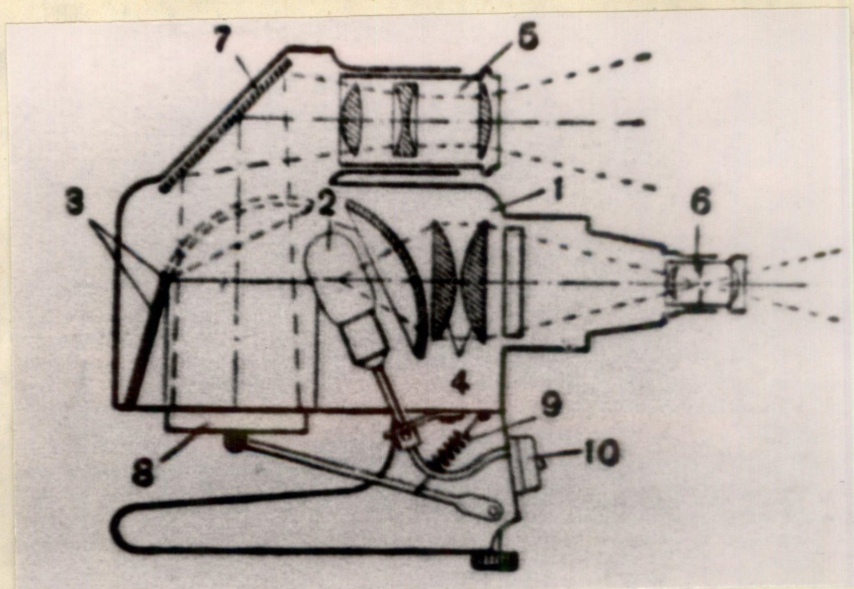
joon.18.



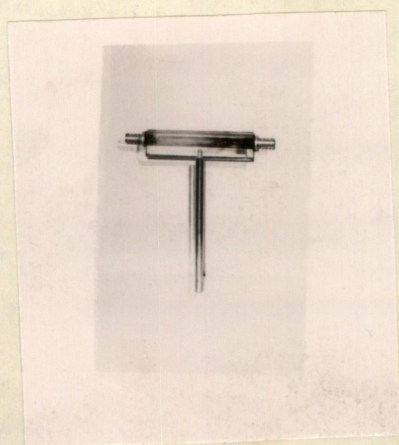
joon.19.



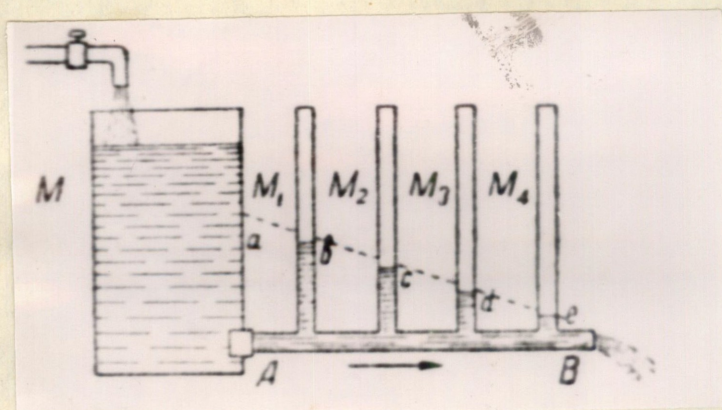
joon.20.



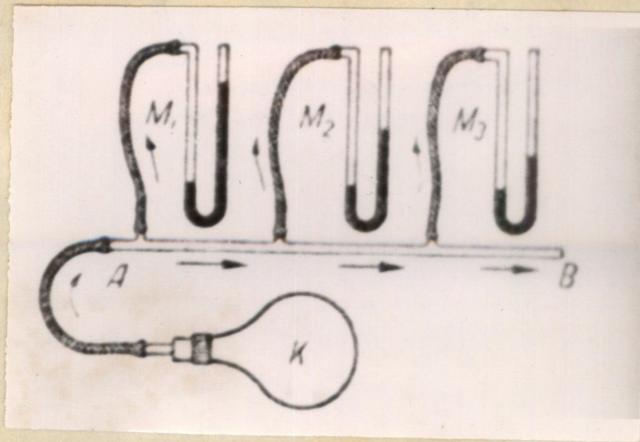
joon.21.



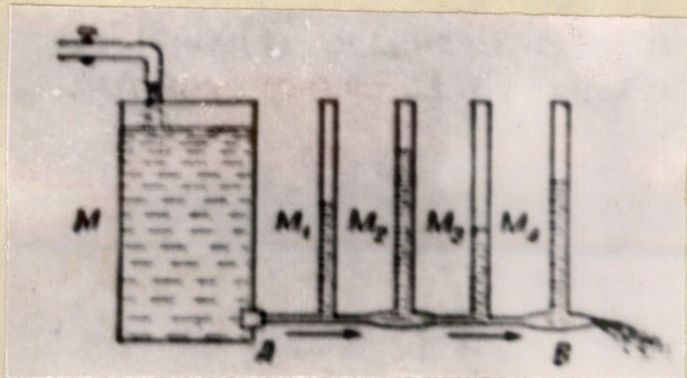
joon.22.



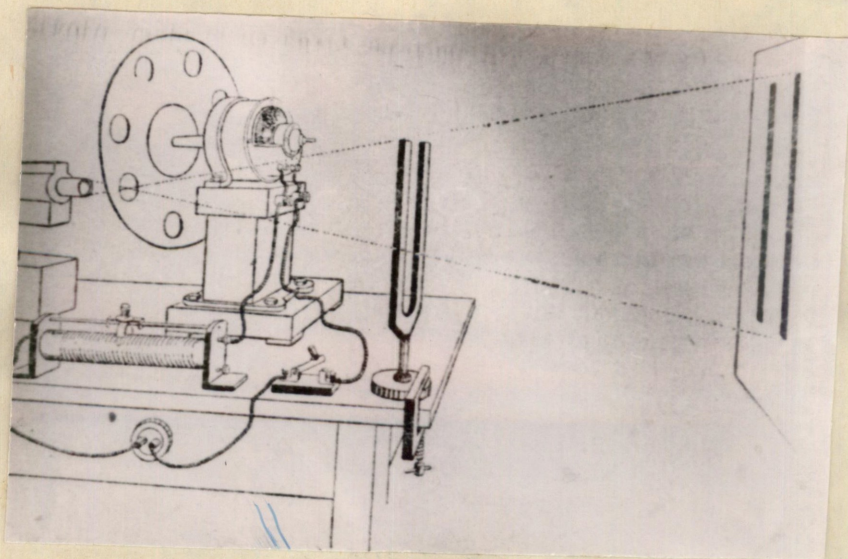
joon.23.



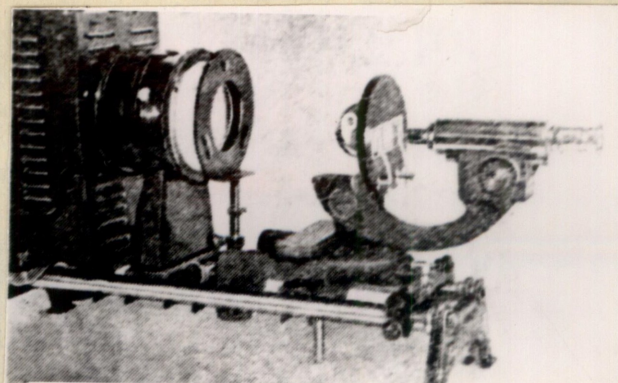
joon.24.



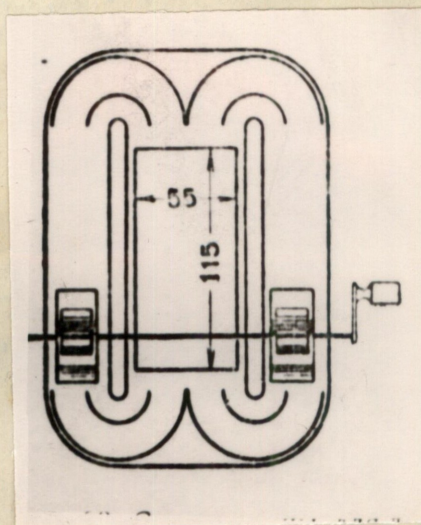
joon.25.



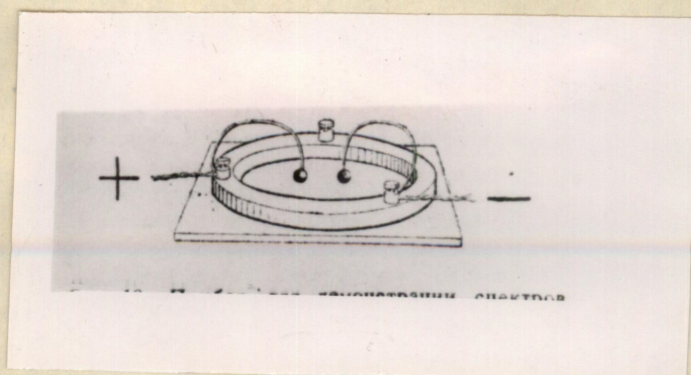
joon.26.



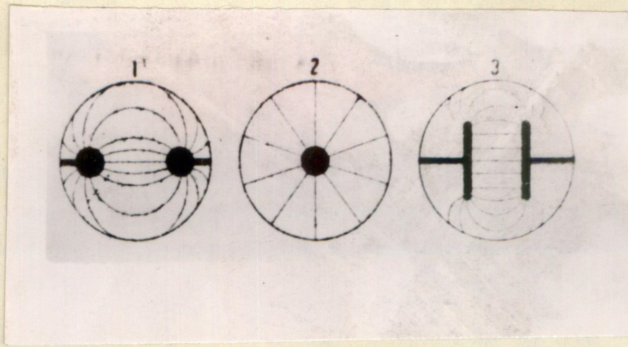
joon.27.



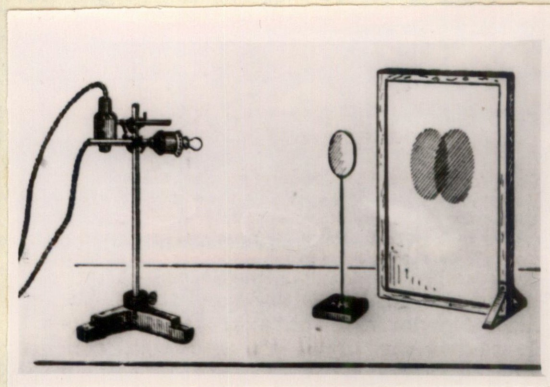
joon.28.



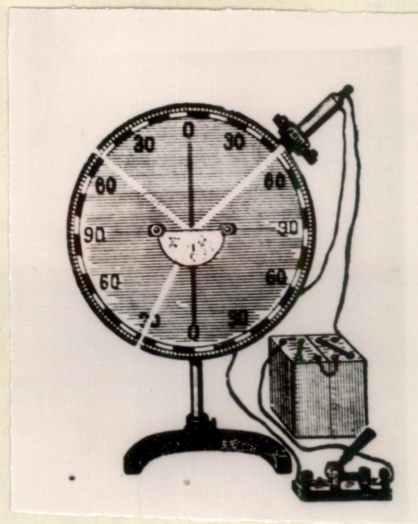
joon.29.



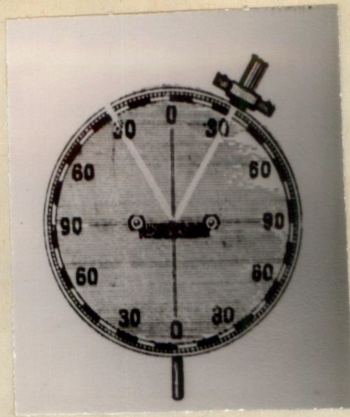
joon. 30.



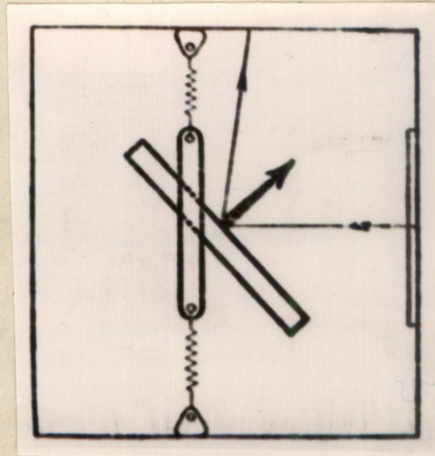
joon. 31.



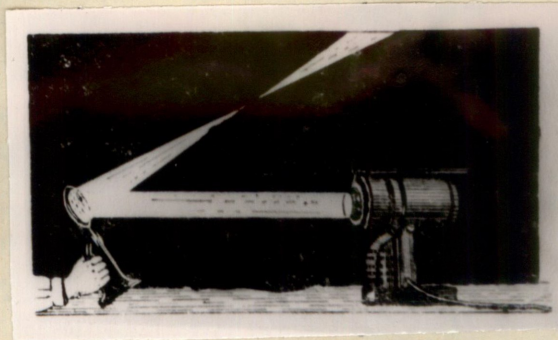
joon. 32.



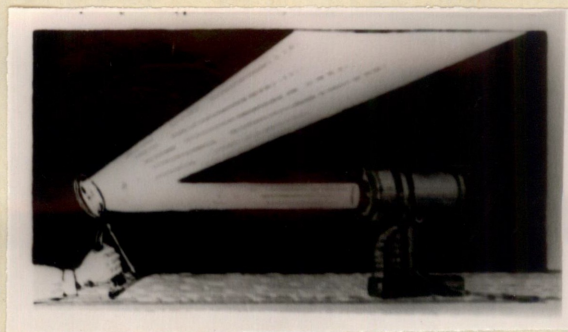
joon. 33.



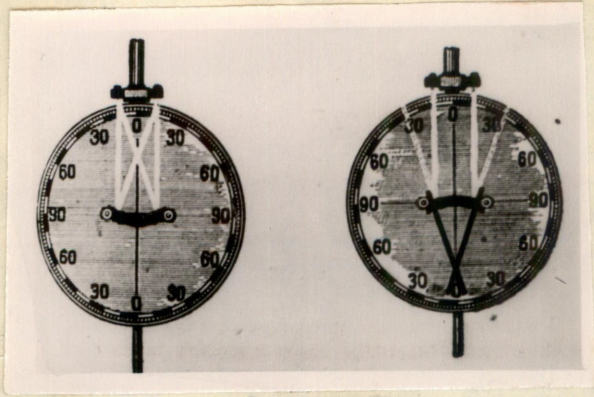
joon. 34.



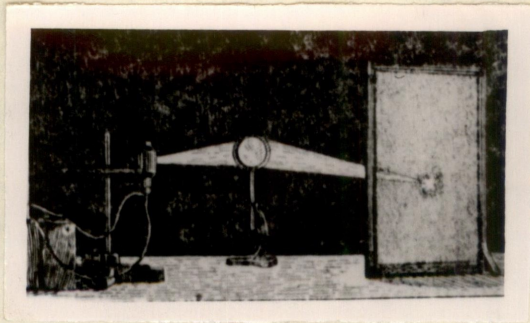
joon. 35.



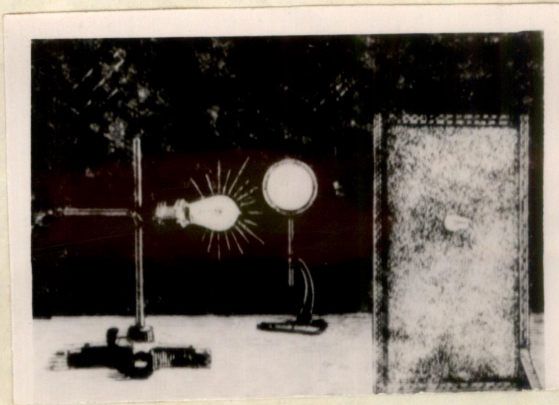
joon. 36.



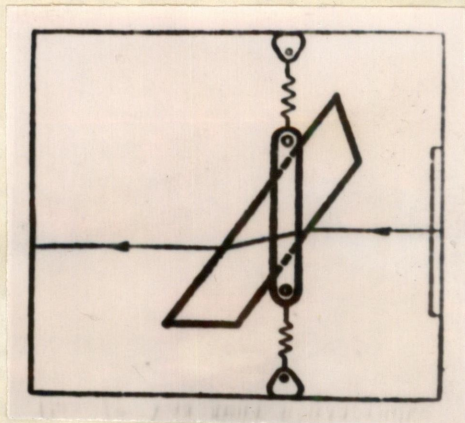
joon.37.



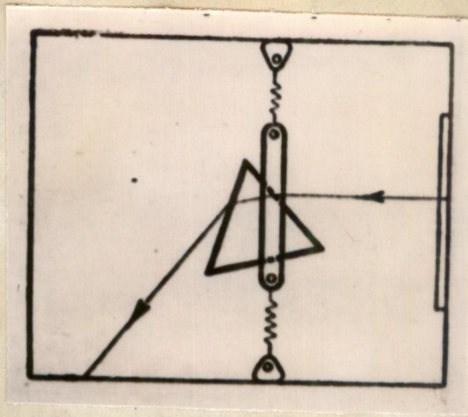
joon.38.



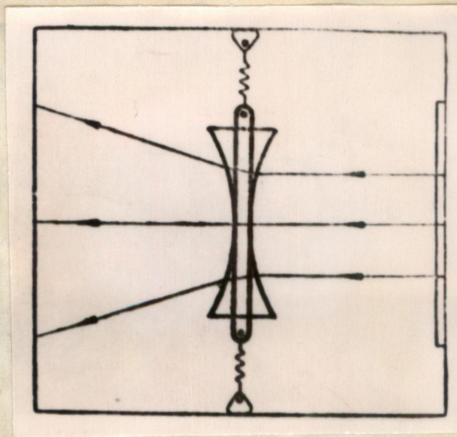
joon.39.



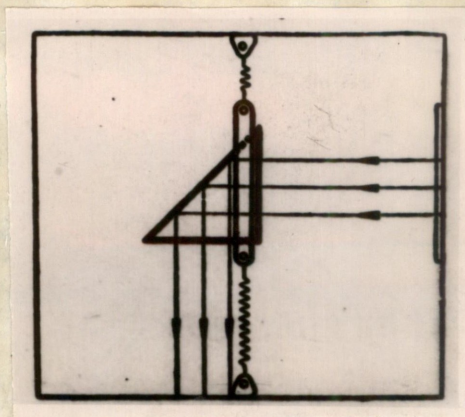
joon.40.



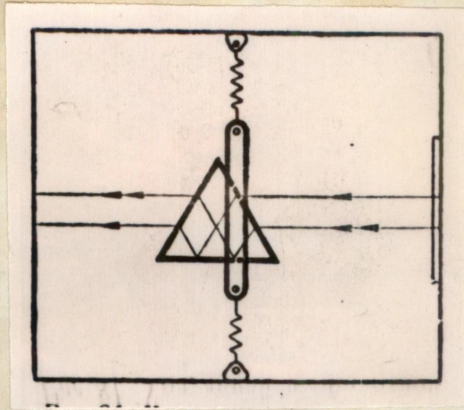
joon.41.



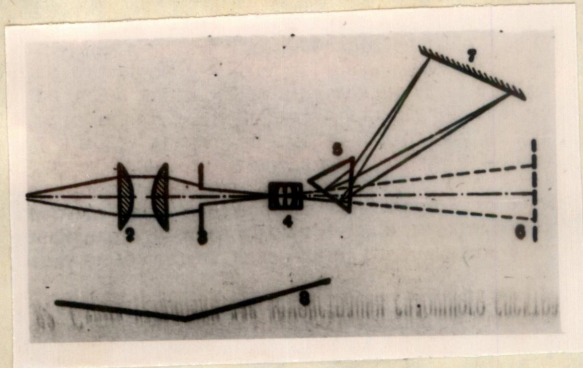
joon.42.



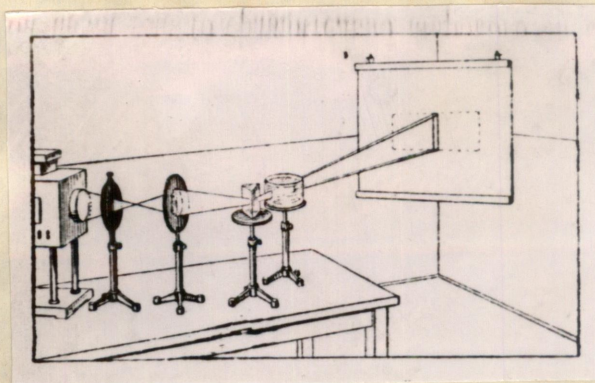
joon.43.



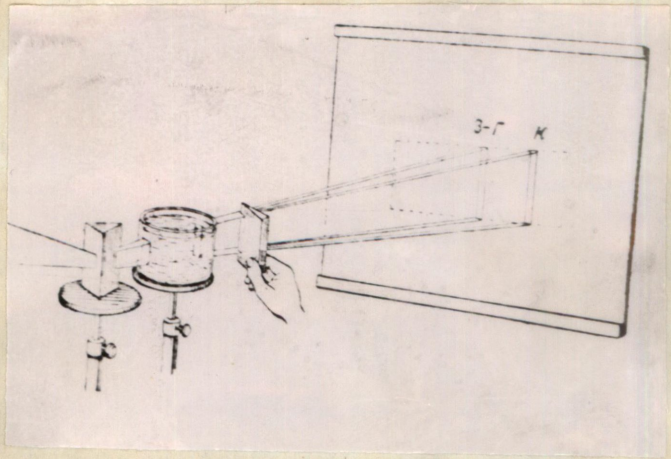
joon.44.



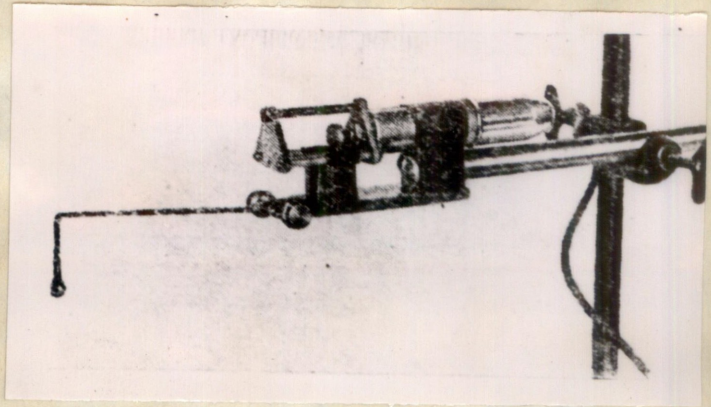
joon.45.



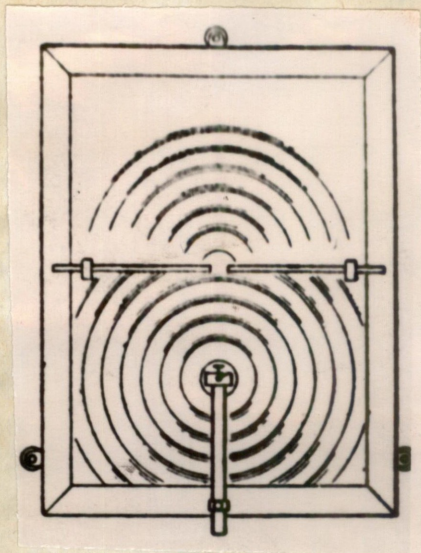
joon.46.



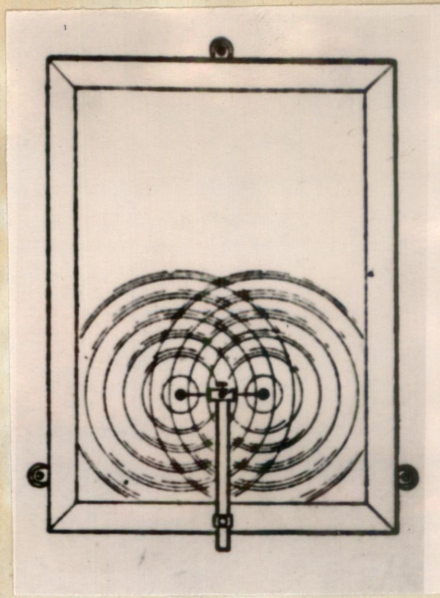
joon.47.



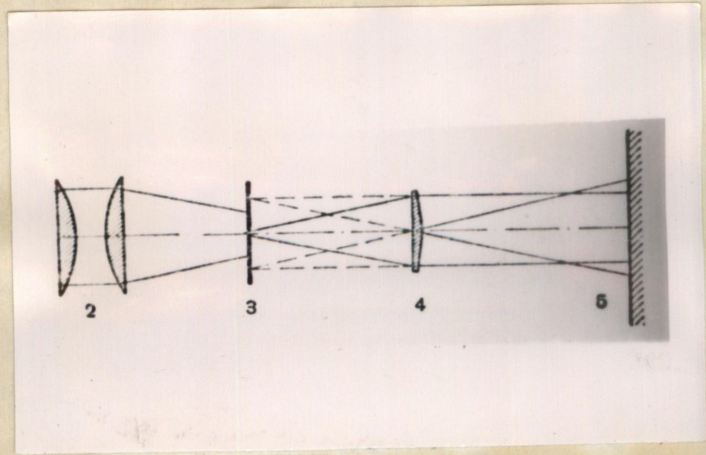
joon.48.



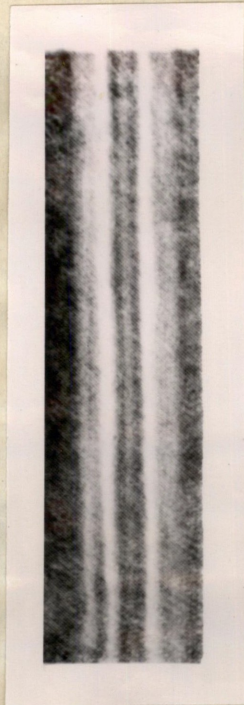
joon.49.



joon.50.



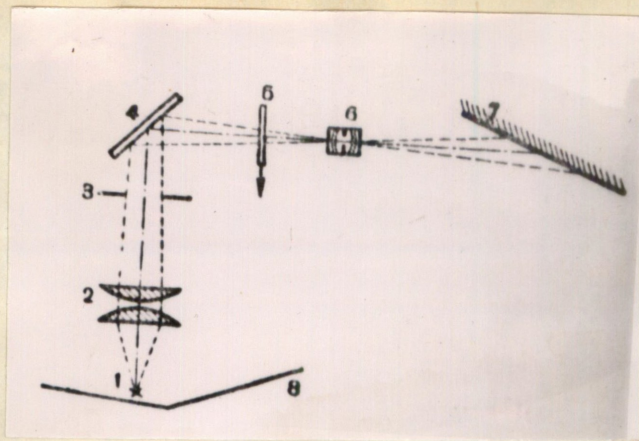
joon.51.



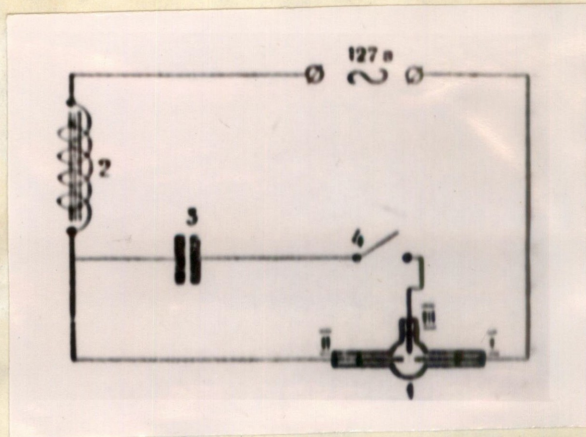
joon.52.



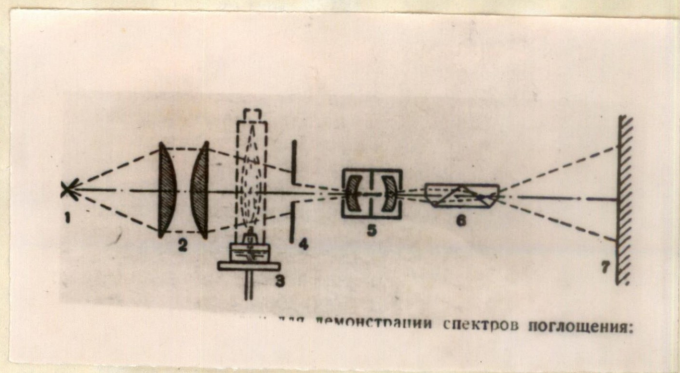
joon.53.



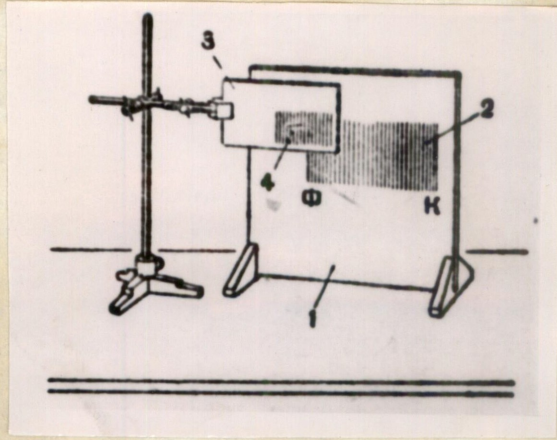
joon. 54.



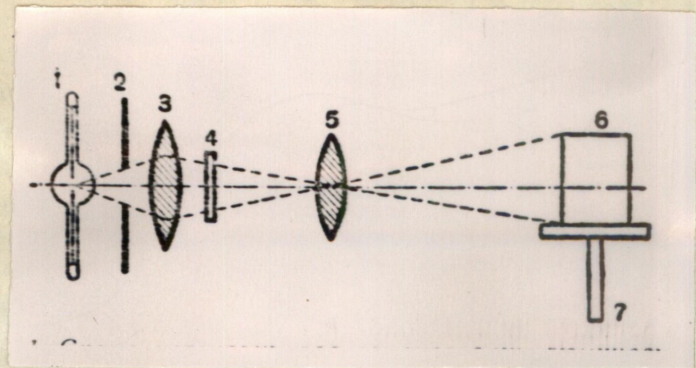
joon. 55.



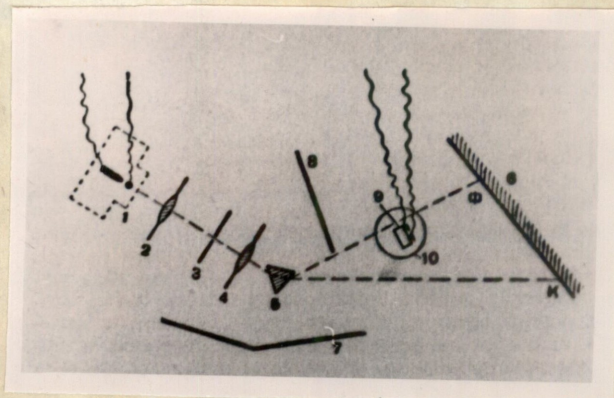
joon. 56.



joon.57.



joon.58.



joon.59.