



TARTU ÜLIKOOL

KATSETEHNIKA PRAKTIKUM

I

Gunnar Karu

TARTU 1990

TARTU ÜLIKOOL
Üldfüüsika kateeder

KATSETEHNIKA PRAKTIKUM

I

Gunnar Karu

Kolmas, täiendatud trükk

Tartu 1990

Kinnitatud füüsika-keemiateaduskonna nõukogus
18. aprillil 1990.a.

KUSTUTATUD

Anh.

Tartu Ülikooli
RAAMATUKOGU

10561

Kessõna

Käesolev väljaanne on mõeldud kasutamiseks füüsika-keemiateaduskonna IV kursuse üliõpilastele, kes õpivad füüsika õpetamise metoodikat.

Väljaandes käsitletakse koolidele toodetava füüsikakabineti põhivarustuse iseärasusi ja ekspluatatsioonireegleid, et õpetada neid seadmeid õigesti kasutama teises praktikumitsüklis temaatilise printsiibi järgi koostatud tööde tegemisel.

Et füüsika õpetamise metoodika süstemaatilist kursust ei ole võimalik üles ehitada füüsikalisest eksperimendist lähtudes, on tööülesannetes pööratud peatähelepanu katsetehnillistele küsimustele. Siit ka nimetus - katsetehnika praktikum.

See, kuidas demonstratsioonkatsed, laboratoorsed ja praktikumitööd ning eksperimentaalsed ülesanded põimuvad konkreetssesse teemasse või tundi, on vastluse all füüsika õpetamise metoodika loengukursuses.

Et korraldatavad katsed ei jääks üliõpilastele "katseteks iseeneses", vaid muutuksid "katseteks meie jaoks", on enamiku juures lisaküsimusena ülesanne: "Leida, millises klassis ja millise teema käsitlemisel seda katset tuleb näidata." Nende ülesannete täitmisel peab üliõpilane otsima programmist üles teema ja õpikust paragrahvi, kus vastavat küsimust käsitletakse. Vastused peavad olema võimalikult konkreetsed.

Märkmed tehakse tööjuhenditesse selleks eraldatud kohas. Muid materjale töö vormistamiseks ei nõuta. Loodame, et tulemuste selline fikseerimine aitab üliõpilastel omandatud teadmiste esimesel vastutusriika rakendamise perioodil - pedagoogilise praktika ajal - leida kiiresti vajalikud andmed tundideks valmistumisel ja abistab noort õpetajat ka pärast ülikooli lõpetamist.

Juhendites märgiga "x" tähistatud küsimustele on tarvis leida vastused enne praktikumi tulekut. Neid kontrollitakse tentaamenil ja nende õigsus on tööle lubamise eelduseks.

Juhendajale tuleb näidata ülesseatud demonstratsioonkatseid, et juhendaja saaks veenduda valitud katsevahendite õigsuses ja katse efektiivsuses enne katseseadme lahtivõtmist.

Märgiga "o" tähistatud demonstratsioonide näitamine juhendajale on kohustuslik.

Kõik üliõpilased on kohustatud täitma katsetehnika praktikumi sisekorraeeskirju. Eeskirjade mittetäitmisest tingitud katseseadmete rikkumise korral kannab üliõpilane materiaalselt vastutust.

G. Karu

Üliõpilase tööde sooritamise
graafik

Töö nimetus	Töö teos- tamise kuupäev	Praktikumi juhen- daja märkus tööle lubamise kohta	Juhendaja mär- kus töö lõpe- tamise kohta	Juhendaja mär- kus töö vastu- võtmise kohta
Pumbad				
Elektrimõõteriistad				
Alaldid				
Transformaatorid				
Ostsillooskoop ja heligeneraator				
Projektsiooni- aparatuur				

1. PUMBAD

Füüsika koolikursuses on pumbad nii omaette uurimisobjektiks (- - - - millise klassi kursuses ja millistes - - - - teemades? - - - -) kui ka abivahendiks paljude demonstratsioonkatsete korraldamisel. Käesoleva töö eesmärgiks on tutvuda kooli füüsikakabinettidele toodetavate mitmesuguste pumpadega ja korraldada nendega mõned demonstratsioon katsed.

1.1. Šintsi pump

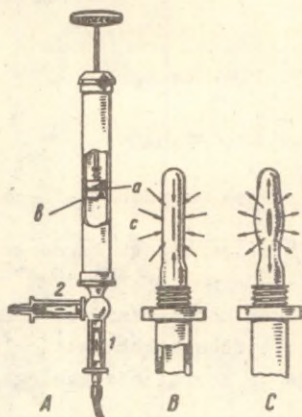
Šintsi pumba ehitus ja tööprintsip selgub jooniselt 1. Teda kasutatakse nii hõrenduse kui ka ülerõhu tekitamiseks. Maksimaalne hõrendus on 20 mm Hg, maksimaalne rõhk 2,5 at. Et selle pumba puhul vaakumsüsteemi tühjeks pumpamise kiirus on väike, tuleb tema kasutamisel tunnis valida võimalikult väiksema ruumalaga anumad.

Ülesanne 1. Tutvuda Šintsi pumba ehitusega.³ Kirjeldada tema tööprintsipi joonise 1 põhjal.

a -

b -

c -



Joonis 1.

Kumb niplitest (1 või 2) tuleb ühendada hõrendatava, kumb ülerõhku tekitatava süsteemiga?

☞ Märkige joon. 1,B ja 1,C nooltega õhu liikumise suund pumba niplis.

Ülesanne 2. Näidata katset Magdeburgi poolkeradega.

Poolkerade ääred puhastage hoolikalt piiritusega ja määrige seejärel tehnilise vaseliiniga. Ühendage poolkerad kummivooliku abil pumbaga ning avage kraan. Tekitage hõrendus, sulgege kraan ja eemaldage kummivoolik. Proovige poolkerasid lahti tõmmata. Selle katse demonstreerimisel klassis võib poolkerad anda mõne õpilase kätte, paludes teda poolkerasid lahti tõmmata.

☞ Millise klassi kursuses ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata?

* Kas õpikus on seda katset illustreeriv joonis? Kui jah, siis kuidas seda klassis kasutada, kui ei, siis millise tahvlijoonise peaks tegema selle katse näitamiseks?

1.2. Komovski pump ja manomeetriga õhuhõrenduskuppel

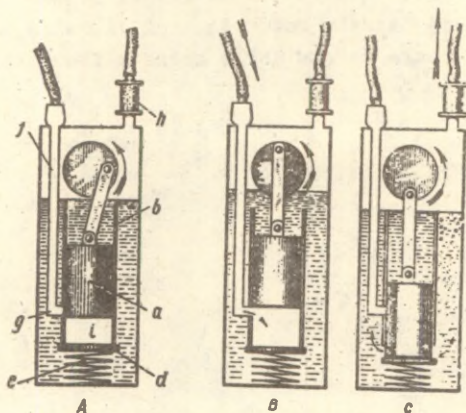
Komovski pump on konstruktsioonilt täiuslikum ja võimaldab kiiremini saavutada nii vajaliku rõõnduse kui ka ülerõhu, mistõttu tema kasutamine tunnis on palju mugavam kui Šintsi pumba kasutamine.

Komovski pumbaga (joon. 2) saab tekitada vaakumsüsteemis piirirõhu 0,3 mm Hg (pumbas oleva õli aururõhk). Kui kasutame seda pumpa surupumbana, saame maksimaalse rõhu 4 at. Komovski pumbaga saab rõõnduse 2 mmHg umbes 10 min. jooksul.



Joonis 2.

Komovski pumba põhiosad selguvad jooniselt 3,A.



Joonis 3.

- a - kolb,
- b - silinder,
- d - silindri põhi, mis on ühtlasi klapiks,
- e - vedru, mis surub silindri põhja vastu silindrit,
- f - toru, mis ühendab pumba hõrendatava ruumiga,
- g - silindri külgselinas olev ava,
- h - õlipüüdja, mis hoiab kinni pumbast tulevas õhus leiduvad väikesed õlipiisad.

* Ülesanne 3. Selgitada pumba tööprintsipi joonise 3,A; 3,B; 3,C põhjal.

Esimene takt: kolb liigub üles

Teine takt: kolb liigub alla _ _ _ _ _

Komovski pumba kasutamisel tuleb juhendada järgmistest eeskirjadest.

1. Pumba konstruksiooni iseärasustest tingituna ei tohi pumba ringi ajada suurema kiirusega kui 150—200 p/min. Seda tuleb arvestada ka ajami valmistamisel, kui soovitakse pumba käitada elektrimootoriga.

2. Pärast töö lõpetamist tuleb pump kohe lahutada vaakumsüsteemist. Kui töö katkestamise hetkel on kolb kõrgemal silindri külgselas olevast avast g ja klapp pole millegipärast korralikult sulgunud, võib õhurõhu tõttu õli tungida hõrendatud ruumi ja sealt kummivooliku kaudu seadeldisse, milles tekitati õhuhõrendus.

3. Õli lisamiseks pumba tuleb pumba korpuse tagaseina keskel asuv kork välja keerata ja imeda õli imeva nipli kaudu pumba seni, kuni see hakkab korgi avast välja voolama. Seejärel eemaldatakse imevat niplit õlinõuga ühendav voolik, suletakse kork ja pööratakse hooratast umbes 10 ringi, et imevast niplist õli eemaldada.

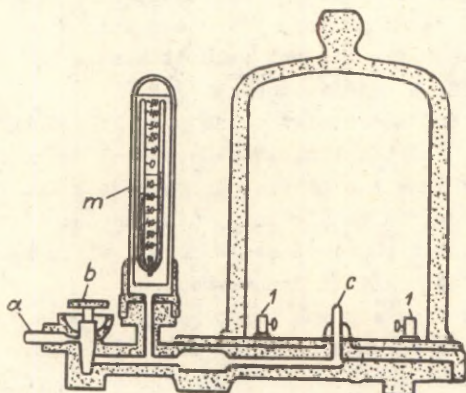
4. Tungiva vajaduseta ei soovitata pumba lahti võtta. Kui see on siiski vajalik, tuleb juhendada pumbaga kaasas olevast tehase instruksioonist.

Komovski pumba kasutatakse paljudel juhtudel koos õhuhõrenduskupliga (joon. 4). Selle seadeldise põhiosad:

- a) madalatele jalgadele toetuv massiivne alusketas, milles on nipleid a ja c ühendav kanal (vt. joon.5),
- b) kraan (b),
- c) manomeeter (m),
- d) klemmid (1) ja (2) kupli alla paigutatud esemete (näiteks elektrikõlisti) ühendamiseks vooluallikaga,
- e) paksuseinaline klaaskuppel.



Joonis 4.



Joonis 5.

Nipli c võib vajaduse korral maha kruvida. Kraani b ümber on poolkerakujuline väljalõige, millesse parema tihenduse saavutamiseks valatakse õli. Kraanil on nool, mille teravik õhu väljapumpamisel peab olema suunatud pumba poole. Teistes asendites kraan sulgeb ühenduskanali.

Pärast katse lõpetamist tuleb õhk pikka aega lasta kupli alla, pöörates ettevaatlikult kraani b. Vastasel korral võib manomeetris olev elavhõbe kiire rõhu tõusu tõttu klaastoru purustada.

Ülesanne 4. Näidata kehade langemist atmosfäärirõhul ja hõrendatud ruumis.

Katses kasutatakse Newtoni toru. See on umbes ühe meetri pikkune paksuseinaline klaastoru, mille üks ots on kinni sulatatud, teises otsas asub kraaniga varustatud nippel. Torus on metallkuulike, korgitükk ja udusulg.

Ühendage kummivooliku abil Newtoni toru Komovski pumba imeva nipliga ning avage kraan. Kui olete saavutanud vajaliku hõrenduse, sulgege kraan ja võtke kummivoolik maha.

Pööra toru vertikaalasendisse ning demonstreerige kuulikese, korgitüki ja udusule langemist hõrendatud ruumis. Pööra toru kiiresti 180° võrra ja korra katset. Ettevaatust! Ärge lööge toru ümbritsevate esemete vastu!

Leidke kätele selline asend, et toru oleks mugav pöörata ning kehade langemine oleks õpilastele hästi nähtav.

Avage aegamööda kraan ja näidake, et õhurõhu pideval suurenemisel langevad eri kehad erineva kiirendusega.

Fikseerige vajaliku hõrenduse saavutamiseks kulutatud aeg! _ _ _ _ _

* Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? (Õpiku lehekülg ja teema nimetus.) _ _ _

_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

Kas õpikus on seda katset illustreeriv joonis? Selle kvaliteet ja ettepanekud täiustamiseks. _ _ _ _ _

_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

Ülesanne 5. Näidata katset "Fontään vaakumis". Katset saab korraldada nii tööstusliku kui ka omavalmistatud katseriistaga (joon. 6).

Ühendage katseriist pumbaga ja tekitage hõrendus. See-

järel pöörake kummivoolik kahekörre ja pigistage käega kin-
ni. Võtke see pumba niplilt maha ja asetage ots veega täi-
detud nõusse. Vabastage voolik ja demonstreerige fontääni
torus.



Joonis 6.

■ Millises klassis ja millise teema õp-
pimisel tuleb seda katset näidata?

Kas õpikus on seda katset illustree-
riv joonis? Selle kvaliteet ja ettepa-
nekud täiustamiseks.

Ülesanne 6. Näidata vee keemistemperatuuri sõltuvust
rõhust.

Puhastada õhuhõrenduskupli ketas ja klaaskuppel piiri-
tusega ja määrada seejärel tehnilise vaseliiniga. Keerata
välja nippel c (joon. 5) ja asetada kupli alla kristal-
lisaator kontsentreeritud väävelhappega. Ettevaatust!
Kristallisaatori kõrvale paigutada keeduklaas veega, mille
temperatuur on umbes 60 °C.

Ühendage õhuhõrenduspump vaakumtaldrikuga ja tekitage
selline hõrendus, et keeduklaasis olev vesi hakkaks keema.

■ Milleks on selles katses kupli all kristallisaator kont-
sentreeritud väävelhappega?

Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? Kas õpikus on katset illustreeriv joonis?

NB! Pärast katse lõpetamist tuleb pumba sattunud veeau-ru eemaldamiseks pöörata käepidet mõnikümme korda, lahutades eelnevalt pumba vaakumsüsteemist.

Ülesanne 7. Näidata õhupalli paisumist õhuhõrenduspumba kupli all.

* Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata?

Kuidas selgitada õpilastele vaadeldud nähtust?

* Kas õpikus on katset illustreeriv joonis? Selle kvaliteet ja ettepanekud täiustamiseks!

Ülesanne 8^o. Näidata katset joonisel 7 kujutatud katse-riistaga.

Paigutada katseseade õhupumba kupli alla, tekitada hõrendus ja jälgida, mis toimub.



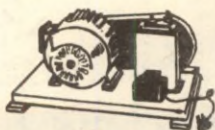
Joonis 7.

Millises klassis ja millise teema käsitlemisel tuleb seda katset näidata?

Kuidas selgitada õpilastele vaadeldavat nähtust? Tehke illustreeriv joonis.

1.3. Elektriajamiga vaakumpump

Kuna Komovski pump ei kindlusta kõikide katsete läbi viimiseks vajalikku hõrendust ja vaakumsüsteemi tühjaks-pumpamise kiirus on väike, hakati koolidele seeriaviisiliselt tootma elektriajamiga vaakumpumpa (vt. joon. 8).



Joonis 8.

Tehnilisi andmeid. Maksimaalne hõrendus 0,1 mm Hg. Maksimaalne rõhk 4 at. Pump täidetakse vaakumõliga BM-4. Elektriajam koosneb ühefaasilisest asünkroonmootorist nimipingega 220 V ja kiilrihmülekandest.

Tähelepanu! Et vältida õli väljavalgumist pumbast pärast mootori seiskamist, peab eelnevalt vaakumsüsteemi pumbast lahutama. Kui vaakumsüsteemil puudub kraan, tuleb suruda kokku kummivoolik, kasutades kruviklambrit. Äärmisel juhul võib seda teha ka kätega.

Ülesanne 9. Tutvuda elektriajamiga vaakumpumbaga ja kirjutada üles mootori sildandmed ning pumba käsitlemise reeglid (vt. sildandmeid pumba korpusel). _ _ _ _ _

_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

* Kirjeldada mehaanilise vaakumpumba tööprintsipi ja varustada see illustreerivate jooniste seeriaga. (Vt. 1, lk. 28.)

Ülesanne 10. Näidata hääle nõrgenemist hõrendatud õhuga ruumis.

Paigutage elektrikõlisti õhupumba kupli alla ja näidake, et normaalõhul on kõlisti helisemine hästi kuulda. Tekitanud kupli all hõrenduse, näidake, et hääle valjus muutub järjest väiksemaks.

☒ Kuidas tagada, et hääel ei leviks edasi vaakumtaldriku malmaluse kaudu? _ _ _ _ _

☒ Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? _ _ _ _ _

☒ Kas õpikus on seda katset illustreeriv joonis? _ _ _ _ _

Ülesanne 11. Näidata kehade langemist Newtoni torus ja võrrelda tulemust Komovski pumbaga korraldatud katsega.

Ülesanne 12^o. Näidata vee külmumist vaakumpumba kupli all.

Paigutada vaakumpumba kupli alla kristallisaator kontsentreeritud väävelhappega. Ettevaatust! Kristallisaatorile asetada vaskvõrk ning sellele klaaskausike, milles on natuke puhast vett. Katta taldrik klaaskupliga, hoolitsedes eelnevalt selle eest, et vaakumsüsteemi lekkimine oleks

minimaalne. Käivitada pump. Vesi hakkab hõrendatavas ruumis kiiresti aurustuma, kusjuures osa auru pumbatakse koos õhuga välja, osa aga neeldub väävelhappes. 4 - 5 minuti pärast peaks olema vesi külmunud.

Et demonstreerida seda kogu klassile, tuleb kuppel maha võtta ja näidata õpilastele klaaskausikesse tekkinud jääd.

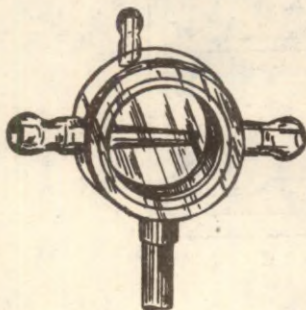
Märkige üles manomeetri näit ja katse teostamiseks kulunud aeg. -----

1.4. Veejoapump

Veejoapumba pleksiklaasist töötav mudel (joon. 9), mida toodetakse koolidele, on ette nähtud pumba ehituse ja tööprintsibi tutvustamiseks. Pumbaga saab tekitada ainult hõrendust.

Ülesanne 13. Näidata hõrenduse tekitamist veejoapumbaga.

Kõige lihtsamalt saab seda teha õhuvooluga. Selleks paigutage hõrendatava ruumiga ühendatavale niplile põleva paberossi hülsipoolne ots. Sellega 90°-se nurga all paiknev sisendnippel ühendage pulverisaatori kummiballooniga (või surupumbaga). Pumbake õhku läbi veejoapumba ja näidake õhujoa imevat toimet. Kuidas parandada katse nähtavust?



Joonis 9.

Korrake sama katset, projitseerides veejoapumba projektsiooniaparaadi abil ekraanile.

* Millises klassis ja millise

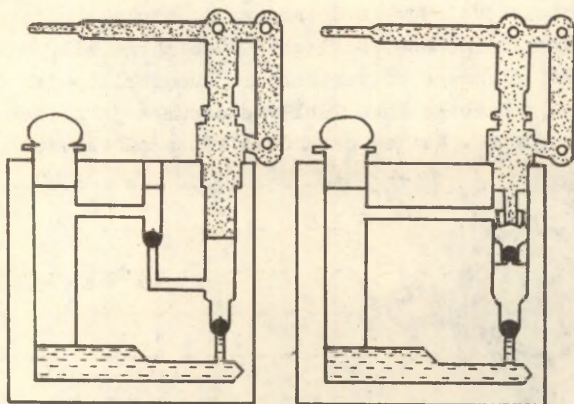
teema käsitlemisel tuleb näidata seda katset? _ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

* Kas raamatus on katset illustreeriv joonis? Kuidas seda tunnis kasutada? _ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

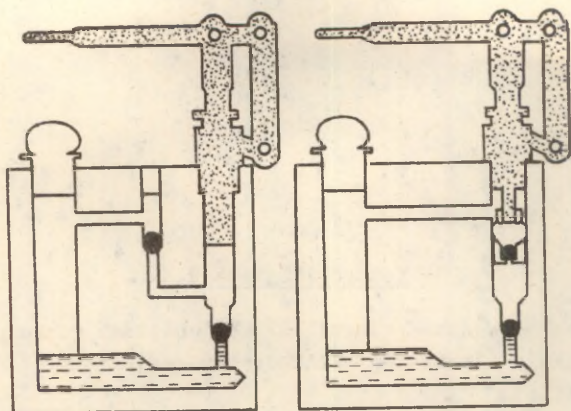
1.5. Imi- ja surupumba mudelid

Ülesanne 14. Tutvuda mudelite ehitusega, projitseerida nad ekraanile ja demonstreerida mudelite tööd.

Illustreerida joonistel 10 ja 11 pumpade tööd. Näidata vedeliku liikumine ja klappide asend kolvi liikumisel üles, kolvi liikumisel alla.



Joonis 10.



Joonis 11.

1.6. Pascali pump

Pascali pumpa kasutatakse Pascali seaduse demonstreerimiseks. Kuna augukestega kera on ärakeeratav, pumba silinder aga läbipaistev, saab sama seadmega näidata ka vedelikusamba tõusu kolvi all.

Ülesanne 15. Näidata vedelikusamba tõusu kolvi all ja demonstreerida Pascali pumpa.

Milliste paragrahvide käsitlemisel tuleb näidata neid katseid?

Tehke katseid illustreerivad tahvlijoonised koos selgitustega.

Kontrollküsimused

1. Millise hõrenduse korral hakkab näitama vaakumpumba taldrikule kinnitatud elavhõbemanomeeter? Selle tööprintsiip.
2. Kuidas kontrollida õhuhõrenduskupli korrasolekut?
3. Mispoolt erineb Komovski pumba ehitus rotatsioonipumba ehitusest?
4. Kas rotatsioonipump saab töötada, kui rootor panna vastupidises suunas pöörlema?
5. Kuidas kontrollitakse õli taset pumbas?
6. Millistest faktoritest sõltub veejoapumbaga saadava hõrenduse suurus?
7. Kuidas selgitada vee keemist madaldatud rõhul?
8. Kuidas parandada nähtavust katses Newtoni toruga?
9. Kuidas defineeritakse rõhuühikut 1 paskal (Pa) ja milline on selle seos ühikuga "millimeetrit elavhõbedasammast" (mm Hg)?

2. ELEKTRIMÕÕTERIISTAD

Käesoleva töö eesmärgiks on tutvuda koolis kasutatavate demonstratsioon-elektrimõõteriistadega, omandada mõningaid oskusi nende valikuks ning õppida tundma voolujaotuskilpe.

Ettevaatust! Mõõteriistad on väga tundlikud. Nende rikkimineku vältimiseks on vaja rangelt täita elektrimõõteriistade ekspluateerimise põhinõudeid.

1. Tutvuda kasutatava mõõteriista konstruktsiooni iseärasustega.

2. Enne mõõteriista lülitamist vooluringi hinnata mõõdetava suuruse ligikaudne arvvaartus ja valida sellele vastav mõõtepiirkond.

3. Kui mõõdetava suuruse ligikaudse väärtuse hindamine ei ole võimalik (puunduvad igasugused lähteandmed), tuleb valida suurimavõimalik mõõtepiirkond ja lülitada mõõteriist vooluahelasse ainult hetkeks!

2.1. Demonstratsioonigalvanomeeter

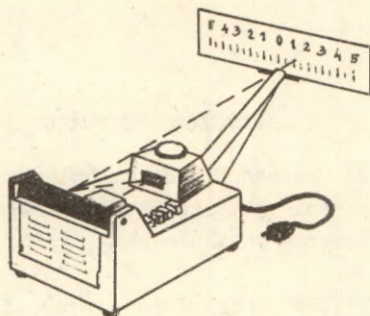
Magnetelektrilise mõõtemehhanismi ja valgusosutiga galvanomeeter M 1032 (joon. 12) on mõeldud voolu ja pingemõõtmiseks demonstratsioonkatsetel. Riista näit on nähtav kuni 8 m kauguselt, põhilised tehnilised andmed on esitatud riista korpusele kinnitatud sildil.

Galvanomeetri ettevalmistamine mõõtmiseks

Paigutage galvanomeeter demonstratsioonilauale ja valige sobiv skaala (nulljaotusega äärel või keskel).

Lülitage sisse valgusosuti. Lampi toidetakse 220V pingega võrgust.

Kontrollige, et ümberlülitati oleks asendis "App". (Mõõtemehhanismi raam on sel juhul lühistatud.)



Joonis 12.

Ühendage galvanomeeter mõõteahelasse.

Asetage ümberlülitite asendisse "x100".

Reguleerige välja nullseis, pöörates peeglit, millega saate nihutada valguslaiku vertikaaltasandis ja nullkorrektorit.

Lülitage sisse vooluring ja sooritage vajalikud mõõtmised. Kui osutub, et hälve on liiga väike, suurendage galvanomeetri tundlikkust, asetades ümberlülitite asendisse "x10" või "x1". Viimasel juhul on galvanomeetri voolu- ja pingekonstandi väärtused võrdsed sildil märgitud väärtustega.

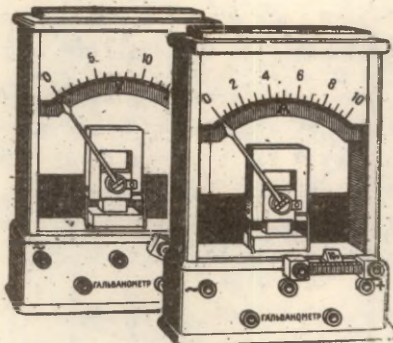
Galvanomeetri ümberpaigutamisel ja mõõtmiste lõpetamisel tuleb ta tingimata arreteerida.

Ülesanne 1. Tutvuda demonstratsioonigalvanomeetri ehitusega. Märkige vihikusse riista sildiaandmed. Kasutage galvanomeetrit induktioonvoolu demonstreerimiseks sirgjuhtmes, kui see liigub hobuserauakujulise püsिमagnetipooluste vahel. Valige sobivad katsevahendid ja näidake katset juhendajale.

Millises klassis seda katset tuleb näidata? Kuidas sellest katsest lähtudes tuletada parema käe reeglit?

2.2. Amper- ja voltmeeter koos galvanomeetritega

Riista esiküljel on viis klemmi. Üht värvi (tavaliselt mustad) klemmid on tähistatud märkidega "+" ja "~" ning keskmine ühine klemm on tähiseta. Nende all on klemmipaar (tavaliselt punased), mille vahele on kirjutatud "galvano-meeter" (joon. 13).

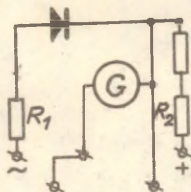


Joonis 13.

Riista tagaküljel on nullkorrektor ja sahtel vahetatavate šuntide või eeltakistitega.

Tähelepanu! Igal voltmeetril on temale individuaalselt sobitatud eeltakisti, mis kannab sama numbrit mis voltmeetergi. Kontrollige nende numbrite vastavust, kuna muidu saate vale lugemi.

Ampermeetri põhimõtteskeem on toodud joonisel 14. Takistitega R_1 ja R_2 sobitatakse riista sisetakistus šuntidega. Ampermeetri mõõtemehhanismi mähise takistus on umbes 385 oomi (täpne takistus märgitakse riista skaalale). Taandatud viiga kasutamisel alalisvooluringis 4 %, vahelduvvooluringis 5 %.



Galvanomeeter

Joonis 14.

Mõõtepiirkonnad:
galvanomeetrina 0,25 mA, alalis- ja
vahelduvvooluampermeetrina 3 A ja
10 A.

Konkreetsse riista skaala jaotise väärtus märgitakse galvanomeetri skaalale.

Ettevaatust galvanomeetri kasutamisel! Riist on väga tundlik ülekoormuste suhtes.

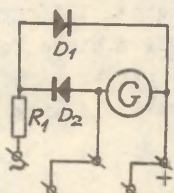
Riista kasutamisel alalisvooluampermeetrina lülitatakse šunt keskmise ja parempoolse klemmi vahele, kasutamisel vahelduvvooluampermeetrina - keskmise ja vasakpoolse klemmi vahele (vt. joon.14). Riista ettevalmistamisel tööks tuleb kohale paigutada ka šundile ja vooluliigile vastav skaala.

Ülesanne 2. Tutvuda demonstratsiooniampermeetri ehitusega ja harjutada riista ettevalmistamist mõõtmiseks alalisvooluringis, kui mõõdetav voolutugevus on ligikaudu 2 A, 5 A, 8 A; vahelduvvooluringis, kui voolutugevus on 1 A, 4A, 7 A. Joonestage riista eestvaade, kuhu märkige valitud skaala, ja näidake, milliste klemmide kaudu ühendate riista vooluringi.

Voltmeetri põhimõtteskeem on toodud joonisel 15. Erinevalt ampermeetrist kasutatakse voltmeetris kahte pooljuhtdiode. Esimesel poolperioodil läbib vool diodi D_1 ja mõõtemehhanismi, teisel poolperioodil keskmiselt klemmilt läbi diodi D_2 vasakpoolsele klemmile. Diodi D_2 tõttu ei

läbi vastuvool D_1 , vastasel korral võiks D_1 rikki minna. Pooljuhtalaldi on lülitatud paralleelselt mõõtemehhanismiga ka pinge mõõtmisel alalisvooluringis, kuna selle takistus on aga palju suurem raami mähise takistusest, on venttiili šunteeriv mõju alalispinge mõõtmisel tähtsusetu.

Voltmeetri mõõtemehhanismi mähise takistus on ligikaudu 2,3 oomi. Taandatud viga: 4 % alalisvooluringis, 5 % vahelduvvooluringis mõõtmisel.



Galvanomeeter

Joonis 15.

Mõõtepiirkonnad:

galvanomeetrina - 10 mV,
alalisvooluvoltmeetrina - 5 V ja
15 V,
vahelduvvooluvoltmeetrina - 15 V
ja 250 V.

Konkreetses riista mähise takistus ja galvanomeetri skaala jaotise väärtus märgitakse galvanomeetri skaalale.

Ettevaatust galvanomeetri kasutamisel! Riist on väga tundlik ülekoormuste suhtes.

Demonstratsioonivoltmeetri ettevalmistamine tööks on analoogiline ampermeetri ettevalmistamisega.

Ülesanne 3. Tutvuda demonstratsioonivoltmeetri ehitusega ja harjutada riista ettevalmistamist mõõtmisteks alalisvooluringis, kui mõõdetav pinge on orienteerivalt 1 V, 3 V, 10 V; vahelduvvooluringis, kui pinge on 7 V, 20 V, 100 V.

Joonestage riista eestvaade, kust selguks, millise skaala olete valinud ja milliste klemmide kaudu riista vooluringi lülitanud.

Ülesanne 4°. Kasutada demonstratsiooniampermeetrit ja -voltmeetrit Ohmi seaduse näitamiseks vooluringis.

Vahendid: demonstratsiooniampermeeter, demonstratsiooni-voltmeeter, takistussalv (1, 2, 5 oomi), alaldi BC-25 või akupatarei, liugkontaktiga reostaat, lüliti.

Märkus. Reostaat on vajalik juhul, kui vooluallikana kasutatakse akupatareid. Kui uuritakse voolutugevuse sõltuvust pingest jääva takistuse korral, võimaldab reostaat muuta pinget takistussalve klemmidel täisarv korda. Kui uuritakse voolutugevuse sõltuvust takistusest jääva pinge korral, saab reostaadiga säilitada konstantset pinget uuritava vooluringiosas. Alaldi BC-25 kasutamisel pole liugkontaktiga reostaat vajalik. Miks? - - - - -

Koostage vooluringi skeem seoste $I = f(U) \Big|_{R=\text{const}}$ ja

$I = f(R) \Big|_{U=\text{const}}$

näitamiseks.

Hinnake mõõdetava pinge ja voolutugevuse muutumise ulatust ja valige galvanomeetrile sobiv šunt ning eeltakisti.

- - - - -

- - - - -

- - - - -

- - - - -

Näidake koostatud vooluringi juhendajale!

Mõõtmistulemused kandke tabelitesse.

Vooluringi osa takistus oomi	
Pinge $\frac{U}{V}$	Voolutugevus $\frac{I}{A}$
1.	
2.	
3.	
4.	

Tulemuste töötlemine ja järeldus

Pinge vooluringiosas onvolti	
Vooluringiosa takistus $\frac{R}{\Omega}$	Voolutugevus $\frac{I}{A}$
1.	
2.	
3.	
4.	

Tulemuste töötlemine ja järeldus

* Millises klassis ja millise teema käsitlemisel tuleb seda katset näidata?

Ülesanne 5^o. Kasutada demonstratsiooniampermeetrit ja -voltmeetrit galvanomeetrina termoelektrilise efekti demonstreerimiseks.

Vahendid: termosammas (joon. 16), piirituslamp või laboratoorne elektripliit, Pictet' peeglid (metallist nõgus-

peeglid).

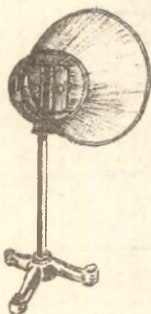
Selle ülesande täitmisel puutume kokku olukorraga, kus väikese võimsusega vooluallikas (meie ülesandes termopatarei) peab põhjustama galvanomeetri liikuva osa võimalikult suure (märgatava) hälbe,

Galvanomeetri liikuva osa pöördenurk oleneb raamile mõjuvast elektromehaanilisest momendist $M = \oint I n$, kus

$\oint$ - raami läbiv magnetvoog,

I - voolutugevus raamis,

n - raami keerdude arv.



Joonis 16.

Teiselt poolt on galvanomeeter tarbijaks, milles hajub võimsus $P = I^2 R$, kus R - raami takistus.

Saame $M = n \oint \sqrt{\frac{P}{R}}$, kust selgub, et pöördemoment on võrdeline ruutjuurega galvanomeetri poolt tarbitud võimsusest.

Galvanomeetri poolt tarbitud võimsus oleneb aga vooluallika sisetakistuse ja välisahela takistuse suhtest. Kuna antud juhul on galvanomeeter ainsaks tarbijaks, on võimsus maksimaalne, kui vooluallika sisetakistus võrdub galvanomeetri sisetakistusega.

■ Näidake seda.

Erinevate vooluallikate sisetakistused on erinevad. Seetõttu hakatigi valmistama kahe erineva sisetakistusega demonstratsioonigalvanomeetreid. Galvanomeeter, mida saab kasutada ka demonstratsiooniampermeetrina, omab suurt sise-

kistust (millist? _ _ _ _ _) ja seda galvanomeetrit nimetatakse voolutundlikuks. Galvanomeeter, mida saab kasutada ka demonstratsioonivoltmeetrina, omab väikest sisetakistust (millist? _ _ _ _ _) ja seda nimetatakse pingetundlikuks.

* Mis on elektrimõõteriista tundlikkus? _ _ _ _ _
 _ _ _ _ _
 _ _ _ _ _
 _ _ _ _ _

Asjaolu, et voolutundliku galvanomeetri sisetakistus on suur, pingetundlikul aga väike, põhjustab üliõpilaste hulgas sageli segadust, kuna tavaliselt peetakse meeles väidet: ampermeetri sisetakistus on väike, voltmeetri sisetakistus suur. Siin on tegemist erinevate asjadega, mida ei tohi ära segada.

Selgitame olukorda. Nagu näitasime, sõltub galvanomeetri liikuva osa hälve galvanomeetris tarbitud võimsusest. Olgu meil kaks energaetiliselt ekvivalentset galvanomeetrit, mis annavad liikuva osa võrdsed hälbed võrdsete tarbitud võimsuste korral. $P_1 = P_2 = P$.

Kuna $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$, siis näeme, et juhul kui galvanomeetri sisetakistus on suur, saame vajaliku võimsuse väikese voolutugevuse korral - tegemist on voolutundliku riistaga. Kui galvanomeetri sisetakistus on väike, saame sama võimsuse madala pingega - riist on pingetundlik.

* Kuidas saadakse suure sisetakistusega voolutundlikust galvanomeetrist väikese sisetakistusega ampermeeter? Teha skeem.

■ Arvutada šunt galvanomeetrile, mille sisetakistus on 385 oomi, voolukonstant $c_1 = 3,8 \cdot 10^{-5}$ A/jaot. ja skaala jaotiste arv on 10, kui seda tahetakse kasutada ampermeetrina mõõtepiirkonnaga 1 A, 100 mA. Kui pikk nikeliinjuhe ($\rho = 0,42 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$, $S = 1 \text{ mm}^2$) sobib šundiks?

■ Kuidas saadakse väikese sisetakistusega pingetundlikust galvanomeetrist suure sisetakistusega voltmeeter? Teha skeem.

■ Arvutada eeltakisti galvanomeetrile, mille sisetakistus on 2,3 oomi, pingekonstant $c_u = 1,5 \cdot 10^{-3}$ V/jaot. ja skaala jaotiste arv on 10, kui seda tahetakse kasutada voltmeetri-
na mõõtepiirkonnaga 100 V, 250 V. Koostage resistoritest sobiv takistus ja kontrollige selle sobivust kontrollivoltmeetri abil.

Asuge katsetama.

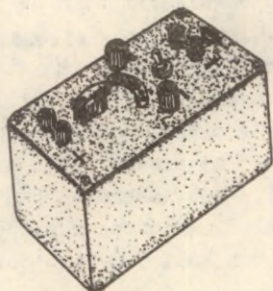
Ühendage termosammas galvanomeetriga ja lähendage talle 20 - 30 cm kaugusele põlev tikk. Määrake kindlaks põleva tiku maksimaalne kaugus, mille puhul galvanomeeter annab ühejaotuselise hälbe. Tehke katse nii pingetundliku kui voolutundliku galvanomeetriga. Millist riista tuleks kasutada antud katses ja miks?

Paigutage ühe Pictet' peegli fookusse ($f = 160 \text{ mm}$) piirituslamp või laboratoorne elektripliit, teise peegli fookusse galvanomeetriga ühendatud termosammas. Määra ke maksi-
maalne kaugus, mille puhul katse annab ühejaotuselise hää-
be. Võrrelge seda esimeses katses saadud kaugusega ja sel-
gitage erinevust.

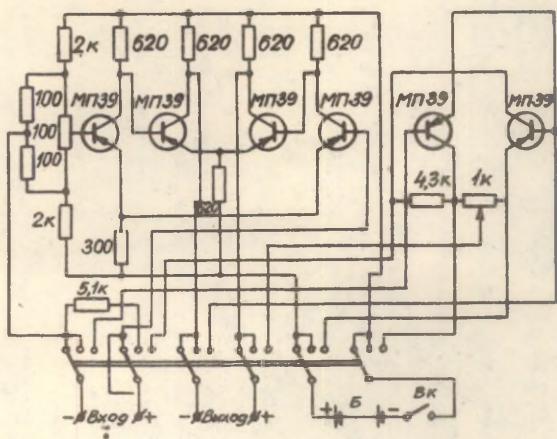
Millises klassis ja millise teema käsitlemisel tuleb
näidata neid katseid?

Kas õpikus on katseid illustreerivaid jooniseid? Joonis-
tage katse selleks jäetud tühjale kohale.

Voolutundliku galvanomeetri tundlikkuse suurendamiseks toodetakse viimasel ajal alalisvooluvõimendit (joon.17a,b), mille võimendustegur on erinevate sisendtakistuste korral vahemikus 200 - 500.



Joonis 17 a.



Joonis 17 b.

Võimendi ettevalmistamine mõõtmiseks

Võimendi on paigutatud plastmasskorpusesse, mille kaas täidab samaaegselt ka montaažipaneeli ülesandeid. Sellel on kaks sisendklemmi "+" ja "-" ning tumbler võimendi toiteallika (taskulambipatarei) sisse- ja väljalülitamiseks. Galvanomeetri nullseisu reguleerimiseks on paneelil kaks potentsiomeetrit, üks 0 - 500-oomise sisendtakistuse, teine sellest suurema - kuni 500-kilo-oomise sisendtakistuse korral kasutamiseks. Paneelil on ka ümberlülitit käepide, mis võimaldab võimendit sobitada erineva suurusega sisendtakistustega. Asendis "0" on sisendtakistus mõni oom ja võimendustegur mitte alla 400; asendis "500" on sisendtakistus kuni 500 oomi ja võimendustegur mitte alla 200; asendis " ∞ " on sisendtakistus kuni 500 kilo-oomi ja võimendustegur mitte alla 500.

* Tutvuge võimendi elektriskeemiga joon. 17 b põhjal ja kirjeldage selle tööd.

Kasutage võimendit indukttsioonivoolu näitamiseks sirg-juhtmes, mis liigub hobuserauakujulise püsिमagnetі pooluste vahel.

Milline sisend tuleb valida?

Näidata termovoolu tekkimist termosambaga. Milline sisend tuleb nüüd valida?

Ülesanne 6^o. Valida sobiva takistusega reostaat demonstratsiooniampermeetri šuntimiseks nõrkade voolude mõõtmiseks.

Vahendid: hõõglamp 15 W, reostaat (valida iseseisvalt).

Sageli ei võimalda ampermeetriga kaasas olevad šandid mõõta meid huvitavaid voolutugevusi. Kui sellist voolutugevust on vaja täpselt määrata, peab arvutama ja sobitama riistale paraja šundi. Mõnikord piisab aga voolutugevuse ligikaudsest hindamisest ja erinevate voolutugevuste võrdlemisest (näit. takistuse temperatuuriteguri illustreerimisel). Sellisel juhul võib šundina kasutada lihtsalt reostaati.

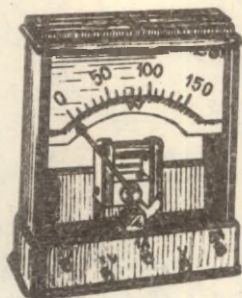
Olgu meil tarvis demonstreerida voolu 15-W hõõglambis. On selge, et selleks ei sobi ampermeetriga kaasas olev 3-A šunt.

Arvutage antud ampermeetri jaoks šundi takistus, mis või-

maldeks seda voolutugevust jälgida. Valige sobiv reostaat. Esitage tulemus juhendajale kontrollimiseks. Koostage vooluring, kuhu oleks lülitatud voltmeeter ja omavalmistatud šundiga ampermeeter, ning näidake riistade tööd.

2.3. Demonstratsioonivattmeeter

Demonstratsioonivattmeetrit kasutatakse aktiivvõimsuse mõõtmiseks vahelduvvooluvõrgus ja ferrodünaamilise mõõtemehhanismi ehituse õppimisel (joon. 18).



Joonis 18.

Vattmeetri mõõtepiirkonnad.

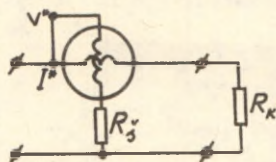
Voolutugevus (A)	Pinge (V)	Võimsus (W)
1	30	30
1	150	150
1	300	300
5	30	150
5	150	750
5	300	1500

Taandatud viga 5 %.

Ülemises reas paiknevad voolumähise, alumises pingemähise klemmid. Riista tagaküljel olevas sahtlis on eelakistid, mis lülitatakse klemmi U alla pingemähise mõõtepiirkonna laiendamiseks. Riista tagaküljel paikneb ka nullkorrektor.

Voolumähis koosneb kahest järjestikku ühendatud sektsioonist. Liikuva osa võnkumiste summutamiseks kasutatakse induktsoonisummutit. Vattmeetrit võib kasutada ainult tööstuslikul sagedusel (50 Hz). Vattmeetri lülitamine voo-

luringi on näidatud joonisel 19. Ettevaatust pingemõõde lülitamisel! Eeltakistile märgitud pinge väärtus peab olema suurem või võrdne võrgupinge väärtusega.



Joonis 19.

Ülesanne 7. Tutvuda demonstratsioonivattmeetri ehitusega ja harjutada riista ettevalmistamist mõõtmiseks, kui $U = 20 \text{ V}$, $I = 3 \text{ A}$; $U = 127 \text{ V}$, $I = 0,5 \text{ A}$; $U = 220 \text{ V}$, $I = 4 \text{ A}$. Joonistage riista eestvaade, kust selguks, millise skaala olete valinud, millise eeltakisti ühendanud ja milliste klemmide kaudu riista vooluringi lülitanud.

2.4. Kooli voolujaotuskilp №9-59

Voolujaotuskilp kuulub iga füüsikakabineti põhivahendite hulka. Teda kasutatakse sujuvalt reguleeritava alalis- ja vahelduvpinge saamiseks mitmesuguste demonstratsioonkatsete korraldamisel.

Tehnilisi andmeid. Kilp on ette nähtud kasutamiseks vaheaegadega tšõrežiimil - 45 min. tšõd, 15 min. vaheaga.

Sellisel režiimil tšõtamisel võimaldab voolujaotuskilp saada reguleeritavat vahelduvpinget 5 - 240 V. (Maksimaalne lubatud koormusvool 9 A.) Pideva tšõrežiimi korral tuleb lubatud koormusvoolu vähendada 20 % võrra.

Kilbis oleva autotrafo nimipinge on 220 V. Kui kolmefaasilise võrgu liinipinge võrdub autotrafo nimipingega, võib kilbi tšõle rakendada kolmefaasilisest võrgust.

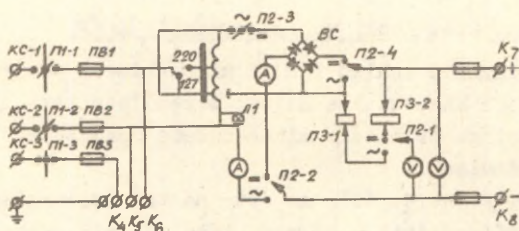
Tähelepanu! Resti tingimustes kasutatakse kolmefaasilist voolu liinipingega 380 V, järelikult saab kilbi vahetult võrku lülitamisel kasutada faasipinget (220 V), mis vastab autotrafo nimipingele. Sellisel juhul tuleb kilp ühendada võrku juhtmete K_{0-1} ja K_{0-2} kaudu (joon. 20) ning autotrafo sisendi ümberlüüti ühendada klemmi 220 alla (vt. kilbi sisemusse!). Kolmefaasilist voolu niisuguse lülituse korral klemmidelt K_4 , K_5 , K_6 ei saada.

Jaotuskilbi elektriline skeem on toodud joonisel 20. Jaotuskilp on monteeritud metallkarkassile, millele on kinnitatud autotrafo, seleenalaldi, mõõteriistad, lülitid, sulavkaitsmed ja signaallamp.

2.4.1. Jaotuskilbi kasutamine reguleeritava alalispinge saamiseks

1. Autotrafo käepide pöörata sellisesse asendisse, et alaldisse antav pinge oleks null (alalisvoolu null on pingeregulaatori välimise skaala ülal keskel).

2. Ümberlülititi Π_2 pöörata asendisse "=".



Joonis 20.

3. Ühendada väljundklemmide K_7 ja K_8 külge koormus, arvestades nõutavat polaarsust.

4. Kolmepooluseline pakettlülititi Π_1 pöörata asendisse "BKL".

5. Autotrafo käepideme pööramisega pingestada vooluring. Jälgige koormusvoolu! See ei tohi ületada kilbile lubatud väärtust.

6. Töö lõpetamisel lülitada kilp välja.

2.4.2. Jaotuskilbi kasutamine reguleeritava vahelduvpinge saamiseks.

1. Autotrafo käepide viia sellisesse asendisse, et väljundklemmidele K_7 ja K_8 antav pinge oleks minimaalne (vahelduvpinge miinimum on sisemisel skaalal vasakul all).

2. Ümberlülititi Π_2 pöörata asendisse " ~ ".

3. Ühendada klemmide K_7 ja K_8 koormus.

4. Kolmepooluseline pakettlülititi pöörata asendisse "BKL".

5. Autotrafo käepideme pööramisega pingestada vooluring.

Jälgige koormusvoolu!

6. Töö lõpetamisel lülitada kilp välja.

2.4.3. Põhilised eksploatatsioonireeglid

1. Kilp tuleb paigaldada kuiva kōetavasse ja ventileeritavasse ruumi.

2. Mitte kasutada nimivoolust suuremat koormusvoolu.

3. Kilp peab olema maandatud.

4. Kilbi kasutamisel akude laadimiseks ei tohi akusid paigutada kilbile lähemale kui 1,5 - 2 m, kuna seleensambad riknevad hapete ja aluste aurude sattumisel elementide pinnale.

5. Pärast pikemat vaheaega töös tuleb seleenalaldit formeerida, kuna ta kaotab ühepoolse juhtivuse. Selleks lülitatakse kilp koormuseta 2 tunniks alalisvoolurežiimis tööle, pingestades seleensamba maksimaalse pingega.

6. Perioodiliselt peab kontrollima autotrafo söekontaktide korrasolekut ja vajaduse korral asendama need uutega.

Ülesanne 8. Tutvuda voolujaotuskilbi ehitusega:

a) põhimõtteskeemi järgi leidke kilbilt kõik skeemil märgitud detailid,

b) tutvuge alaldi ja autotrafo montaažiskeemiga,

c) selgitage, kuidas toimub voltmeetrite ümberlülitamine pinge suurendamisel,

d) joonestage kilbi paneel koos kõikide seadmete paiknemisega,

e) märkige üles mõõteriistade sildiaandmed.

Ülesanne 9^o. Kasutada voolujaotuskilpi elektrikaare teitmiseks.

Vahendid: kaarlamp, reostaat (5 - 10 oomi, 10 - 15 A).

Ettevaatust! Elektrihaar on rikas ultraviolettkiirguse poolest. Kaare põlemist võib jälgida ainult läbi tumeda klaasi või tumedate prillide.

a) Elektrihaar alalisvoolutoitega.

Valmistage ette kilp reguleeritava alalispinge saamiseks. Joonestage vooluringi skeem. Koormusklemmidele ühendage vooluring reostaadist ja elektrikaarest. Pingestage vooluahel umbes 50 - 70 V, viige sõed kokkupuutesse ning eemaldage nad kiiresti mõnemillimeetrisele kaugusele, kuni haar hakkab rahulikult põlema. Registreerige voltmeetri ja ampermeetri näidud. Pöörake tähelepanu alalisvooluelektrikaare omapärale.

b) Vahelduvvoolutoitega elektrikaar.

Valmistage kilp ette reguleeritava vahelduvpinge saamiseks ja kasutage teda elektrikaare toitmiseks. Registreerige voltmeetri ja ampermeetri näidud. Mille poolest alalisvooluelektrikaar erineb vahelduvvooluga toidetavast kaarest?

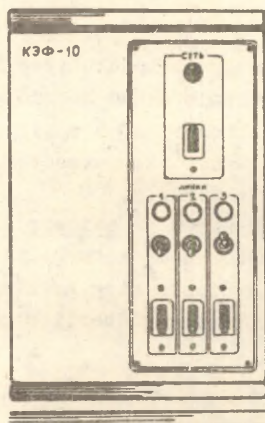
Ülesanne 10^o. Näidata, et induktiivse iseloomuga koormuse korral $P \neq S$. Arvutada antud koormuse võimsustegur.

Vahendid: universaaltrafo 220-V mähis, demonstratsioonivoltmeeter, demonstratsiooniampermeeter, demonstratsioonivattmeeter, voolujaotuskilp.

Koostage vooluringi skeem ja esitage see juhendajale kontrollimiseks! Pärast skeemi kontrollimist koostage vooluring, määrake aktiivvõimsus ning arvutage $\cos \varphi$. Kasutage vahelduvvooluvoltmeetri mõõtepiirkonda 15 V.

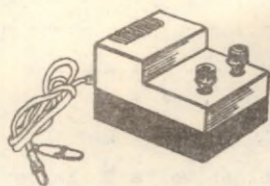
2.5. Füüsikabineti elektrikomplekt K3Φ-10

Komplekti kuulub voolujaotuskilp (joon. 21), kakskümmend pooljuhtalaldit BV-4 (joon. 22 a,b) ja kakskümmend 42-V nimipingele mõeldud pistikupesa koos ühendusjuhtmetega. Teda kasutatakse 42- ja 36-voldise vahelduvpinge ning 4-voldise alalispinge saamiseks mitmesuguste demonstratsioonkatsete, frontaalsete laboratoorsete tööde ja füüsika praktikumi korraldamisel.

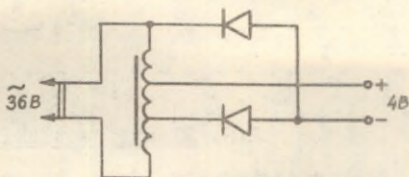


Joonis 21.

Tehnilisi andmeid. Kilbi toitepinge on 220 V. Liini suurim koormusvool 10 A. Töörežiim - pidev.



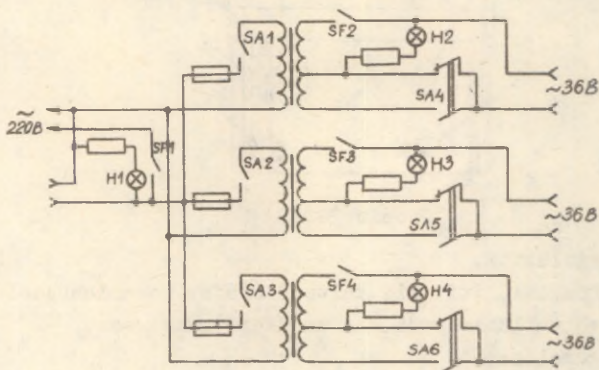
a



b

Joonis 22.

Kilbi elektriskeem on toodud joonisel 23. Jaotuskilp on monteeritud metallkarkassile, millele on kinnitatud kolm trafot, lülitid, signaallambid ja kaitsmed.



Joonis 23.

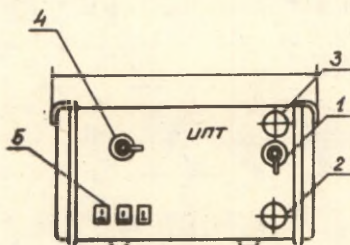
Ülesanne 11. Leidke kilbilt ning märkige joonisele 21 elektriskeemil märgitud järgmised detailid:

- lülitid SF1,
- signaallamp H1,
- tumblerid SA1, SA2, SA3,
- automaatkaitsmed SF2, SF3, SF4,
- signaallambid H2, H3, H4.

Kus paiknevad ümberlülitid SA4, SA5, SA6, mis võimaldavad saada väljundpinget vastavalt 36 V või 42 V?

2.6. Elektrijaotuskilp WNT

Elektrijaotuskilp (joon. 24) võimaldab toita õpilaste töölaudu vahelduvpingega 42 V või 36 V. Töörežiim - pidev. Suurim lubatud koormusvool 10 A. Metallkorpusesse on monteeritud transformaator, mille toitepinge on 220 V. Kilbi esipaneelil on:



Joonis 24.

- 1) võrgulüliti,
- 2) automaatlüliti, mis kaitses trafot sekundaarahelas tekkida võiva lühise või kestva ülekoormuse eest,
- 3) signaallamp,
- 4) väljundpinge ümberlüüti,
- 5) pistikupesad tarbijate ühendamiseks.

Komplekti kuulub 10 ränidiodidel töötavat täisperiood-alaldit BY-4, mille toitepinge on 36 V. Alaldi nimipinge $3,5 \pm 0,8$ V, nimivool 1,2 A. Alaldit võib koormata lühisvooluga kuni 5 min.

Ülesanne 12. Kasutada elektrijaotuskilpi WNT laboratoorse töö "Juhtide jadaühendus" läbiviimiseks.

Vahendid: mõõteriistade komplekt "учебный-2", laboratoorsed ampermeetrid 2 A, takistite komplekt, lüliti.

1. Koostage laboratoorse töö juhend nii, nagu teeksite seda õpilastele.

2. Viige läbi vajalikud mõõtmised.

3. Vormistage katseprotokoll, nagu nõuaksite seda õpilastelt.

Kontrollküsimusi

1. Magnetelektrilise mõõtemehhanismiga mõõteriistade ehitus ja tööprintsip.
2. Mõõteriistade šuntide ja eeltakistuste arvutamine.
3. Kuidas summutatakse osuti võnkumist magnet-elektrilise mõõtemehhanismiga riistadel?
4. Kuidas summutatakse ferromagnetilise mõõtemehhanismiga vattmeetri osuti võnkumine?
5. Kuidas selgitada õpilastele ülesandes 7 kirjeldatud katseid?
6. Ferrodünaamilise ja elektrodünaamilise mõõtemehhanismiga mõõteriistad.
7. Vattmeetri tööprintsip.
8. Kas muutub alalispinge polaarsus, kui pöörata voolujaotuskilbi pingeregulaatorit nullist kord vasakule, kord paremale. Põhjendage vastust joonise 20 põhjal.
9. Miks pinge suurendamisel kuni 30 voldini näitavad mõlemad voltmeetrid, hiljem aga ainult 250-V mõõtepiirkonnaga voltmeeter?
10. Kuidas toimub voolujaotuskilbilt võetava alalis- ja vahelduvpinge mõõtmine? Võrrelge mõõtmistäpsust.
11. Miks peab elektrikaarega järjestikku ühendama reostaadi?

3. ALALDI

Alalisvooluallikana kasutatakse koolides ikka rohkem ja rohkem mitmesuguseid alaldeid. Käesoleva töö eesmärgiks on tutvuda levinumate alaldite ehituse ja eksploatatsiooni-tingimustega ning omandada oskusi nende käsitlemiseks.

Ettevaatust! Tegemist on eluohtliku pingega! Täitke täpselt ohutustehnika reegleid!

Põhinõudeid alaldite kasutamisel

1. Enne alaldi võrku lülitamist on vaja kontrollida alaldi nimipinget vastavust võrgupingele. Enamik alaldeid valmistatakse kahele nimipingele: 127 V ja 220 V. Veenduge, et ümberlülititi on õiges asendis.

2. Leidke alaldi instruksioonist või passist tema nimikoormus (suurim lubatava voolutugevuse väärtus kestval eksploatatsioonil) ja jälgige, et koormusvool ei ületaks nimivoolu. Vastasel korral kuumeneb alaldi üle, pooljuhtventiilid aga võivad jäädavalt rikki minna.

3. Seleventiilide pikemaajalisel mittetöötamisel kaotavad nad osaliselt oma alaldavad omadused. Esialgsete parameetrite taastamiseks on vaja alaldit formeerida.

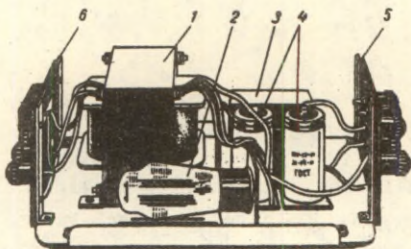
3.1. Kenotronalaldi BK-3

Kenotronalaldi BK-3 (joon. 25) on varem koolidele toodetud alaldi BK-2 moderniseeritud mudel. Ta on arvestatud mitmesuguste raadiotehniliste seadmete toitmiseks nii demonstratsioonkatsetel kui ka praktikumitöödeks.

Toome näiteks mõned seadmed, kus toiteallikana kasutatakse BK-3:

a) madalasagedusvõimendi püstpaneelil koos detektorvastu-
võtja ja valjuhääldiga,

b) ioniseeritud osakeste loendur koos madalasagedusvõim-



Joonis 25.

mendiga,

c) aeglaste sumbuvate ja sumbumatute elektromagnetvõnkumiste demonstreerimise seadmed,

d) ultrakõrgsagedusgeneraator püstpaneelil.

Peale selle kasutatakse kenotronaalaldit pool- ja täis-perioodalaldite ehituse õppimisel ka kui uurimisobjekti.

Alaldi tehnilised andmed

Alaldatud pinge tühijooksul - 440 V. Maksimaalne lubatud anoodvool klemmidel "350 V" - 225 mA. Maksimaalne lubatud anoodvool klemmidel "250 V" - 50 mA.

☞ Ülesanne 1. Arvutada antud alaldi ekspuaterimisel lubatav minimaalse koormustakisti väärtus nii silutud kui pulseeriva voolu jaoks.

Ülesanne 2. Võtta alaldilt kate ja tutvuda tema ehitusega. Joonestada vihikusse alaldi põhimõtteskeem. Määrata kenotronaalaldi kasutegur. Märkida joonisel 25 näidatud detailide nimetused.

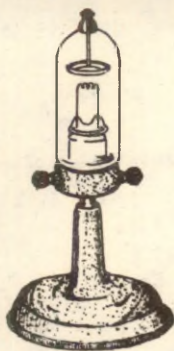
- 1 -
- 2 -
- 3 -
- 4 -
- 5 -
- 6 -

Ülesanne 3^o Kasutades alaldit BK-3 demonstreerida diodi ühepoolset juhtivust.

Vahendid: demonstratsioonidiod (joon. 26), demonstratsioonigalvanomeeter, reostaat.

Koostage vooluringi skeem, kus potentsiomeetrilises lülituses oleva reostaadiga saaks reguleerida diodile antavat anoodpinget. Arvutage reostaadi takistus. Enne vooluringi pingestamist esitage see juhendajale kontrollimiseks!

Millises klassis ja millise teema õpimisel tuleb seda katset näidata?

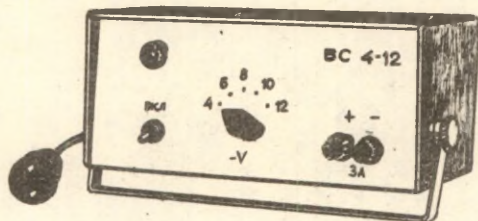


Joonis 26.

3.2. Pooljuhtalaldid

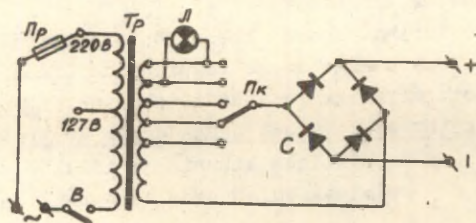
3.2.1. Seleenalaldi BC 4-12

Alaldit (joon. 27) kasutatakse individuaalse toiteallikana frontaalsete laboratoorsete tööde korraldamisel ning praktikumitöodes. Alaldi võimaldab saada astmeliselt reguleeritavat pulseerivat vahelduvpinget 4 V, 6 V, 8 V, 10 V, 12 V (täpsemad väljundpinge väärtused antakse iga alaldi-ga kaasas olevas tehnilises passis), nimivool 3 A.



Joonis 27.

Alaldi elektriskeem on toodud joonisel 28.



Joonis 28.

Alaldi normaalseks tööks on vajalikud järgmised eksplua-tatsioonitingimused:

- sisendpinge peab olema kas 220 või 127 V,
- koormusvool ei tohi olla suurem kui 3 A,
- keskkonna relatiivne niiskus mitte üle 95 %,
- keskkonna temperatuur -25° kuni $+35^{\circ}$ C,
- väävel-, lämmastik- või soolhappeauru puudumine õhus.

Eriti tuleb hoida alaldit ülekuumenemise eest, kuna seelementide takistuse suurenemine pärisuunalise voolu suhtes toimub peamiselt just temperatuurirežiimi mitteam- vestamisel.

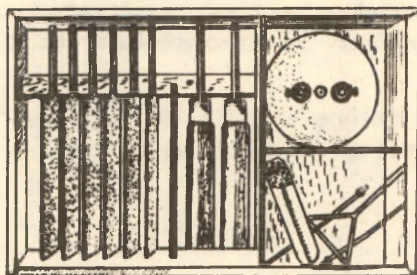
Ülesanne 4. Tutvuda alaldi BC 4-12 ehitusega, arvutada minimaalne lubatud koormustakistuse väärtus.

Ülesanne 5. Kasutada alaldit JNII-90, BY-4 või BC 4-12 vasevitrioli elektrolüüsi demonstreerimiseks.

Vahendid: elektrolüüsi komplekt (joon. 29), reostaat, demonstratsiooniampermeeter.

Koostage vooluringi skeem, arvutage reostaadi takistus ja valige sobiva nimivooluga reostaat. Valige ampermeetri- le sobiv mõõtepiirkond. Enne vooluringi pingestamist esi- tage see juhendajale kontrollimiseks.

☞ Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata?

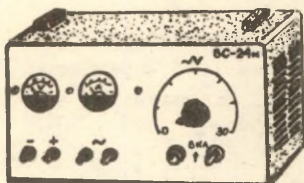


Joonis 29.

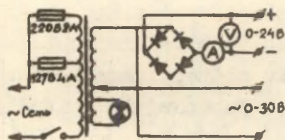
3.2.2. Seleenalaldi BC-24M

Seleenalaldi BC-24M (joon.30) kasutatakse selliste demonstratsioonkatsete korraldamisel, mis nõuavad tugevat alalisvoolu, ja akude laadimisel. Alaldi võimaldab saada sujuvalt reguleeritavat pulseerivat alalispinget 0 - 25 voldini. Maksimaalne koormusvool 10 A. Esipaneelile on väl- ja toodud jõutrafo sekundaarmähise otsad, mis võimaldavad kasutada ka reguleeritavat vahelduvpinget 0 - 30 V.

Alaldi BC-24M elektriskeem on toodud joonisel 31. Eksploataatsiooningimused on samad mis alaldite BC 4-12 kasutamisel.



Joonis 30.



Joonis 31.

Ülesanne 6. Tutvuda alaldi BC-24M ehitusega. Arvutada minimaalne lubatud koormustakisti väärtus.

Ülesanne 7. Kasutada alaldit BC 4-12 või BC-24M akude laadimiseks sõltuvalt aku laadimisvoolust. Enne laadimist on vaja:

- 1) hoolega puhastada aku klemmid;
- 2) lahti keerata aku korgid;
- 3) kontrollida aku elektrolüüdi tihedust;
- 4) kontrollida voltmeetriga iga elemendi pinget (see ei tohi olla leelisaku korral alla 1 V, seatinaaku korral alla 1,7 V);

5) määrata laadimispinge (see peab olema vähemalt 1,5 korda suurem kui akupatarei pinge laadimise lõppedes; laadimise lõppedes peab leelisakupatarei iga elemendi pinge olema 1,8 V, happeakul 2,7 V);

6) määrata laadimisvoolu tugevus. (Happeaku korral on selleks arvuliselt 0,1 osa aku mahtuvusest. Leelisaku korral määratakse laadimisvool nii, et laadimisprotsess kehtaks 6 tundi. Leelisaku puhul lubatakse vajaduse korral ka 4-tunnist laadimisrežiimi: esimesed 2,5 tundi laetakse akut normi 2 korda ületava vooluga, ülejäänud 1,5 tundi - normaalse laadimisvooluga.)

Õige laadimis- ja eksploatatsioonirežiimi valikuks on vaja osata dešifreerida aku markeeringut.

Happeakudel kantakse see klemmide külge joodetud pliiist vahelikule ja koosneb järgmistest elementidest:

- 1) number, mis tähistab elementide arvu patareis;
- 2) tähtede kombinatsioon, mis määrab aku tüübi, tähtede paar OT näitab, et tegemist on käivitustüüpi akupatareiga;
- 3) numbrid, mis näitavad akupatarei mahtuvust ampertundides;

4) täht, mis tähistab anuma materjali, 3 - eboniit, II - pigimass;

5) täht, mis tähistab separaatori materjali, D - puit, M - miplast, C - klaasvill;

6) täht, mis näitab, millises seisukorras aku saabub tarbijale, 3 - laetud kuiv patarei.

■ Dešifreerida markeeringud: 1) 3-CT-70-III; 2) 6-CT-54-3M3.

Reeliasaku markeering kantakse aku küljele või kaanele ja koosneb järgmistest elementidest:

1) number, mis tähistab elementide arvu patareis;

2) täht, mis määrab aku tüübi, H - küttepatarei (see element jäetakse sageli märkimata);

3) tähtede kombinatsioon, mis määrab elektroodide aktiivmassi koosseisu, KH - kadmium-nikkel, MH - raudnikkel;

4) numbrid, mis näitavad akupatarei mahtuvust ampertundides.

■ Dešifreerida markeeringud: 1) 5-HKH-45; 2) MH-60.

Kui ettevalmistused laadimiseks on tehtud, lülitada akupatarei alaldiga, ühendades vooluringi ka reostaadi, millega oleks võimalik reguleerida laadimisvoolu tugevust. Millised sildisandmed peavad olema valitud reostaadil?

Et laadimisvool peab olema vastassuunaline tühjenemisvoolule, siis tuleb omavahel ühendada aku ja alaldi samamärgilised klemmid.

Joonestage vooluahela skeem ja kandke sellele elemente iseloomustavad suurused.

Laadimise lõppedes lahutage enne alaldi võrgust ja alles siis ühendage lahti akupatarei. Vastasel korral võib akupatarei klemmidelt juhtme eemaldamise momendil tekkida katkestussäde ning laadimise ajal eraldunud gaasid võivad plahvatada.

Laadige akupatareid umbes 30 min. Seejärel kontrollige, kas protsess kulges õigesti.

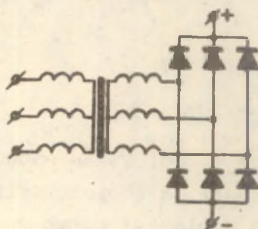
3.2.3. Kolmefaasiline seleenalaldi

Kolmefaasilist seleenalaldit (joonis 32) kasutatakse alaldi ehituse tutvustamiseks, kuna seleensammas on siin hästi nähtav, samuti alalisvooluallikana nimipingega 8 V ja nimivooluga 4 A.

Kolmefaasilise süsteemi tõttu on alaldataud voolu pulsatsioon tunduvalt väiksem kui täisperioodalaldi korral. Alaldi elektriline skeem on toodud joonisel 33.

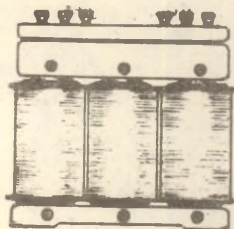


Joonis 32.



Joonis 33.

NB! Alaldi töölerakendamiseks peame kasutama kolmefaasilist trafot (joon. 34). Trafo primaarmähistelega võib rakendada liinipinge 220 V.



Joonis 34.

Enne alaldi ühendamist trafoga tuleb kontrollida sekundaarpinget. Sekundaarpinge ei tohi ületada 15 V.

Ülesanne 8. Arvutada antud alaldile lubatud minimaalne koormustakisti. Demonstreerida elektronostsilloskoobiga alaldatud pinge kõverat.

Vahendid: kolmefaasiline trafo, kolmefaasiline seleenalaldi, reostaat (arvutage sobiva reostaadi nimisuurused), ostsilloskoop. Katse skeem ja saadud graafik joonestage vihikusse.

Ülesanne 9. Selgitada antud alaldit kasutades seleenalaldi ehitust ja tööprintsipi. Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda teha?

3.2.4. Laboratoorne toiteallikas JMI-90

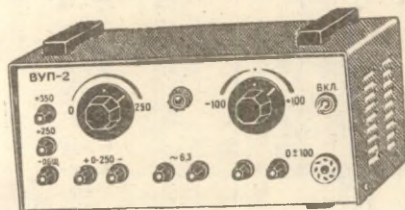
Seadet kasutatakse põhiliselt individuaalse toitealli- kana frontaalsete laboratoorsete tööde korraldamisel ja praktikumis. Alaldis kasutatakse ränidiodi KD 202A, mis on ühendatud sildskeemi. Ta asendab varem samaks otstarbeks toodetud alaldeid BC-6, BCII-6, BC-I2, BC 4-I2.

Ülesanne 10. Tutvuda alaldi ehitusega ja joonestada põhimõtteskeem vihikusse, märkides ära detailide arv- väärtused. Arvutada antud alaldile libatava minimaalse koormustakistuse väärtus.

Ülesanne 11. Planeerida alaldit JMI-90 kasutades frontaalne laboratoorne töö "Hõõglambi võimsuse määramine". Valida tööks vajalikud vahendid, viia läbi mõõtmised ja vormistada aruanne, nagu nõuaksite seda õpilastelt.

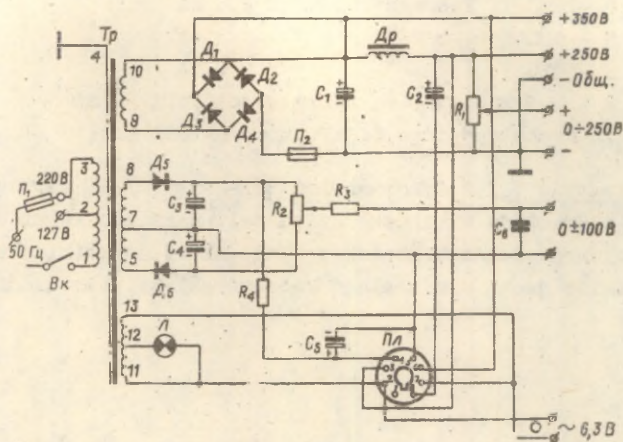
3.2.5. Universaalne pooljuhtalaldi BVII-2, BVII-2M

Pooljuhtdiodidel töötav alaldi BVII-2 (joon. 35) on praegu koolidele toodetavatest raadiotehniliste seadmete toitmiseks määratud alalditest kõige universaalsem. Ta asendab täielikult kenotronaaldeid BK-1, BK-2, BK-3 ja võimaldab korraldada palju uusi demonstratsioone. Eriti mugav on alaldit kasutada sisseehitatud potentsiomeetrite tõttu, mis võimaldavad saada sujuvalt reguleeritavat silutud alalispinget. Alaldi esipaneelil on oktaalsokliga lambipesa, mis on ette nähtud sentimeeterlainete generaatori ja Geigeri-Mülleri loenduri toitmiseks.



Joonis 35.

Alaldi BYII-2 põhimõtteskeem on toodud joonisel 36.



Joonis 36.

Tehnilised andmed

Pulseeriv alalispinge 350 V, suurim lubatud koormusvool 200 mA. Silutud alalispinge 250 V, suurim lubatud koormusvool 50 mA. Reguleeritav alalispinge 0 - 250 V, suurim lubatud koormusvool 50 mA. Reguleeritav alalispinge 0 kuni +100 V, suurim lubatud koormusvool 5 mA. Vahelduvpinge 6,3 V, suurim lubatud koormusvool 3 A.

NB! Demonstratsioonideks, mis vajavad kõrgemat pinget kui 350 V (Wilsoni kamber, vaakumfotoelement, Geigeri-Mülleri loendur jt.), on võimalik alaldist BYII-2 saada alalispinget kuni 450 V. Selleks peab ühendama järjestikku alalispinge 350 V ja reguleeritava pinge +100 V. Koormusvool ei tohi ületada 5 mA!

BYII-2M erineb BYII-2-st mõnede tehniliste andmete poolest.

Pulseeriva alalispinge väljund puudub.

Esimene väljund võimaldab saada sujuvalt reguleeritud silutud alalispinget 0 - 100 V, koormusvool kuni 50 mA.

Teisest väljundist saab silutud alalispinget vahemikus - 100 V kuni + 100 V, suurim lubatud koormusvool 5 mA.

Oktaalsokli klemmidelt saab järgmisi pingeid:

- 6 ja 8 - 250 V, koormusvool kuni 200 mA
- 4 ja 5 - 100 V, " " 5 mA
- 3 ja 8 - 250 V, " " 50 mA
- 1 ja 8 - 0 kuni 100 V, koormusvool kuni 50 mA
- 2 ja 7 - vahelduvpinge 6,3 V, koormusvool kuni 3 A

Ülesanne 12. Tutvuda alaldi BYII-2 ja BYII-2M ehitusega ning joonestada vihikusse esipaneel, märkides kõikide klemide juurde lubatud koormusvoolud. Arvutada kõikide töörežiimide jaoks minimaalsed koormustakisti väärtused.

Ülesanne 13^o Demonstreerida trioodi anoodvoolu reguleerimist võrepinge muutmisega.

Vahendid: triood püstpaneelil, demonstratsioonigalvanomeeter, alaldi BYII-2.

Joonestage skeem, nii nagu teeksite selle klassitahvli-le katse demonstreerimisel.

Kasutage reguleeritavat pinget 0 - 250 V anoodpingena, pinget +100 V võrepingena. Demonstratsioonigalvanomeetrile paigutage skaala numbritega 0 - 10. Mida tuleb rääkida õpilastele ühikutest, mida kasutame, kui lülitame galvanomeetri ilma šundita?

Valige selline anoodpinge, et galvanomeeter registreeks umbes 5 anoodvoolu jaotist, kui võrepinge on null. Järgnevalt näidake, kuidas anoodvoolu tugevus sõltub võrepinge väärtusest. Demonstreerige katset juhendajale.

Kuidas võiks seda demonstratsiooni edasi arendada?

Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleks seda katset näidata?

3.2.6. Praktikumi toiteallikas MЭIII

Toiteallikas (joon. 37) sisaldab kaks elektronstabilisaatoriga varustatud pooljuhtalaldit, mida kasutatakse füüsika praktikumis ning mitmesugustes demonstratsioonkatsetes.

Trafo sekundaarmähistelt saadakse vahelduvpinge 12 V ja 36 V, mis suunatakse toiteallika väljundklemmidele ja alalditesse.

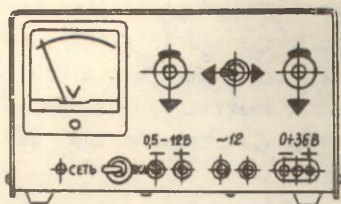
Esimesest alaldist saadakse stabiliseeritud alalispinge 0,5 - 12 V. Pinge vähenemisel 12 voldist 0,5 voldini muutub lubatud koormusvoolu väärtus 1 A kuni 0,3 A-ni. Alaldit võib koormata lühiajaliselt 12-V pinge korral ka kuni 1,5 A tugevuse vooluga.

Teisest alaldist saadakse stabiliseerimata alalispinge 0 - 30 V. Lubatud koormusvool 0 - 0,1 A. Toiteallikas on varustatud sujuvalt reguleeritava ülekoormuskaitsega, vahemikus 0,03 - 1,5 A. Reguleerimiskruvi asetseb toiteallika tagaküljel.

Ülesanne 14. Tutvuge toiteallika MЭIII ehitusega. Kanda joonisel 37 näidatud väljundite juurde lubatud koormusvoolu väärtused.

Reguleerige sujuvalt väljundpinget: a) 0 - 12 V.

b) 0 - 36 V.



Joonis 37.

Näidake ostsilloskoobiga
eri väljunditelt saadavaid
ostsillogramme.

Saadud graafikud joonesta-
ge vihikusse.

Ülesanne 15. Näidata elektronide liikumist magnetväljas.

Vahendid: seade elektronkiire omaduste demonstreerimi-
seks, alaldi БУП-2М, toiteallikas МЭММ.

Seade koosneb Helmholtzi poolide vahele paigutatud kera-
kujulisest gaaslahenduslambist. Viimases on elektronkahur.
Elektronkiire heleduse ja kuju reguleerimiseks on nupud
"АНОД" ja "ФОКУС". Magnetvälja saab muuta Helmholtzi pooli
läbiva voolu tugevuse reguleerimisega. Elektronkiire ja mag-
netvälja vastastikust asendit saab muuta gaaslahenduslambi
pööramisega ümber oma telje.

Tööprintsip

Nähtava elektronkiire saamiseks ja selle kokkusurumiseks
kasutatakse vesinikugeneraatorit. Selleks on titaanhüdrii-
dist valmistatud õõnessilinder, mille sisemuses on kütte-
niit. Kütteniidi kuumutamisel eraldub gaaslahenduslambi sel-
line kogus vesinikku, mis tagab elektronkiire kokkusurumise.
Selle mehhanism on järgmine. Termoemissiooni tulemusel ka-
toodist eraldunud ja elektriväljas kiirendatud elektronid

ioniseerivad vesinikuaatomeid. Moodustunud positiivse ruumilaengu tekitatud külgetõmbejõud kompenseerib elektronidevahelise tõukejõu ja takistab elektronkimbu hajumist.

Samaaegselt vesinikuaatomite ioniseerimisega toimub ka nende ergutamine, mis põhjustab vesiniku helendumise ja teeb elektronide tee nähtavaks.

Katse ettevalmistamine ja läbiviimine

1. Ühendage gaaslahenduslambi toide alaldi BYII-2M oktaalsokliga. Sellega tagame katoodile, anoodile, modulaa-
torile ja vesinikugeneraatorile vajalikud pinged.

2. Helmholtzi poolide toiteks kasutame WЭIII 12 V sujuvalt reguleeritavat väljundit, mille pinge katse alguses on võrdne nulliga.

3. Umbes 5 min. pärast on tekkinud vajalikul hulgal vesinikku ja elektronkiir muutub nähtavaks.

4. Nuppude "АНОД" ja "ТОКУС" abil saavutage, et elektronid koonduksid küllaldase heledusega kiireks.

5. Pingestage Helmholtzi poolid ja jälgige elektronkiire kõverdumist, kuni tekib teatud raadiusega ringjoon.

6. Pöörake gaaslahenduslambi ja näidake kruvijoone tekkimist.

Millise teemaga seoses tuleks seda katset näidata?

Kuidas seletada õpilastele näidatud katset?

Milliseid katseülesandeid saaks sellest lähtudes koostada? -----

Kontrollküsimusi

1. Kenotronalaldi BK-3 klemmipinge langeb 440-V tühi-jooksul kuni 250 V-ni nimikoormusel. Millest on see tingitud?

2. Selgitage alaldite BK-3 ja BK 4-12 tööprintsipi.

3. Kirjeldage leelisaku ja happeaku ehitust.

4. Millised on akude hooldamise reeglid?

5. Kirjeldage pooljuhtdiodi tööprintsipi.

6. Kuidas töötab silumisfilter?

7. Milliste katsete puhul peab kasutama silutud alalisvoolu, kus võib kasutada pulseerivat alalisvoolu (nimetage kummastki liigist 3 demonstratsiooni)?

8. Kuidas arvutada 15. ülesande põhjal elektroni erilaengut?

9. Kuidas kasutada 15. ülesandes kirjeldatud katset Lorentzi jõu õppimisel?

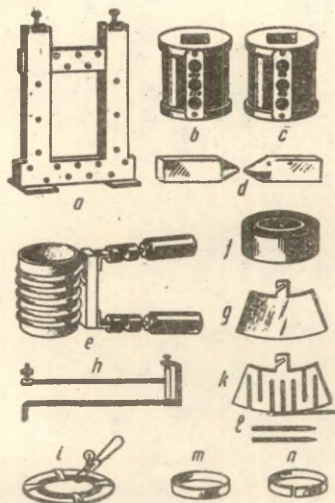
4. TRANSFORMAATORID

Õppevahendite tööstus toodab koolidele mitut liiki nii suletud kui ka avatud südamikuga transformaatoreid, mida kasutatakse paljudes demonstratsioonkatsetes ja praktikumitöös. Peale selle on transformaatoreid ehitus ja tööprintsip uurimisobjektiks füüsikakursuse teema "Elektrienergia tootmine, ülekanne ja kasutamine" õppimisel.

Käesoleva töö eesmärgiks on tutvustada mitut liiki koollittransformaatoreid ja anda oskusi nende käsitlemisel mõningate demonstratsioonkatsete korraldamisel.

4.1. Universaalne transformator

Universaaltrafoks nimetatakse koolidele toodetavat komplekti, mis koosneb järgmistest osadest (joon. 38).



Joonis 38.

1) U-kujuline südamik koos ankru ja selle kinnitamiseks vajalike kruviklambritega (a),

2) pool 120/220 V (b),

3) pool 6/6 V (c),

4) kaks koonusekujuliste otstega poolusekinga (d),

5) jämedast vaaktraadist pool elektrikeevituse demonstreerimiseks koos elektroodidega (e ja l),

6) tulekindlast materjalist vaakrenniga rõngas induktsoonahju tööprintsibi demonstreerimiseks (f),

7) pendel kahe plaadiga (Waltenhofeni pendel Foucault' voolude demonstreerimiseks) (g, h, k),

8) vask- ja alumiiniumrõngas (m ja n),

9) lambi ja käepidemega pool induktsoonivoolu tekkimise demonstreerimiseks) (i).

Kogu komplekt paikneb puukastis.

Komplektiga on võimalik teha katseid teemade "Magnetväli", "Elektromagnetiline induktsoon", "Vahelduvvool", "Elektrienergia tootmine, ülekanne ja kasutamine" õppimisel. Vaatleme neist mõningaid.

Ülesanne 1. Näidata katset "Vooluga pooli magnetväli".

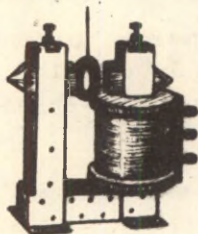
Pool 120/220 V ühendatakse 4 - 5-voldise pingega alalisvooluallikaga ja paigutatakse nii, et ta telg oleks risti magnetilise meridiaani tasapinnaga. Pooli lähedusse paigutatakse magnetnõela.

Näidake: 1) magnetnõela pöördumist vooluga pooli magnetvälja mõjul, 2) määrake pooli poolused, 3) demonstreerige magnetnõela pöördumist sõltuvalt voolu suunast poolis.

Tehke vihikusse katseid illustreerivad tahvlijoonised.

Millises klassis ja millises tunnis tuleb näidata neid katseid?

Ülesanne 2^o. Näidata pooli pöördumist magnetväljas. Pool 120/220 V paigutatakse randsüdamikale ning kinnitatakse sinna kaks koonusekujuliste otstega kingakest nii, et statiivile riputatud pool võiks peolusekingade vahel vabalt pöörelda (jeon. 39). Toites mõlemat pooli alalisvooluga (valige iseseisvalt sobivad pingeallikad), näidake pooli pöördumist magnetväljas ja pöördumissuuna sõltuvust voolu suunast mõlemas poolis.



Joonis 39.

■ Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb katset näidata?
Kuidas selgitada õpilastele seda nähtust?

Ülesanne 3^o. Näidata vooluga pooli magnetvälja mõju raudesemetele ja raudsüdamiku mõju magnetväljale.

Koostage vooluring poolist 120/220 V, alalisvooluallikast 10 - 20 V, reostaadist (valige ise sobivate parameetritega reostaat) ja lülitist. Pooli lähedale paigutage niidi otsa riputatud žiletitera.

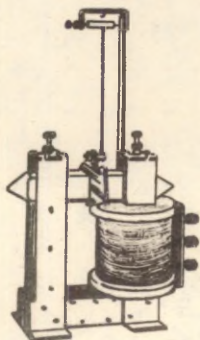
Näidake žiletitera tõmbumist pooli poole, kui vooluahel on sisse lülitatud.

Paigutage pooli raudsüdamik ning näidake, et magnetväli tugevnes. Kuidas selle üle otsustada?

Millises klassis ja millises tunnis tuleb neid katseid näidata?

Ülesanne 4. Näidata pöörisvoolude tekkimist massiivses metall-lehes ja nende vähendamise võimalust üksikutest plaatidest koosneva südamiku kasutamisel.

Koostage Waltenhofeni pendel. Selleks paigutage südamikule 220-V mähis, mida toitis vastava pingega vahelduvvooluvõrgust. Südamikule kinnitage kruviklambritega koonusekujuliste otstega poolusekingad, jättes nende vahele 4 - 5 mm laiuse pilu. Ühe kontramutri alla kinnitage pendli kronstein ja paigutage pendli otsa massiivne alumiiniumplaat (joon. 40).



Joonis 40.

1. Näidake, et pendel võngub väikese sumbuusega, kui vooluallikas on välja lülitatud.

2. Demonstreerige pendli võnkumiste kiiret sumbumist voolu sisselülitamisel.

3. Asendage massiivne alumiiniumplaat väljalõigetega plaadiga ja näidake, et sel juhul võngub pendel palju kauem ka sisselülitatud vooluallika korral.

Kuidas selgitada õpilastele vaadeldud nähtust ja selle kasutamise võimalusi? Millises klassis tuleb seda teha? (Viidake ka õpikule.)

Ülesanne 5. Näidata induktsioonivoolu kasutamist metallide sulatamiseks (induktsioonahju mudel).

Südamikule paigutatakse 120/220-V mähis ja tulekindlast materjalist vaskrenniga rõngas. Südamik tuleb sulgeda ankru ja kinnitusklaambritega. Tähelepanu! Ankru lihvitud pool tuleb paigutada vastu U-kujulist südamikku.

Paigutage rõngale tükike tina, sulgege vooluahel ja näidake, et vaskrõngas kuumeneb kaunis kiiresti tina sulamistemperatuurini - tina sulab. Registreerige katse korraldamiseks kuluv aeg. _ _ _ _ _

Millises klassis seda katset tuleb näidata?

Ülesanne 6. Näidata kontaktkeevitust.

Koostage elektrikeevitusaparaadi mudel. Paigutage südamikule mähis 120/220 V ja jämedast vasktraadist pool. Pooli klemmidega ühendage elektroodid nii, et nende vahele jääks vahemik umbes 5 - 10 mm (kui puuduvad spetsiaalsed elektroodid, võib kasutada kahte umbes 2-mm läbimõõduga naela). Lülitage mähis 120/220-V mähise nimipingele vastava pingega vahelduvvooluvõrku, viige elektroodid vastastikku ja näidake kontaktkeevitust.

Kuidas selgitada õpilastele kontaktkeevituse põhimõtet?

Ülesanne 7^o. Näidata komplekti detailidest koostatud trafoga primaarvoolu kasvamist koos koormusvoolu kasvamisega (trafo poolt võrgust tarvitatava võimsuse automaatne reguleerimine).

Koostage trafo, mille primaarmähis oleks 220 V, sekundaarmähis 12 V. On teada, et antud trafo nimivõimsus sekundaarklemmidel on 60 VA.

Joonestage skeem ja koostage vooluring, kuhu oleksid lülitatud ampermeetrid primaar- ja sekundaarvoolu mõõtmiseks ning reostaat, mille abil saaks reguleerida koormusvoolu kuni nimiväärtuseni. Koormusvoolu nimiväärtus arvutage trafo nimivõimsusest lähtudes, sobiva piirkonnaga ampermeetrid ja reostaat valida iseseisvalt.

Enne vooluringi sisselülitamist laske juhendajal kontrollida valitud mõõteriistade vastavust nõutud väärtustele.

1. Näidake, et trafo tühijsuut on primaarvool väga väike.

2. Demonstreerige primaarvoolu kasvamist trafo koormuse kasvamisel tühijsuut kuni nimikoormuseni. Märkige üles I_1 ja I_2 väärtused nimikoormusel.

Kuidas selgitada õpilastele trafo isereguleerivat omadust?

Kuidas näidata sama katset, kasutades ampermeetrite asemel hõõglampe?

Näpunäide. Primaarahelasse peab järjestikku lülitama sellise võimsusega hõõglambi, mis vaevalt hõõguks, kui trafo töötab tühijooksul. Valige sobiva võimsusega lamp ja näida-ke seda katset ka juhendajale.

4.2. Kolmefaasiline transformaator

Kolmefaasilist transformaatorit (joon. 34) kasutatakse tema ehituse tundmaõppimiseks ja 12-voldise vahelduvpingeallikana. Trafo primaarmähised on arvestatud lülitamiseks kolmefaasilisse võrku liinipingega 220 volti. Sekundaarmähiste pinge 12 volti. Iga faasi võimsus 41 VA. Trafo esimese faasi mähis on värvitud punaseks, teise faasi mähis kollaseks, kolmandal roheliseks.

Faaside alguste ja lõppude tähistused on toodud tabelis.

Mähis	I faas (punane)	II faas (kollane)	III faas (roheline)
Primaarmähis (220 V)			
Algus	A	B	C
Lõpp	X	Y	Z
Sekundaarmähis (12 V)			
Algus	a	b	c
Lõpp	x	y	z

Nii primaar- kui ka sekundaarmähised ühendatakse erineval viisil tähte või kolmnurka, kusjuures saadakse erinevad faasinihked primaar- ja sekundaarpingete vahel. Enam levinumad on ühendusviisid Y/Y_0 ja Δ/Y_0 .

Ülesanne 8. Tutvuda kolmefaasilise trafo ehitusega. Joonestada ühendusviisid Y/Y_0 ja Δ/Y_0 klemmlaual, märkides juurde faaside maksimaalse lubatud koormusvoolu.

Ülesanne 9. Näidata erinevate pingete saamise võimalust kolmefaasilise trafo abil.

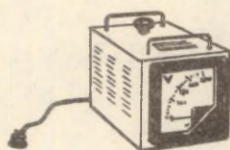
Lülitage trafo võrku 220/127 V ja mõõtke pinged järgmistel juhtudel:

Ühendusviis	Y/Y	Y/ Δ	Δ /Y	Δ/Δ
Pinge	$U_{AX}=$ $U_{AB}=$ $U_{ax}=$ $U_{ab}=$	$U_{AX}=$ $U_{AB}=$ $U_{ax}=$ $U_{ab}=$	$U_{AX}=$ $U_{AB}=$ $U_{ax}=$ $U_{ab}=$	$U_{AX}=$ $U_{AB}=$ $U_{ax}=$ $U_{ab}=$

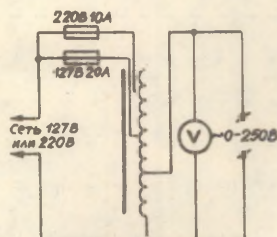
Pingete mõõtmiseks vajalikud voltmeetrid valige ise-
seisvalt. Näidake valitud voltmeetreid juhendajale ja põh-
jendage valikut.

4.3. Pingeregulaator PHH-62

Pingeregulaator PHH-62 (joon. 41) on voltmeetriga va-
rustatud autotransformaator, mida saab kasutada nii pinge
tõstmiseks kui madaldamiseks mitme-
suguste demonstratsioonkatsete ja
laboratoorsete tööde juures. Pinge-
regulaatori põhimõtteskeem on
toodud joonisel 42.



Joonis 41.



Joonis 42.

Põhilised tehnilised andmed

220-V võrgupinge puhul on suurim lubatud koormusvool
9 A; reguleeritava pinge väärtus 5 - 240 V; töörežiim va-
heagadega: 45 min. tööd, 15 min. vaheajaga.

Märkus. Kui pingeregulaator jääb tööle pikemaks ajaks kui 45 min., tuleb vähendada maksimaalset koormusvoolu 20% võrra, võrreldes nimivooluga.

Ülesanne 10. Tutvuda pingeregulaatori ehitusega. Kuidas mõõta reguleeritavat pinget vahemikus 5 - 50 V?

Ülesanne 11. Näidata sulavkaitsme läbipõlemist, kui voolutugevus ületab lubatud piiri.

Selleks kinnitage isoleerstatiividele tükk peenikest (0,05) traati ja koostage vooluring, kuhu oleksid lülitatud reostaat ning pingeregulaator. Suurendades pingeregulaatoriga ettevaatlikult pinget, jälgige, kuidas traat hakkab hõõguma ning põleb läbi. Katseks vajalik reostaat valige iseseisvalt.

Põhjendage juhendajale reostaadi valikut.

Kuidas selgitada õpilastele seda katset? Millises klassis tuleb seda näidata?

4.4. Thomsoni pool

Thomsoni pool (joon. 43) on tegelikult avatud südami-kuga transformaatore, mida kasutatakse vahelduvvoolu induktiivse toime demonstreerimiseks (E. Thomsoni katsed). Enamik Thomsoni poole valmistatakse nimipingele 127 V ja nimivoolule 5 A. Kontrollige, millisele nimipingele on valmistatud Teie käsutuses olev pool. Peale selle tuleb teada, et Thomsoni pool on arvestatud ainult lühiajaliseks

(2 - 3 minutit) võrkulülitamiseks.



Joonis 43.

Ülesanne 12. Näidata trafo mähistes kulgevate voolude vastastikust mõju.

Ühendage Thomsoni pool võrku ja paigutage südamikule alumiiniumrõngas. Lülitage vool sisse ja näidake rõnga hõljumist pooli kohal. Korrake sama katset vaskrõngaga.

Millal esinevad suuremad tõukejõud?

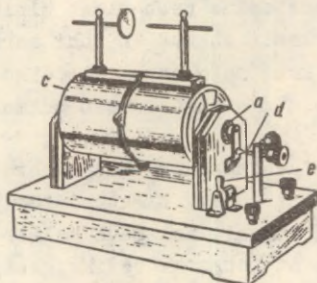
Kuidas selgitada vaadeldud nähtust? Püüdke hõljuvat rõngast suruda vastu pooli. Mida märkate? Kuidas demonstree-rida õpilastele, et rõngas tugevasti kuuenes? Tehke tahvlijoonis, mis selgitaks rõnga hõljumist Thomsoni pooli kohal.

Ülesanne 13. Näidata induksioonivoolu tekkimist muutuva magnetvoo mõjul.

Lülitage Thomsoni pool vooluringi ja lähendage talle ülalt käepideme ja lambikesega varustatud pool. Mida märkate ja kuidas selgitada tulemust õpilastele? Kuidas valmistada Thomsoni pool kooli universaaltrafo detailidest (tehke joonis)? Tehke seda ja demonstreerige katseid 12 ja 13.

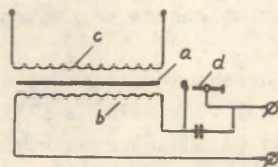
4.5. Säteinduktor NB-100

Säteinduktor (joon. 44) (tuntud ka Ruhmkorffi indukto-
ri nime all) on samuti omapärane avatud südamikuga trans-
formaator, mida kasutatakse kõrgepingeallikana paljudes
demonstratsioonkatsetes ja praktikumitöodes.



Joonis 44.

Säteinduktori skeem on toodud joonisel 45.



Joonis 45.

Primaarmähisesse b juhitakse alalispinge läbi katkesti
d, millega tagatakse voolu perioodiline sisse- ja välja-
lülitamine - muutuva magnetvoo tekitamine. Katkestussäde-
me kustutamiseks lülitatakse paralleelselt katkestiga kon-
densaator. Sekundaarmähises c indutseeritakse kõrgepinge,
mis on induktori NB-100 korral 25 kV.

Säteinduktori ettevalmistamine tööks

1. Sekundaarmähisega ühendatud ketas ja teravik paigu-
tage teineteisest mitte kaugemale kui 100 mm (see on an-
tud säteinduktori maksimaalne sädevahemiku pikkus normaalses
atmosfääritingimustes).

2. Ühendage induktori primaarmähis sobiva pingega akupatareiga või alaldiga, jälgides, et induktoril olev ümberlüüti (skeemil 45 ei ole näidatud) oleks välja lülitatud (käepide paikneb vertikaalselt).

3. Pöörates ümberlüüti käepidet 90° võrra, lülitage induktor vooluringi. Reguleerimisvindiga pange tööle katkesti, kusjuures sädelemine peab olema minimaalne.

Ettevaatust! Katkesti ankrut ei tohi suruda tihedalt vastu südamikku a, kuna sel korral ei toimu primaarahela katkestamist ja voolutugevus saavutab primaarmähisele ohtliku väärtuse.

Ümberlüüti on õiges asendis, kui sädevahemiku teravik on anoodiks, ketas katoodiks. Elektroodide polaarsus määratakse sädeme kuju põhjal. Kui säde kulgeb teravikult ketta tsentrisse, siis on ketas katoodiks; kui säde lööb teravikult ketta äärtele, on ketas anoodiks.

Sädeinduktoriga töötamisel peab kindlasti täitma järgmisi ohutustehnika reegleid.

1. Mitte puudutada sädevahemikku ega juhtmeid, mis viivad sekundaarmähiselt teistesse seadmetesse. Tegemist on kuni 25-kV pingega.

2. Jälgige, et sädevahemiku laius ei oleks suurem kui 100 mm, vastasel korral võib tekkida läbilöök sekundaarmähise isolatsioonist ja induktor on rikutud.

3. Jälgida, et induktor ei kuumeneks üle 40°C , kuna siis võib parafiniisolatsioon sulada.

4. Jälgida, et kõrgepingejuhtmed ei puutuks omavahel kokku ega satuks maandatud esemete lähedusse.

Ülesanne 14. Tutvuda sädeinduktori ehitusega ja kirjeldada tema tööprintsipi. *Põhjendada, miks pika sädevahemiku puhul sädeinduktor annab pulseerivat alalisvoolu (2).

Rakendada sädeinduktor tööle ja määrata sädeme kuju järgi kõrgepingelektroodide poolused, muuta ümberlülitiga polaarsust. Vooluallikana kasutada alaldit BC-24M.

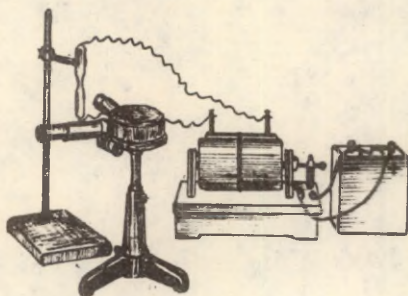
Ettevaatust! Mitte kasutada induktori nimipingest suuremat pinget! Vähendage sädevahemikku 30 - 50 mm, paigutage elektroodide vahele paberileht ja näidake, et säde lööb läbi paberi.

Ülesanne 15^o. Kasutada sädeinduktorit spektraaltorude toitmiseks.

Vahendid: spektraaltorude komplekt, statiiv, kahe toruga spektroskoop.

Ühendage sädeinduktori sekundaarahelasse statiivile kinnitatud spektraaltoru (jälgige juhtmete paigutust ja vältige nende lõikumist), lülitage induktor tööle ja reguleerige välja püsiv töörežiim.

Paigutage spektraaltoru peenike osa vastu spektroskoobi pilutoru (kollimaator) ja vaadeldge tekkinud joonspektrit (joon. 46).



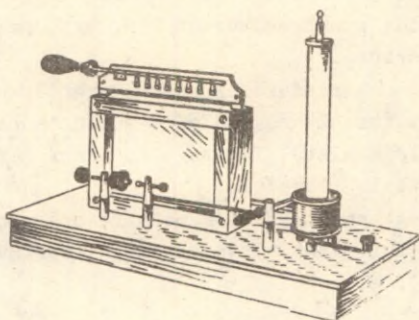
Joonis 46.

4.6. Tesla trafo

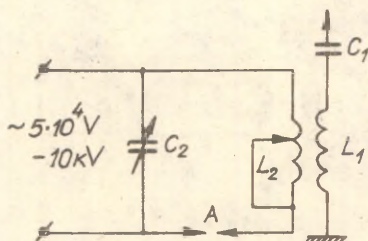
Tesla trafo (joon. 47) võimaldab saada kõrgepingelist kõrgsagedusvoolu, mida kasutatakse paljudes demonstratsioonkatsetes, seshätt teema "Elektromagnetvõnkumised ja -lained" õppimisel.

Tesla trafo põhimõtteskeem on toodud joonisel 48.

Nagu nähtub, koosneb seade kahest induktiivselt sidestatud võnkeringist L_1C_1 ja L_2C_2 . Esimese võnkeringi moodustavad muutuva mahtuvusega plaatkondensaator ($C_{\max} = 6 \cdot 10^{-3} \mu F$), muutuva induktiivsusega pool ($L_{\max} = 11 \mu H$) ja sädevahemik A. Esimest võnkeringi toidetakse sädeinduktoriga, mille sädevahemik ei tohi olla väiksem kui 50 mm. Teise võnkeringi moodustab silindriline pool, mis on kinnitatud esimese võnkeringi pooli tsentrisse. Teise võnkeringi mahtuvuseks on



Joonis 47.



Joonis 48.

pooli keerdudevaheline mahtuvus (skeemil on see selguse mõttes kujutatud eraldi mahtuvusena C_2).

Kui rakendada esimesele võnkeringile kõrgepinget, siis kondensaatori C_1 teatud potentsiaalide vahe puhul toimub sädevahemikus A lahendus. Tekkinud lahendus on elektromagnetvõnkumine, mille perioodi määrab valem $T = 2\pi \sqrt{L_1 C_1}$. Sädelahenduse tõttu tekkinud kõrgsageduslik elektromagnetväli indutseerib teises võnkeringis elektromagnetvõnkumised, mis saavutavad maksimumi võnkeringide resonantsi korral.

Ülesanne 16. Tutvuda Tesla trafo ehitusega. Rakendada trafo tööle, kasutades toiteallikana sädeinduktorit WB-100.

1. Näidake koroonalahenduse tekkimist teise võnkeringi pooli otsas.

2. Muutes L_1 ja C_1 väärtust, demonstreerige elektrilist resonantsi ja näidake, et resonantsi korral peab kehtima tingimus $L_1 C_1 = \text{const}$.

3. Näidake hõrendustorude helendumist kõrgsagedusväljas. Võtke hõrendustoru kätte ja lähendage ta ülalt teise võnkeringi poolile. Näidake, et toru eemaldamisel Tesla trafost helendumine väheneb.

4. Demonstreerige kõrgsagedusvoolu füsioloogilist toimet. Võtke kätte mingi metallese ja lähendage see trafo teise võnkeringi ülemisele otsale. Kas tajute, et Teie keha on kõrgsagedusvooluringi üheks osaks?

5. Näidake, et kõrgsagedusvool läbib tahkeid dielektrikuid. Võtke õhukeseseinaline keeduklaas ja asetage see teise võnkeringi pooli otsa. Lähendage ülevalt metallese ja näidake sädeme kulgemist läbi klaasi põhja.

Millises klassis tuleb neid katseid näidata? (Viidata õpikule.)

Kontrollküsimusi

1. Kirjeldada trafo tühijooksurežiimi ja ehitada vastav vektordiagramm.

2. Kuidas selgitada ülesandes 2 tehtud katse põhjal elektrimootori ja elektrodünaamilise mõõtemehhanismi tööprintsipi?

3. Kuidas selgitada ülesandes 3 tehtud katsete põhjal elektromagnetilise mõõtemehhanismi tööprintsipi?

4. Kuidas kasutada Waltenhofeni pendlikatset induktsioonisummuti tööprintsibi selgitamiseks?

5. Kuidas kasutada 3-faasilist koolitrafot, kui võrgupinge on 220/380 V?

6. Kuidas lülitada 127-V nimipingega Thomsoni pool 220-V võrku, kasutades eeltakistina a) reostaati, b) hõõglampi. Arvutage reostaadi karakteristikud ja hõõglambi võimsus.

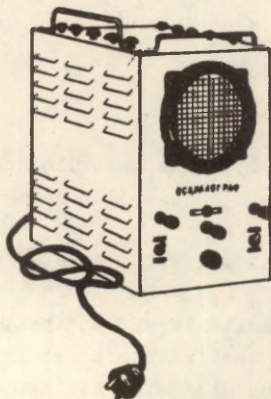
7. Kuidas kasutada ülesandes 15 koostatud seadet spektraalanalüüsi praktikumitöös?

8. Kuidas selgitada õpilastele ülesandes 16 tehtud katseid?

5. ELEKTRONOSTSILOSkoop, HELIGENERAATOR JA ULTRA- HELIGENERAATOR

Elektronostsilloskoobi abil näidatavate demonstratsioonkatsete arv on koolifüüsikas viimastel aastatel oluliselt kasvanud. Paljude katsete korral on koos ostsilloskoobiga otstarbekas kasutada ka heligeneraatorit. Käesoleva töö eesmärgiks on tunda õppida neid kahte riista kui demonstratsioonivahendeid ja teha mõned demonstratsioonikatsed ka ultraheligeneraatoriga. Paljud tööjuhendisse lülitatud katsed on võetud J. Hendre raamatust "Füüsikakatsed elektronostsilloskoobi ja heligeneraatoriga", Tln., "Valgus", 1968.

5.1. Elektronostsilloskoop O3M-6I ja heligeneraator

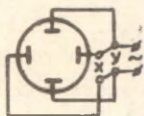


Joonis 49.

Elektronostsilloskoobi (joon. 49) tööpõhimõtte ja käsitsemisreeglite meeldetuletamiseks lugege läbi J. Hendre raamatust § 1 ja 2.

Ülesanne 1. Näidata elektronkiire üheaegset vertikaalset ja horisontaalset kallutamist.

Vahendid: elektronostsilloskoop, pingeregulaator PHM-62. Kallutusplaatide sisendid (asetsevad ostsilloskoobi tagaseinas) ühendatakse joonise 50 kohaselt. Kallutusplaatidele rakendatakse vahelduvpinge läbi pingeregulaatori. Kallutusgeneraator ja võimendid on välja lülitatud.



Joonis 50.

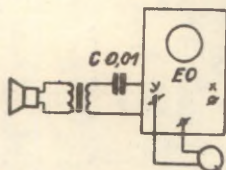
Kuidas selgitada seda katset õpilastele? Millises klassis tuleb seda teha?

Ülesanne 2. Muuta kuuldavaks ostsilloskoobi sisendile rakendatud helisageduspinge ja kallutusgeneraatori impulssid.

Vahendid: väljundtrafoga valjuhääldi, elektrigrammofon, kondensaator 0,01 - 0,1 μ F.

Ostsilloskoobi sisendile rakendatud helisageduspinge kuuldavaks tegemiseks saab kasutada ostsilloskoobi võimendit, mille väljund on ühendatud kallutusplaatidega. Kallutusplaatidelt on ühendused välja toodud ostsilloskoobi tagaseinas olevatesse puksidesse, mis moodustavad ühtlasi ka võimendi väljundi. Kui ühendame väljundtrafoga varustatud valjuhääldi y-plaatide puksidega, saame ekraanile tekkivate helikõveratega üheaegselt kuulda nelle vastavat heli.

Tehke ühendused vastavalt joonisele 51. Muutke võimendus-
regulaatoriga vertikaalkallutuse amplituudi. Mis juhtub?

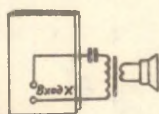


Joonis 51.

* Milleks on vajalik eralduskondensaator C ?

Millises klassis ja millise teema käsitlemisel tuleb se-
da katset näidata? (Viidake õpikule.)

Kui valjuhääldi ühendada läbi eralduskondensaatori x-
plaatidega (joon. 52), võib kuulda kallutusgeneraatori töö-
tamisel tekkivaid impulsse. Kuna pinge muutub horisontaal-
setel plaatidel väga järsult elektronkiire iga tagasikäigu



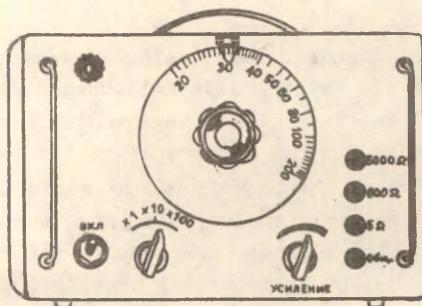
ajal, tekib valjuhääldi vooluringis lühi-
ke vooluimpulss, mis paneb membraani het-
keks võnkuma. Suurendades või vähendades
kallutusgeneraatori sagedust, muutub val-
juhääldis kuuldava heli kõrgus.

Joonis 52.

⌘ Joonestage graafik, mis näitaks kallutusplaatidele rakendatava pinge sõltuvust ajast.

⌘ Kas valjuhääldi asemel saaks selles katses kasutada ka telefoni? Kuidas seda teha?

Heligeneraatori (joon. 53) tööpõhimõtete ja käsitlemisreeglite meeldetuletamiseks lugege läbi J. Hendre raamatust § 4.



Joonis 53.

Ülesanne 3. Kasutada heligeneraatorit kallutusgeneraatori sageduse sünkroniseerimiseks uuritava sagedusega ja sageduse määramiseks.

Ühendage heligeneraator elektronostsilloskoobi y-sisendiga. Ostsilloskoobi ümberlülitati "синхронизация" pöörake asendisse "внешняя". Kuna välise sünkroniseerimise pingallikat pole ostsilloskoobiga ühendatud, siis sünkroniseerimist ei toimu.

Valinud heligeneraatoril mingi kindla sageduse, muutke aeglaselt ostsilloskoobi kallutusgeneraatori sagedust seni, kuni ekraanile tekib püsiv kujutis. Nüüd on täidetud sünkroniseerimistingimus, s.t. kallutusgeneraatori sagedus on võrdne või täisarv korda väiksem (suurem) uuritava ping sagedusest. Muutes kallutusgeneraatori sagedust ühes või teises suunas, võib ekraanile saada erineva arvu uuritava ping perioode. Alati, kui uuritava ping täisperioodid mahuvad kallutusgeneraatori perioodi, tekib ekraanile "libisematu" kujutis.

Järgnevalt valige kallutusgeneraatori selline sagedus, et uuritava ping kõver hakkaks ekraanil horisontaalsihis aeglaselt liikuma. Pöörake ümberlülitati "синхронизация" asendisse "от сети", paigaldage kujutis ekraanil nupu "синхронизация" pööramisega.

* Kirjeldage, kuidas toimub sel juhul sünkroniseerimine. Joonestage skeem.

Viimati kirjeldatud manipulatsioonid tehke läbi ka pärast ümberlüüti "СИНХРОНИЗАЦИЯ" pööramist asendisse "внутренняя".

✎ Kirjeldage, kuidas toimub sünkroniseerimine sel juhul. Joonestage skeem.

Uuritava pinge sageduse määramiseks kasutame asjaolu, et kui sünkronisatsiooni puudumisel kõvera kogu kujutis on ekraanil täielikult nähtav (s.o. kujutis ei välju ekraani piiridest) ja on püsiv, toimub kallutusgeneraatori ühe perioodi jooksul nii mitu uuritava pinge täisvõnget, kui mitu perioodi on ekraanil näha.

Kallutusgeneraatori sagedus on määratav nuppude "диапазон частот" ja "частота плавно" kaudu. Kui näiteks nupp "диапазон частот" asub asendis "150", tähendab see seda, et nupu "частота плавно" nullasendi korral on kallutusgeneraatori sagedus $f_1 = 150$ Hz. Kui nupp "частота плавно" pöörata äärmisse parempoolsesse asendisse, suureneb kallutusgeneraatori sagedus $f_2 = 500$ Hz-ni (nupu "диапазон частот" järgmise astme väärtuseni). Seega on vaadeldaval juhul nupu "частота плавно" pööramisega võimalik muuta sagedust $500 \text{ Hz} - 150 \text{ Hz} = 350 \text{ Hz}$ võrra. Kui jaotame nupu "частота плавно" äärmiste asendite vahemiku võrdseteks osadeks (k), võime

kallutusgeneraatori sageduse (f) määrata valemist

$$f = f_1 + \frac{f_2 - f_1}{k} \cdot m,$$

kus m on nupu "частота плавно" asendile vastav jaotis. Uuritava pinge sageduse leiame seosest $f_x = nf$, kus n on ekraanile tekkinud perioodide arv.

Proovige määrata ülalkirjeldatud meetodil mõned heligeneraatori sagedused. Tulemust kontrollige heligeneraatori skaalalt. Selline sageduse määramise meetod on õpilastele jõukohane ja võib olla üheks osaks ostsilloskoobiga sooritatavast praktikumitööst.

Millises klassis seda tuleks teha? - - - - -

- - - - -

Uuritava pinge sageduse täpsemaks määramiseks peab ostsilloskoobi gradueerima tuntud sageduse järgi või kasutama Lissajous' kujundite meetodit. Milles see seisneb? Tuletageme meelde üldfüüsika praktikumis tehtud tööd.

☞ Joonestage mõned Lissajous' kujundid ja selgitage, kuidas nende järgi sagedust määrata.

Ülesanne 4^o. Näidata ostsilloskoobiga elektromotoorjõu indutseerimist trafo sekundaarmähises, kui primaarmähisesse juhtida vahelduvvool.

Vahendid: universaaltransformaatori 220 V tähisega pool koos raudsüdamikuga, 4 - 5 m painduvat juhet.

Asetage universaaltrafo raudsüdamiku ühele otsale 220 V tähisega pool ja lülitage see vahelduvvooluvõrku. Sulgege raudsüdamik, et vähendada ostsilloskoopi mõjustavat puistevoogu.

Mähkige trafo südamiku vabale otsale üks keerd, ühendage keeru otsad ostsilloskoobi y-sisendiga ja reguleerige pinge amplituudväärtus mõõtevõrgult hästi loetava suuruse - näiteks 2 cm kõrguseks. Ekraanile tekkiva vahelduvvoolu sinusoidi põhjal saamegi järeldada, et trafo südamikul kulgev muutuv magnetväli indutseeris y-sisendiga ühendatud juhtmekeerust elektromotoorjõu.

Suurendage südamikule keritud keerdude arvu 2, 3, 4 jne. korda ja näidake, et indutseeritava pinge amplituudväärtus on võrdeline keerdude arvuga. Tehke katsed illustreeriv tahvlijoonis.

Näidake, et bifilaarselt südamikule paigutatud juhtmes elektromotoorjõudu ei indutseerita. Pruugib aga juhtmed teineteisest natuke eemaldada ja paigutada see koht muutuvasse magnetvälja, kui ostsilloskoop registreerib uuesti pinge tekkimist.

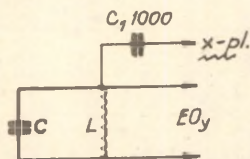
Millises klassis ja millise teema käsitlemisel tuleb neid katseid näidata (viidata õpikule)?

Kuidas selgitada vaadeldud nähtust õpilastele?

Ülesanne 5^o. Näidata sumbuvate võnkumiste graafikut. Demonstreerida võnkeringi omavõnkeperioodi sõltuvust pooli induktiivsusest ja kondensaatori mahtuvusest.

Vahendid: kondensaatorpatarei ($60 \mu F$), universaaltrafo pool 220 V koos raudsüdamikuga, eralduskondensaator ($1000 pF$ - $0,5 \mu F$), elektronostsilloskoop.

Katseseade koostage vastavalt joonisel 54 esitatud skeemile. Induktiivpooliks kasutage universaaltrafo pooli 120



Joonis 54.

või 220 voldile (ilma raudsüdamikuta). Sobiv mahtuvus valige kondensaatorpatarei abil katseliselt. Võnkering ühendatakse läbi eralduskondensaatori ostsilloskoobi tagaküljel asuva x-plaadi sisendiga.

* Milleks on vajalik eralduskondensaator? Millistest kaalutlustest lähtudes valitakse selle mahtuvus?

Elektronkiire tagasikäigu ajal tekkiv pingepulss täiendab võnkeringi energiat iga võnkeseeria lõpul. Et kasutatakse kallutuspinge taktis muutuvaid impulsse, tekib ostsilloskoobi ekraanile püsiv, automaatselt sünkroniseeritav kujutis. Kasutada tuleb ostsilloskoobi vertikaalkallutuse suurt võimendust.

Lülitage seade võrku ja joonestage vihikusse ekraanile tekkinud graafik (koos telgedega).

Näidake võnkeperioodi sõltuvust võnkeringi mahtuvusest ja pooli induktiivsusest (asetage pooli raudsüdamik). Joonestage ekraanile tekkinud graafikud.

Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata (viidake õpikule)? _ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

Kirjeldage katse positiivseid ja negatiivseid külgi.

Kuidas näidata võnkeringi takistuse mõju võnkumisele?

5.2. Kommutaatorid elektronostsilloskoobile

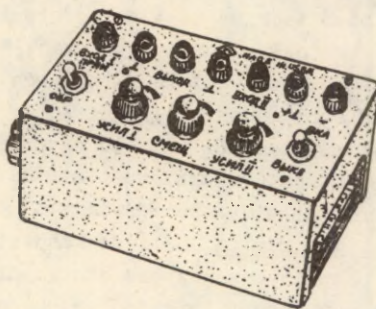
Lugege läbi J. Hendre raamatust paragrahv 10.

Ülesanne 6. Tutvuda elektronkommutaatoriga (joon.55, 56). Kirjeldada elektronkommutaatori tööprintsipi.

Tehnilisi andmeid.

	Kahekanaliline režiim	Neljakanaliline režiim
Kommuteerimissagedus	8 kHz	4 kHz
Uuritavate sageduste diapasoon	0 - 400 Hz	0 - 200 Hz

Sisendisse antava signaali amplituudväärtus võib muutuda 5 - 300 V-ni. Kommutaatorit toidetakse taskulambipatareist või mõnest muust sobiva pingega vooluallikast.

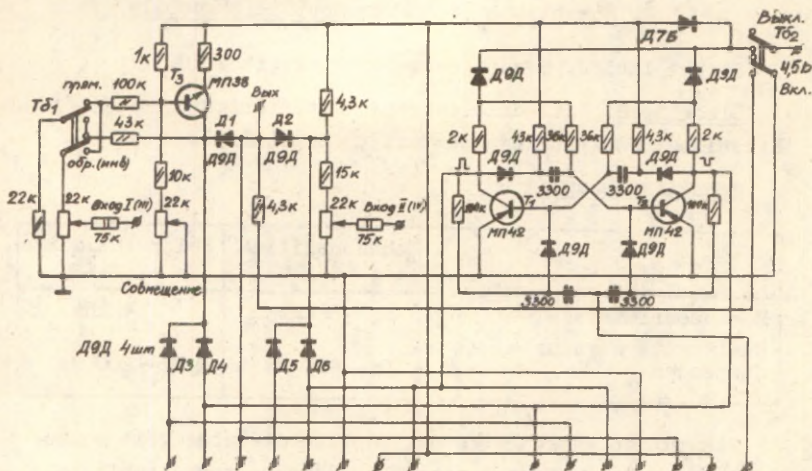


Joonis 55.

Kommutaatori ettevalmistamine tööks

a) Kahekanaliline režiim. Väljund "ВЫХОД" ühendatakse kooliostsilloskoobi y-sisendiga. Ostsilloskoobi pingejaga- ja käepide pange asendisse "kuni 5 V"; kallutussagedus valige 0 - 500 Hz; y-sisendi võimendus keerake maksimaalseks. Uuritavat signaalide amplituudi saab muuta kommutaatoril olevate võimendite I ja II nuppude pööramisega.

Lülitada, sisse kommutaatori toide. Et kontrollida, kas



Joonis 56.

kommutaator töötab, pöörata nuppu "совмещение". Ostsillooskoobi ekraanile peab tekkima kaks horisontaalset joont.

Ühendada kommutaatori sisenditega "ВХОД I" ja "ВХОД II" uuritavad pinged. Võimendite I ja II nuppude pööramisega reguleerida välja sobiv ostsillogrammi amplituud.

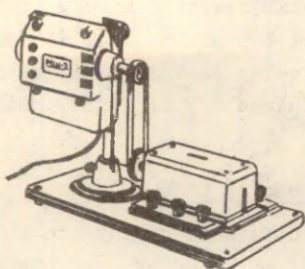
Inversioonkaskaadi tumbler viiakse asendisse "ИНВЕРСИОННЫЙ" induktiiv- ja mahtuvustakistust sisaldavate vooluringides esineva faasinihke demonstreerimisel.

b) Neljakanaliline režiim. Selleks kasutatakse kahte kommutaatorit, mis ühendatakse korpuse otstes olevate liidendite abil. Ühe kommutaatori toide on seejuures vaja välja lülitada. Vasakpoolne kommutaator commuteerib nüüd esimest ja teist kanalit, parempoolne (selle toide on välja lülitatud!) kolmandat ja neljandat kanalit.

Kommutaatorite väljundid on ühendatud paralleelselt, seejärel on ükskõik, kumma me ühendame ostsillooskoobi y-sisendiga.

Ülejäänud juhtimisorganeid kasutatakse samuti kui kahekanalilise režiimi korral.

Õppevahendite tööstus toodab koolidele ka mitmekanalilist mehaanilist kommutaatorit, millega saab commuteerida kuni 3 vooluahelat (joon. 57).



Joonis 57.

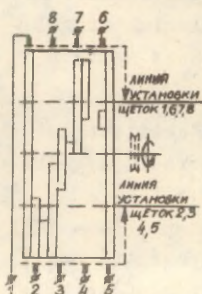
Kommutaatori kasutamisel on võimalik: 1) vaadelda ostsillogramme koos koordinaattelgedega või katkendliku nulljoo-nega, 2) saada alalispingeal-likast ristikülikukujulisi eri-neva kestusega vooluimpulsse, 3) teostada elektriahelate erineva sagedusega ümberlüli-tamist.

Kommuteeritav pinge kuni 250 V, voolutugevus mitte üle

1 A.

Kommutaatori rootoril asetsevad metallplaadid. Nende vastu toetuvad harjakesed. Rotor käivitatakse rihmülekan-de abil kommutaatormotoriga, mida toodetakse koolidele nimetuse all "Universaalne elektrimootor koos lisaseadme-tega".

Kommutaatori põhimõtteskeem on toodud joonisel 58.



Joonis 58.

Skeemilt nähtub, et lamellid 1, 2, 3, 4, 7 ja 8 on omavahel elektriliselt ühen-datud. Samuti on ühendus lamellide 5 ja 6 vahel. Mõlemad grupid on aga ükstei-sest isoleeritud.

Lamellid 2, 3, 4 võimaldavad kommu-teerida ahelaid iga 120° tagant. Lamell 1 on ühendatud harjaga kogu rootori üm-bermõõdu ulatuses. Nende lamellide ka-sutamisel on võimalik järgemööda ühen-dada ostsillooskoobi sisendiga kolmefaa-silise süsteemi iga faasi, rootori tea-

tud pöörlemiskiiruse korral võib näha ekraanil samaaegselt kõigi kolme faasi pingete ostsillogramme.

Lamellid 7 ja 8 võimaldavad vooluahelaid kommuteerida 180° tagant. Lamellide 1, 7 ja 8 üheaegsel kasutamisel võib muundada alalispinge ristikülikukujulisteks vahelduv-pingeimpulssideks. Saadava voolu sageduse määrab rootori pöörlemiskiirus.

Lamellide 5 ja 6 abil on võimalik samuti tekitada ristkülikukujulisi pingeimpulsse. Hari 6 puudutab lamelli ainult 30° ulatuses, s.t. impulsi kestus on $1/12$ T. Lamellide 1 ja 2 abil saab impulsse kestusega $1/3$ T, 1 ja 7 abil - kestusega $1/2$ T.

Kommutaatori ettevalmistamine tööks

Universaalne elektrimootor kinnitatakse kommutaatori alusel olevasse pesasse, jälgides, et rihmülekanne oleks ühes tasapinnas ja rihm küllaldaselt pingul. Mootori pöörete arvu reguleeritakse mootorile antava pinge muutmise-ga. Pinge muutmiseks võib kasutada autotrafot või sobivate parameetritega reostaati. Tuleb jälgida ka seda, et kommutaatori rootor pöörleks õiges suunas.

Seejärel lülitatakse kommutaatorile kommuteeritav pinge, kommutaator ise aga ühendatakse ostsilloskoobi sisendiga. Enne elektrimootori võrku lülitamist peab pöörama käsitsi kommutaatori rootorit ja veenduma, et ekraanile tekivad üksteise järel soovitud ostsillogrammid. Pärast seda lülitatakse mootor võrku ja rootori pöörlemiskiiruse ning laotusgeneraatori sageduse reguleerimisega saavutatakse kaks või kolm püsivat ostsillogrammi.

Ülesanne 7^o. Näidata aktiivtakistuse, induktiivtakistuse ja mahtuvustakistuse sõltuvust vahelduvvoolu sagedusest.

Vahendid: mehaaniline kommutaator, akupatarei (4 - 8 V), taskulambipirn alusel (3,5 V, 0,28 A), reostaat (6 oomi, 2 A), universaaltrafo 120-V mähis lahtisel raudsüdamikul, kondensaatorpatarei (40 - 80 μ F), kolm lülitit.

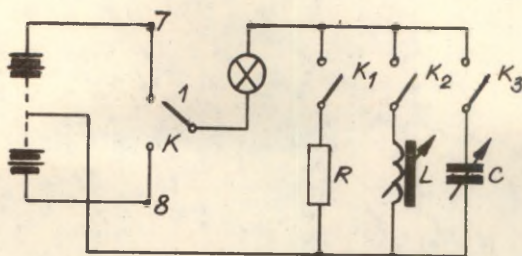
Katseskeem on toodud joonisel 59.

a) Aktiivtakistus vahelduvvooluringis.

Ühendage lüliti k_1 ja pange pöörlema kommutaatori rootor. Reguleerides autotrafoga mootori pöörete arvu, jälgi-ge lambi vilkumissageduse muutumist ja heledust. Selgitage katset.

b) Induktiivtakistus vahelduvvooluringis.

Ühendage lüliti k_2 ja korra-ke katset. Selgitage tule-



Joonis 59.

must. Näidake induktiivtakistuse sõltuvust pooli induktiivsusest.

c) Mahtuvustakistus vahelduvvooluringis.

Katse korraldage analoogiliselt eelmistega. Selgitage mahtuvustakistuse sõltuvust vahelduvvoolu sagedusest ja kondensaatori mahtuvusest.

Ülesanne 8^o. Näidata aktiivtakistuse, induktiivtakistuse ja mahtuvustakistuse sõltuvust vahelduvvoolu sagedusest, kasutades vooluallikana heligeneraatorit.

Katsevahendid samad mis ülesandes 7, ainult akupatarei ja kommutaatori asemel kasutage heligeneraatorit.

Joonestage vooluringi skeem, näidake juhendajale, pärast vooluringi kontrollimist korrake eelmises ülesandes tehtud katseid.

Võrrelda tulemusi. Kumb moodus on efektiivsem, lihtsam teostada, õpilastele arusaadavam?

Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb neid katseid näidata? - - - - -

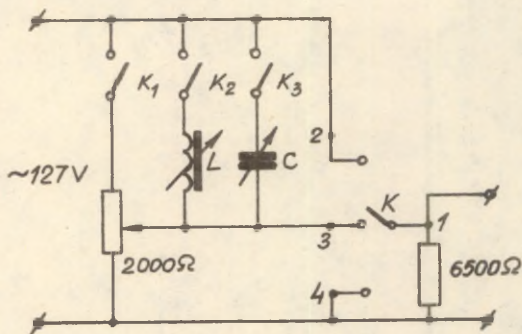
- - - - -
- - - - -

Ülesanne 9. Näidata mehaanilise ja elektronkommutaatori töötamise põhimõtet (J. Hendre, § 10.3).

Ülesanne 10°. Näidata voolu ja pinge vahelist faasinihet aktiiv-, induktiiv- ja mahtuvustakistuse korral.

Vahendid: elektronostsillooskoop, mehaaniline kommutaator, potentsiomeeter (1800 oomi), reostaat (1 - 3 kilo-oomi), universaaltrafo 220-V mähis raudsüdamikul, kondensaatorpatarei (48 μF), kolm lülitit.

Katseskeem on toodud joonisel 60.



Joonis 60.

Kommutaatori kaudu antakse ostsillooskoobi sisendisse järgemööda võrgupinge - pingegraafik (lamellide 1 ja 2 kaudu), vooluga võrdeline pinge - voolugraafik (lamellide 1 ja 3 kaudu) ja lühistatakse sisend - tekib nulljoon (lamellide 1 ja 4 kaudu).

Küllaldase kommutatsioonisageduse korral on ekraanil samaaegselt näha voolu- ja pingegraafikud koos nulljoonega. Sünkroniseerimine toimub võrgust, kallutusgeneraatori diapason - 30.

Jälgige ostsillogramme erineva iseloomuga koormuse korral. Selgitage, kuidas muutub faasinihe erinevate L, C ja R väärtuste puhul.

Ühendage samaaegselt k_2 ja k_3 ning saavutage vooluresonantsi olukord.

Selgitage asünkroonmootori võimsusteguri parandamise võimalust mootoriga paralleelselt ühendatud kondensaatorpatarei abil.

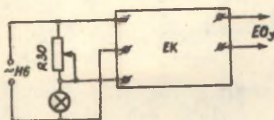
Millises klassis ja millise teema õppimisel neid katseid tuleb näidata? Tehke katset illustreerivad tahvlijoonised!

Ülesanne 11^o. Näidata sama katset elektronkommutaatoriga.

Vahendid: elektronostsiilloskoop, heligeneraator, elektronkommutaator, universaaltrafo pool (220 V) koos raadsüdamikuga, reostaat (30 oomi), madalavoldiline hõõglamp, kondensaatorpatareid.

Voolu ja pinge vahelise faasinihke näitamiseks aktiveerimise korral koostage vooluring vastavalt joonisele 61.

Heligeneraatori väljundpinge reguleerige selliseks, et reostaadi minimaalse takistuse juures hakkaks lambike normaalselt helenduma. Valige katseliselt heligeneraatori sagedus, mis tekitaks ostsiilloskoobi ekraanile korralikud paigalseisvad kõverad.



Joonis 61.

Kumb ostsilloskoobi sisendisse antavatest pingetest on võrdne heligeneraatori pingega, kumb võrdeline lampi läbiva voolu tugevusega? (Näidake jooniselt 61.)

Kuidas selgitada õpilastele, kumb ostsilloskoobi ekraanil olevatest kõveratest on voolukõver, kumb pingekõver?

Joonestage tekkinud kõverad vihikusse, nii nagu teeksite katset illustreeriva tahvlijoonise.

Asendage reostaat kondensaatoriga ja näidake faasinihet puhtmahtuvusliku takistuse korral. Et eraldada voolukõverat pingekõverast, lühistage kondensaatori klemmid traaditükikesega. Sel juhul pinge kondensaatori klemmidel võrdub nulliga ja ekraanile jääb vaid üks kõver - voolukõver.

Joonestage graafik vihikusse nii, nagu teeksite katset illustreeriva tahvlijoonise.

Asendage kondensaator induktiivpooliga ja näidake voolu ja pinge vahelist faasinihet induktiivtakistuse korral. Tehke vajalikud joonised.

Võrrelge ülesandeid 10 ja 11. Tooge esile mõlema katseseadme positiivsed küljed ja puudused.

5.3. Ultraheligeneraatorid

Piesoelektrilise kiirgajaga ultraheligeneraator on ette nähtud ultraheli omaduste ja kasutamisvõimaluste demonstreerimiseks. Seadmega saab näidata:

- 1) ultrahelifontääni ja -udu,
- 2) emulsiooni saamist,
- 3) väikeste detailide puhastamist.

Ultraheligeneraator VII-I. Tehnilisi andmeid

Seade töötab vaheaegadega režiimis: 1 tund tööd, 10 min. vaheaega. Võrgust võetav võimsus 50 W.

Väljundpinge maksimaalne väärtus 40 V.

Generaatori sagedus on suurusjärgus 2 MHz.

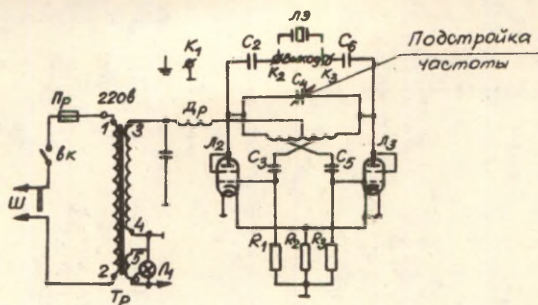
Toide vahelduvvooluvõrgust pingega 127 V või 220 V.

Töötemperatuur 10 - 35 °C.

Tööruumi suhteline niiskus mitte üle 85 %.

Generaatori põhimõtteskeem on toodud joonisel 62.

Skeemi iseärasuseks on see, et lampide anoodi toidetakse otse jõutrafolt võetava vahelduvpingega, mis põhjustab generaatori töö impulssrežiimi, impulsi sagedusega 50 Hz.



•Joonis 62.

Generaatori ettevalmistamine tööks

1. Maandada generaatori esipaneelil olev maandusklemm.
2. Ühendada kiirgaja klemmidega "выход УЗЧ".
3. Valada piesoelemendile vesi.
4. Lülitada generaator võrku ja sageduse reguleerimisega saavutada resonantsiolukord. Seejuures kõverdub piesoelemendi peal olev vedelikupind maksimaalselt.

Pärast töö lõpetamist tuleb eemaldada kiirgajast piesoelement, kuivatada see ettevaatlikult pehme lapiga, pöörata siidpaberisse ja paigutada tagavaraosade kasti.

Märkus. Lühiajalise vaheaja puhul võib piesoelemendi jätta kiirgajast välja võtmata.

Lisaks ultraheligeneraatorile УД-I toodetakse koolidele demonstratsioonkatseteks mõeldud pooljuhtidel töötav ultraheligeneraatorit УД-76 ja generaatorit УЗГ-IV, millega saab korraldada laboratoorset tööd "Heli levimiskirguse mõõtmine mitmesugustes vedelikes". Töö kirjeldusega tutvuge raamatust (9).

УД-76 tehnilisi andmeid

Seadet toidetakse pulseeriva alalisvooluga (näiteks alaldist BC-24M).

Toitepinge 12,6 V.

Võimsus 30 VA.

Sagedus 2640 kHz.

Generaatoriga kaasasolev katsevahendite komplekt võimaldab näidata lisaks selle jaotise alguses märgitud katsetele veel lainete peegeldumist, murdumist, difraktsiooni, ultrahelidefektooskoopiat.

Nende ja veel mõnede katsete kirjeldused leiata raamatust (3).

Ülesanne 12. Tutvuda ultraheligeneraatori ehitusega ja käsitlemisprintsiibiga ning valmistada seade demonstratsiooniks. Leida põhimõtteskeemilt juhtimisnupud ning selgitada generaatori tööprintsipi. Joonestada vihikusse generaatori esipaneel.

Ülesanne 13. Tekitada generaatoriga ultrahelifontään ja -udu.

Selleks tuleb kiirgajale paigutada nõgusa põhjaga klaas, kusjuures peab jälgima, et klaasi põhja ja piesoelemendi vahele ei jääks õhumullikesi, mis oluliselt häirivad katsetamist.

Valada klaasi vett, jälgides, et vee tase oleks ponja moodustava nõgusläätsse fokaaltasapinnas.

Lülitage generaator tööle ja sageduse reguleerimisega saavutage vedelikusamba suurim kõrgus antud klaasi asendi korral. Et suurendada kiirgajalt klaasis olevale veele ülevõetava energia hulka, tuleb klaasi põhja all olevate reguleerimisvintide abil reguleerida klaasi põhi paralleelseks piesoelemendiga. (Sel juhul on ultrahelikiire langemisnurk

null ja neeldumine maksimaalne.)

Õige reguleerimise korral peab saama vedelikusamba kõrguseks 20 - 30 cm.

Samaaegselt fontääniga tekib ka udu, mille põhjustab kavitatsiooninähtus.

Ülesanne 14. Näidata ultraheligeneraatoriga ilutulestikku. Selleks valgustage ultrahelifontääni universaalse projektsiooniaparaadiga, millelt on eemaldatud objektiiv. Valgusallikas tuleb paigutada 50-60^o-se nurga alla demonstratsioonilaua suhtes. Pimendage klass ja jälgige nähtust. Määrake valgusallika sobivaim asend. Jälgige, et veepritsmed ei rikuks ümbritsevaid esemeid ega generaatorit.

Ülesanne 15. Näidata emulsiooni saamist ultraheligeneraatoriga.

Seade valmistatakse ette samuti nagu 13. ülesandes, ainult vee tase anumask peab olema umbes 2 mm madalam fokaaltasandist. Seejärel kallake klaasis olevale veele umbes 2 mm paksune õlikiht. Et vältida segu laialipritsimist, paigutage anuma kohale klaasteru.

Lülitage generaator võrku, saavutage resonantsiolukord ja jälgige protsessi. Märkige üles, kui palju aega kestab demonstratsioon. Võrdluseks kallake katseklaasis olevale veele samuti kiht õli ja püüdke seda segada katseklaasi raputamisega. Võrrelge tulemusi ja andke selgitus.

Ultraheliga saadud vee ja rasvade emulsioone kasutatakse metallilõikepinkide detailide jahutamiseks, ravimite valmistamiseks, põllumajanduses vasikatele kalamaksaõli ja piima emulsiooni valmistamiseks jne.

Kontrollküsimusi

1. Elektronostilloskoobi ehitus, üksikute sõlmede ülesanded ja tööprintsipid.
2. Elektronostilloskoop kui demonstratsioonivahend, tema eelised ja puudused.
3. Kirjeldage kooli heligeneraatori ehitust ja tööprintsipi.

4. Milleks on kooli heligeneraatoril kolm väljundit ja kuidas neid valida erinevate katsete näitamiseks?
5. Kuidas selgitada õpilastele 5. katse tulemusi?
6. Kirjeldage mehaanilise kommutaatori ehitust ja tööprintsipi.
7. Kirjeldage vahelduvpinge impulsside saamist üles. 7.
8. Milleks kasutatakse ultraheligeneraatoris nõgusa põhjaga klaasi?
9. Milles seisneb kavitatsiooninähtus?

6. PROJEKTSIOONIAPARATUUR JA DEMONSTRATSIOONILASER

Füüsika koolikursuses on projektsiooniparaat nii omaette uurimisobjektiks (- - - (millise klassi kursuses ja - - -
- millistes teemades? - - - - -)

kui ka abivahendiks paljude demonstratsioonkatsete korraldamisel. Käesoleva töö eesmärgiks on tutvuda koolidele toodetava projektsiooniparaadiga ΦOC-67 ning laseriga ЛП-209.

6.1. Universaalne projektsiooniparaat koos optilise pingiga ΦOC-67

ΦOC-67 on spetsiaalselt füüsikakabinettidele toodetav riist.

Universaalse projektsiooniparaadi komplekt koosneb järgmistest põhiosadest (joon. 63):

1) alusest (1) koos kahe paralleelse juhttoru ja juhtvardaga, mis võimaldavad muuta projektsiooniseadme pikkust 500 kuni 900 mm;

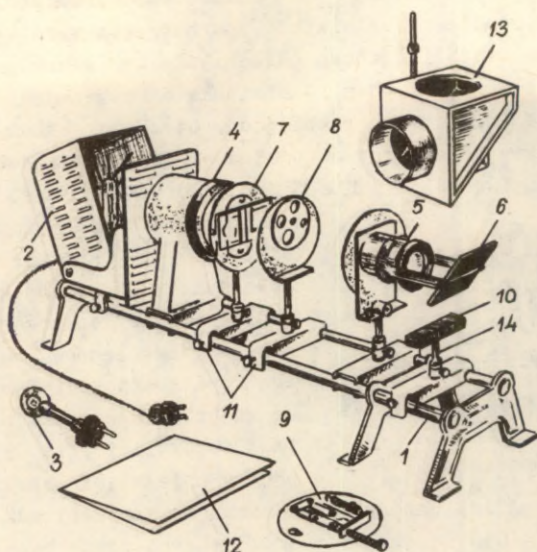
2) korpusest (2) koos projektsioonilambi alusega, milles on spetsiaalne lambipesa (võimaldab kiiresti vahetada valgusallikaid);

3) valgusallikaist: a) kinoprojektsioonilamp K-18 (300 W, 127 V) või K-12 (300 W, 110 V); b) autolamp (3) A-20 (6 V, 21 cd) või A-7 (kahe kütteniidiga, 6 V; 21 cd + 32 cd), c) elektriikaarlamp (turustatakse eraldi, joonisel pole näidatud);

4) kaheleätselisest lahtivõetavast kondensorist (4) läätsede diameetriga 110 - 115 mm;

5) periskoobi-tüüpi objektiivist (5) fookuskaugusega 13,6 cm koos tasapeegli (6);

6) kahekaadrilisest diapositiivide raamist (7), mida võib ketassirmi sees pöörata 360° võrra vastavalt diapositiivide (45x60 mm) kujutise asendile;



Joonis 63.

7) ketassirmile paigutatud nelja avaga diafragmast (8), mille avade diameetrid on 30, 10, 4 ja 1 mm;

8) reguleeritavast pilust (9), mis katsete demonstree-
rimise ajal asetatakse ketassirmile (16);

9) vardaga lauakesest (10) katseriistade asetamiseks;

10) viiest kelgust (11), millest kaks on lihtsad, kolm
aga võimaldavad sujuvalt muuta nii valgusallika kui ka
projitseerimisel kasutatavate katseriistade asendit hori-
sontaal- ja vertikaalsihis;

11) ekraansirmist (12), mida kasutatakse ekraanina sead-
me väljareguleerimisel, mõningatel juhtudel ka sirmina apa-
raadist tuleva valgusvoo osaliseks kinnikamiseks (et see
ei segaks vaatlusi);

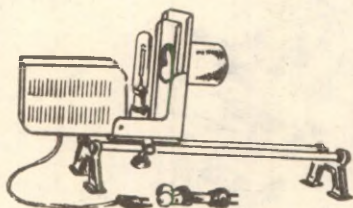
12) lisaseadme horisontaalprojeksiooni jaoks (13):

13) tugirõngast (14);

14) mikroskoobilauakesest (15), mida kasutatakse mikro-
skoobi kinnitamiseks mikroprojeksioonil (omavalmistatud,
tööstuslikult toodetavasse komplekti ei kuulu).

Ülesanne 1. Tutvuda Ф0С-67 põhiosadega. Reguleerida välja projektsioonilamp. Valmistada aparaat ette vertikaalprojektsiooniks (vedeliku tõusu näitamiseks kapillaartorus).

Projektsioonilambi tsentreerimiseks on aparaadi korpusel kaks reguleerimiskruvi a ja b (joon. 64). Reguleerimist abistab juuresolev tabel, kus on toodud ekraanile tekitatud valgustatud ringi vead ja juhised nende kõrvaldamiseks.



Joonis 64.

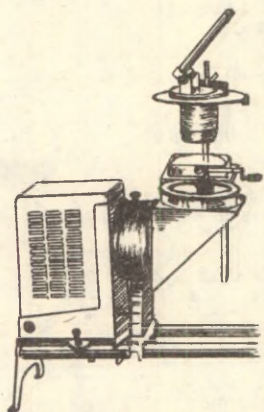
Kui projektsioonilamp on õigesti tsentreeritud, paigutada juhttorudele objektiiv, objektiivi ja kondensori vahele vardaga lauake, sellele aga kapillaartorud. Pärhipidise kujutise saamiseks paigutage objektiivi ette ümberpöörav prisma või kasutage objektiivi, milles ümberpöörav prisma on monteeritud läätsede vahele. (See on eraldi müügil õppevahendite baaskauplustes ning tuleks muretseda universaalprojektsiooniaparaadi juurde.)

Joonestage katsteskeem.

Valgustatud ringi vead ekraanil	Vea kõrval- damiseks valgusallikat nihutada	Valgustatud ringi vead ekraanil	Vea kõrval- damiseks valgusallikat nihutada
	kondensori poole		paremale
	kondensorist eemale		allapoole
	kondensorist eemale		ülespoole
	vasakule		valgusalli- kas on õi- ges asendis
ring on ümb- ritsetud pu- nase randiga	kondensori poole	ring on ümb- ritsetud si- nise randiga	kondensorist eemale
osal ringist on punane rant	värvilise serva poe- le	osal ringist on sinine rant	värvilisest servast vas- taskülge

Ülesanne 2. Valmistada ФОС-67 horisontaalprojektsiooniks ja näidata Browni liikumise mehaanilist mudelit.

Horisontaalasendis objektide projitseerimiseks ekraanile võtke välja kondensori esimene lääts ja paigutage kondensori hoidjale horisontaalprojektsiooni lisaseade (joon. 65). Lisaseadme ülemisse avasse asetage kondensori lääts tasase küljega ülespoole. Seejärel kinnitage lisaseadme külge objektiiv koos peegliga. Projitseeritav ese paigutatakse kondensori ja objektiivi vahele ning objektiivi nihutamise tekitage ekraanile terav kujutis. (Kondensori lääts se kaitseks asetatakse sellele klaasplaat.)



Joonis 65.

Millises klassis ja millise teema käsitlemisel tuleb seda katset näidata?

.....
.....
.....
.....
.....

Kuidas selgitada õpilastele vaadeldud katset?

Ülesanne 3. Näidata kristalliseerumisprotsessi.

Kohandage projektsiooniaparaat horisontaalprojektsiooniks. Katseklaasis valmistage mõni milliliiter umbes 60°-st küllastatud naatriumtiosulfaadi ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) lahust.

Paigutage kondensorile klaasplaat ja teravustage kujutis. Tilgutage plaadile tilk $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -lahust ja hõõruge see pulgakesega laiali. Jälgige kristallide kasvamist.

Joonistage katseseade ja ekraanile tekkinud pilt vihkusse.

■ Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? -----

Kuidas selgitada õpilastele seda nähtust?

Pärast katse lõpetamist on vaja eemaldada lisaseade ja panna kondensor uuesti kokku.

6.2. Optilise pingi kasutamine valguse laineomaduste ja dispersiooni õpetamisel

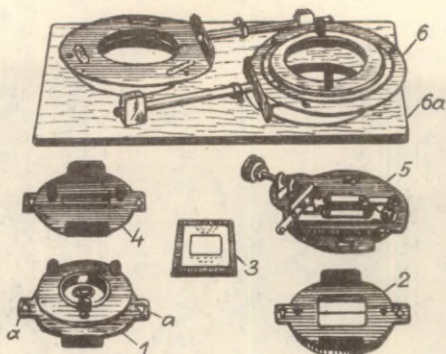
Järgneva katseseeria ülesandeks on anda mõningaid kogemusi projektsiooniaparaadi käsitlemiseks. Kuna valguse interferents ja difraktsioon on sellised teemad, mille käsitlemisel peaaegu kõiki katseid tuleb näidata projektsiooniaparaadiga, alustame katsetega just sellest valdkonnast.

Selle teema näitlikustamiseks toodetakse koolidele spetsiaalset komplekti (joon. 66), kuhu kuuluvad:

- 1) Newtoni rõngaste demonstreerimise seade,
- 2) Fresneli biprisma,
- 3) difraktsioonivõre,
- 4) raam peene traadiga,
- 5) reguleeritava laiusega pilu,
- 6) kaks ketassirmi.

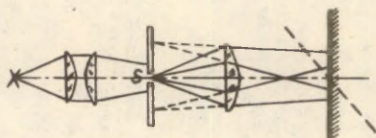
Ülesanne 4. Näidata valguse interferentsi Fresneli biprismaga.

Koostage katseseade vastavalt joonisele 67. Optilise pingi kondensorist väljunud valgusvoogu paigutage reguleeritava laiusega pilu nii, et vertikaalne pilu oleks ühtlaselt valgustatud. Läbi pilu suunduva valgusvoo ette, pilust umbes 6 cm kaugusele, paigutage biprisma. Biprisma serv peab olema piluga paralleelne ning asetsema viimasega samas vertikaaltasandis, mis läbib kondensori optilise telje. Saavutage selline olukord kelkudel asetsevate regu-



Joonis 66.

leerimiskruvide ja ketassirmi pööramisega. Kui pilu ja prisma serv on paralleelseks reguleeritud, hakake vähendama pilu laiust $0,1 - 0,005$ mm-ni. Ekraanil, mis on paigutatud $1,5 - 2$ m kaugusele biprismast, peab tekkima interferentsipilt.



Joonis 67.

Kui katseseade on õigesti välja reguleeritud, peab interferentsipilt olema sarnane joonisel 68 kujutatuga. Tuleb silmas pidada, et õige interferentsipilt ei teki harilikult esimesel katsel. Enamasti ilmub ekraanile midagi sarnast joonisel 69 kujutatuga. See tähendab, et pilu ja prisma serv ei ole rangelt paralleelsed ja seadet on tarvis täiendavalt reguleerida.

Lõpuks pööratakse ekraan klassi poole kaldu (joon. 67 punktiirjoonega kujutatud asendisse), et interferentsipilti



Joonis 68.



Joonis 69.

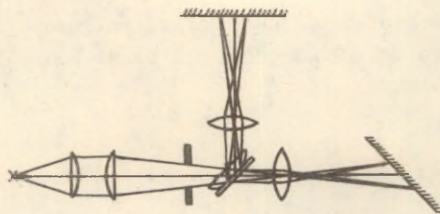
laiemaks venitada.

Oluline on suure valgustugevusega valgusallika kasutamine ja klassiruumi täielik pimendamine. Katse on paremini nähtav, kui valgusallikana kasutada elektrikaart.

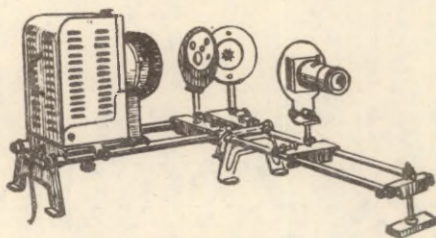
Tehke katset selgitav tahvlijoonis ja näidake selle abil miinimumide ja maksimumide tekkimist.

Ülesanne 5. Näidata Newtoni rõngaid.

Katseseadme skeem on toodud joonisel 70, üldvaade joonisel 71.



Joonis 70.



Joonis 71.

Enne aparatuuri paigaldamist kontrollige, et õhupilu plaadi ja tasakumera läätsse vahel oleks selliselt välja reguleeritud, et seadmes paistaksid korralikud värvilised rõngad diameetriga 20 - 25 mm. Newtoni rõngad kinnitage ketassirmile ja paigutage 45° -se nurga alla kondensori optilise peatelje suhtes. Et kõrvaldada detailidelt peegeldunud kõrvalise valguse mõju, paigutage kondensori ja Newtoni rõngaste vahele diafragma avausega 30 mm. Tervavustage kujutis ekraanil ja paigutage ette valgusfilter. Nüüd saab nähtust vaadelda monokromaatilises valguses.

Et vaadelda Newtoni rõngaid samaaegselt nii läbivas kui ka peegeldunud valguses, kasutage teise objektiivina läätsede ja peeglite kogus leiduvat kumerläätsse fookuskaugusega 25 cm. Samast kogust leiate ka läätselhoidja.

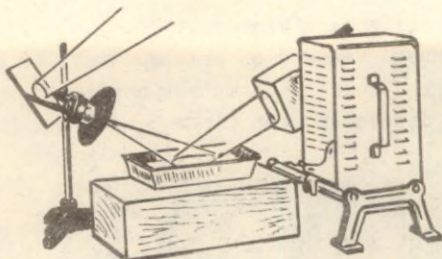
■ Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? _ _ _ _ _

Tehke katset selgitav tahvlijoonis. Selgitage, miks Newtoni rõngaste keskel on peegeldunud valguse korral tume rõngas, läbiiva valguse korral aga samas kohas hele rõngas.

Kas raamatus on katset illustreeriv joonis? Ettepanekud täiustamiseks. _ _ _ _ _

Ülesanne 6. Näidata interferentsi õhukestes kelmetses.

Katseseadme üldvaade on toodud joonisel 72. Eemaldage esimene kondensorilääts ja asetage horisontaalprojektsiooni lisaseade kondensorihoidja silindrilisse tuubusesse. Kuna tuubuses asuvad väljalõiked on üksteise suhtes 120° -se nurga all, saab lisaseadmega suunata valgusvoogu läbi



Joonis 72.

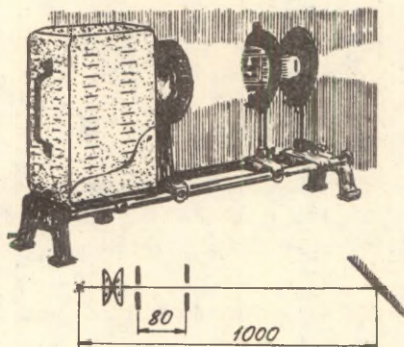
kondensori ka lauapinnaga kaldu. Ülejäänu selgub jooniselt. Veepinnale tilgutage natuke õli või petrooleumi, teravustage kujutis ekraanil ja jälgige tekkinud interferentsipilti.

Tehke katset selgitav tahvlijoonis ja andke nähtusele seletus.

Märkus. Tugeva traatkarkassil paikneva kile võib sama nähtuse demonstreerimiseks valmistada küünelakist. Selleks lastakse veepinnale tilk küünelakki. Kui lakk on veepinnal laialil valgunud ja jahtunud, tõstetakse ta altpoolt lähendatava traatkarkassiga veest välja. Kile kleepub tugevasti karkassile ja säilib pikka aega.

Ülesanne 7. Näidata valguse difraktsiooni peene tõkke korral.

Katseseade koostatakse vastavalt joonisele 73. Selle kõige olulisemateks osadeks on reguleeritava laiusga pilu ja peen tõke. Pilu tuleb enne katset hoolikalt tolmust puhastada. Tõkke diameeter peab olema 5 - 10 μm (rahulda-



Joonis 73.

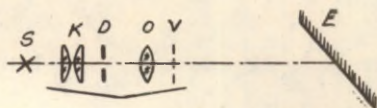
vaid tulemusi saab ka 0,1-mm traadi kasutamisel). Pilu ja tõke peavad olema rangelt paralleelsed. Difraktsioonipildi saamiseks tuleb pilu laiust aeglaselt vähendada 0,1 - 0,2 mm-ni, kuni ekraanile tekib difraktsioonispekter. Difraktsioonipildi laialivenitamiseks paigutage ekraan kondensori optilise telje suhtes $40 - 45^\circ$ -se nurga alla.

Tehke katset selgitav tahvlijoonis.

* Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? Kas õpikus on illustreerivad joonised? Ettepanekud täiustamiseks.

Ülesanne 8. Näidata difraktsioonivõrega difraktsiooni-spektrit.

Katseseade koostatakse vastavalt joonisele 74. Kondensori ette paigutage pilu ja reguleerige pilu laiusseks 0,5 – 2 mm. Objektiivi abil tekitage ekraanile pilu terav kujutis. Seejärel paigutage vahetult objektiivi juurde, objektiivi ja ekraani vahele, difraktsioonivõre nii, et võre oleks piluga paralleelne.



Joonis 74.

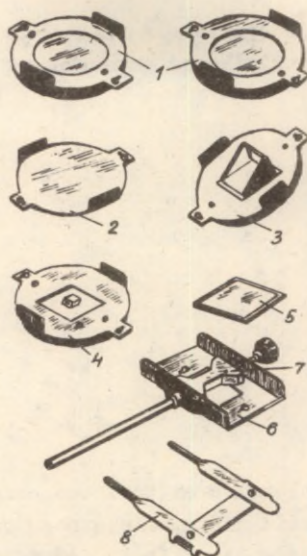
Joonestage tekkinud difraktsioonispekter vihikusse.

* Kuidas seletada õpilastele difraktsioonispektri tekkimist? Tehke selgitav joonis.

Paigutage objektiivi ette valgusfilter ja näidake difraktsioonispektrit monokromaatilises valguses.

Selgitage tulemust.

Valguse polarisatsiooni demonstreerimiseks toodetakse komplekti (joon. 75), kuhu kuuluvad:



Joonis 75.

- 1) kaks polaroidi,
- 2) must metallpeegel,
- 3) pakk klaasplaate,
- 4) islandi pao kristall,
- 5) tsellofaanist preparaat,
- 6) kruvipress koos orgaanilisest klaasist raudteerõpamudeliga (7) mehaaniliste pingete tõttu tekkiva anisotroopia demonstreerimiseks,
- 8) orgaanilisest klaasist plaat pingete jagunemise uurimiseks paindedeformatsioonil.

Ülesanne 9. Näidata valguse polarisatsiooni polaroidide abil.

Projektsiooniaparaadi kondensori ette paigutatakse ringikujuline diafragma ($d = 30 \text{ mm}$) ja teravustatakse objektiivi nihutamise ekrani tekkinud kujutis. Üks hoidjasse paigutatud polaroid asetatakse diafragma ja objektiivi

vahela, teine polaroid - objektiivi ja ekraani vahela.

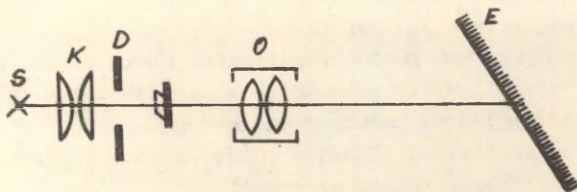
Pöörake polaroide ja jälgige valguslaigu heleduse muutumist ekraanil.

Kuidas seletada õpilastele valguslaigu heleduse muutumist? Joonistage vihikusse katseskeem ja tehke selgitav joonis.

Tähelepanu! Polaroidide ei tohi soojendada üle 60°C ! Seepärast võib neid jätta valgusvoogu vaid lühikeseks ajaks või kasutada soojusfiltrit (näiteks veega täidetud küveti), mis paigutatakse vahetult vastu kondensorit.

Ülesanne 10. Näidata valguse kaksikmurdumist islandi pao kristallis.

Katseseade koostatakse vastavalt joonisele 76.



Joonis 76.

Kondensori ette paigutatakse diafragma (avaga umbes 1 mm) ja saadakse objektiivi abil ekraanil terav kujutis. Seejärel asetatakse diafragma ja objektiivi vahela hoidjasse paigutatud islandi pao kristall ja reguleeritakse

hoidjat selliselt, et valgusvoog läbiks kristalli. Teravustatakse uuesti kujutis ja jälgitakse kahe valguslaigu tekkimist. Pööratakse islandi pao kristalli diafragma paralleelses tasapinnas ja jälgitakse valguslaikude asendite muutumist ekraanil.

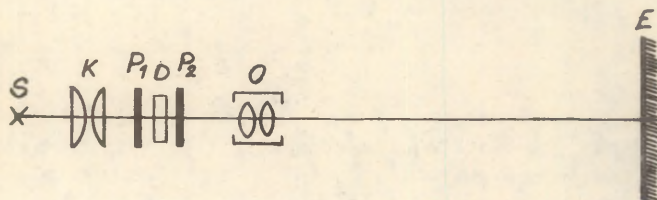
Kumb on tavaline, kumb ebatavaline kiir?

Katse jätkamisel näitame, et mõlemad kiired on polariseeritud. Selleks paigutame objektiivi ette polaroidi ja, pöörates polaroidi hoidjas, jälgime laikude heleduste muutumist.

Millise nurga all on teineteise suhtes tavalise ja ebatavalise kiire polarisatsioonitasandid? Näidake seda katseliselt.

Ülesanne 11. Näidata polariseeritud valguse kasutamist mehaaniliste pingete jagunemise uurimisel.

Katseseade koostatakse vastavalt joonisele 77.



Joonis 77.

Paigutage uuritav detail (krüvipressi vahele kinnitatud ja pingevaba raudteerööpmudeli) umbes optilise pingi keskossa ja teravustage kujutis objektiiviga.

Seejärel paigutage kahele poole uuritavat detaili kaks polaroidi ja saavutage polaroidide pööramisega selline olukord, kus kujutise heledus ekraanil oleks minimaalne.

Tekitame nüüd uuritavas detailis mehaanilise pinge ja jälgime ekraanil olevas kujutises toimuvaid muutusi.

Kuidas selgitada õpilastele vaadeldud katset?
Joonistage vihikusse ekraanil tekkinud pilt.

Tähelepanu! Polaroidide mitte üle kuumutada!

Jätkame katset. Asendage eelmine detail orgaanilisest klaasist talamudeliga ja jälgige pingete jagunemist kahest otsast kinnitatud talas tema paindedeformatsiooni korral.

Joonistage vihikusse ekraanil tekkinud pilt.

Andke joonistega katse dünaamika.

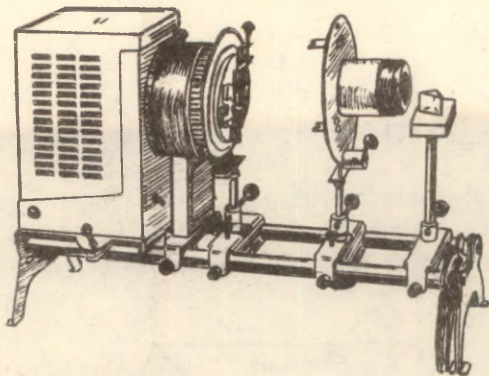
Ülesanne 12. Näidata pidevat spektrit eri ainetest kolmetahulise prisma abil.

Vahendid: projektsiooniaparaat, kolmetahuline kroonklaasist dispersiooniprisma (sellele on märgitud täht "K"), kolmetahuline flintklaasist dispersiooniprisma (sellele on märgitud täht "Φ").

Katseseade koostage vastavalt joonisele 78.

Kondensori ette paigutatakse reguleeritava laiusega pilu ja saadakse objektiivil abil ekraanil terav ja ühtlaselt valgustatud pilu kujutis.

Seejärel paigutatakse objektiivil ette tõstetavale lauale kolmetahuline prisma nii, et ta murdev serv oleks piluga paralleelne ja kogu valgusvoog läheks läbi prisma.



Joonis 78.

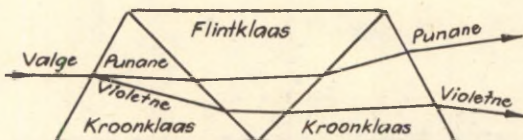
Paigutage ekraan spektri tekkimise kohta ja saavutage olukord, kus tekiks kaldeminimum. Muutke pilu laiust ja jälgige spektri heleduse ja kontrastsuse muutumist. Valige sobivaima laiusega pilu, mille puhul spekter oleks küllaldase heledusega ja samaaegselt ka küllaldase kontrastusega.

Nüüd paigutage esimesele prismale teine sama suure mürdva nurgaga, kuid erinevast ainest valmistatud prisma. Tekitage ekraanile kaks spektrit ja võrrelge seost $n = f(\lambda)$ eri ainete jaoks. Pöörake üht prismadest nii, et spektrid langeksid teineteisega kohakuti. Selliselt on hea võrrelda spektrite pikkusi.

Joonistage vihikusse ekraanil tekkinud pilt ja dispersioonikõvera käik kroon- ja flintklaasi jaoks. Kuidas selektada õpilastele dispersioonispektrite tekkimist?

Ülesanne 13. Näidata pidevat spektrit otsevaateprisma-
ga.

Pidevat spektrit on palju mugavam tekitada otsevaate-
prisma abil, mis koosneb teatud viisil ühendatud kroon-
ja flintklaasist valmistatud prismadest (joon. 79).



Joonis 79.

Paigutage kondensori ette ringikujuline diafragma ja
pilu ning teravustage objektiiviga pilu kujutis ekraanil.

Objektiivi ette paigutage otsevaateprisma ja reguleeri-
ge spektri heledust ning teravust, kuni saavutate parimad
tingimused.

Võrrelge tulemust eelnevas katses saadud spektriga.

Ülesanne 14. Näidata valge valguse sünteesi.

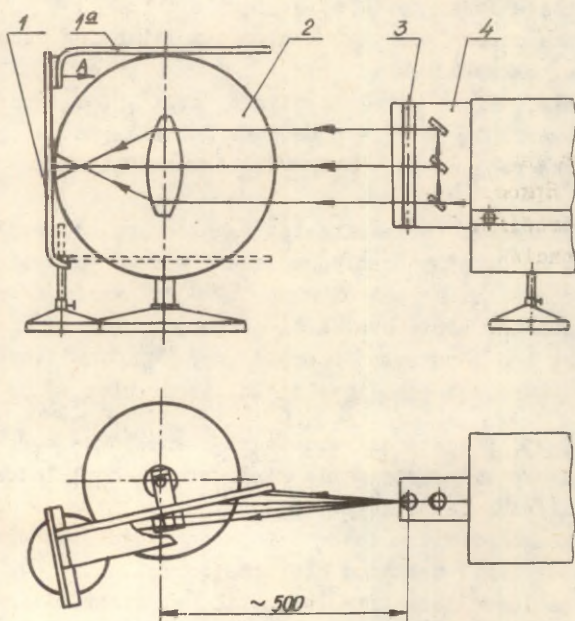
Vahendid: projektsiooniaparaat, otsevaateprisma, kumer-
lääts.

Elmises katses saadud spektri teele paigutada kumer-
lääts ja saavutada olukord, kus ekraanil tekiks valge pi-
lu kujutis. Katsetada mitmesuguste läätsedega ja valida
nendest välja parim.

Vihikusse märkida katse õnnestumiseks vajalikud tingi-
mused ja joonistada katseskeem.

6.3. Demonstratsioonilaser ЛТ-209

Gaaslasер ЛТ-209 lainepikkusega $0,63\ \mu\text{m}$ ja võimsusega 1 mW on mõeldud kasutamiseks demonstratsioonivahendina üldhariduskoolis. Laser on sobitatud paigutamiseks optilisele pingile ФОС-67 tööks koos optilise kettaga (joon. 80) ning võimaldab tutvustada laseri ehitust.



Joonis 80.

Komplekti kuuluvad kaitseekraanid (1 ja 1a joon. 80), silindriline lääts laserikiire hajutamiseks (3), kiirejagaja (4).

Kiirejagaja korpus kinnitatakse magnethoidjaga laserist väljuva kiirguse teele nii, et kiir langeks alumisele pool-läbipaistvale peeglile (vt. joon. 80). Keskmise ja ülemise peegel on varustatud samuti magnethoidjatega ja on kergesti nihutatavad. Nende peeglitega on võimalik muuta teise ja kolmanda kiire suunda ning kiirtevahelist kaugust.

Laseri metallkorpus on kergesti eemaldatav ja võimaldab tutvustada laseri ehitust tööolukorras. See on ohutu, sest detailid on kaitstud orgaanilisest klaasist ümbrisega.

Laseri ettevalmistus katsete näitamiseks

1. Kinnitage laser optilisele pingile.
2. Pöörake nuppu "ЯРКОСТЬ" kellaosuti liikumise suunas umbes keskasendisse.
3. Pöörake lüliti "СЕТЬ" asendisse "Вкл.". Laser peab hakkama tööle 3 - 5 s möödudes. Kui kiirgust ei teki, pöörake veel nuppu "ЯРКОСТЬ" kellaosuti liikumise suunas.
4. Pärast laseri tööle hakkamist reguleerige silma järgi nuppu "ЯРКОСТЬ" pööramisega laseri võimsust. Optimaalse töörežiimi korral on nupp "ЯРКОСТЬ" vaid natuke algasendist päripäeva edasi pööratud.
5. Pärast töö lõpetamist pöörake nupp "ЯРКОСТЬ" vastupäeva äärmisse asendisse ja lülitage laser välja.

Ülesanne 15. Näidata difraktsiooni peene tõkke korral. Vahendid: optilisele pingile kinnitatud laser, interferentsi ja difraktsiooni kogu.

Paigutage laserikiire teele hoidjasse paigutatud traat ja jälgige ekraanil tekkinud difraktsioonipilti.

Kinnitage laserile kiirtejagaja nii, et silindriline lääts oleks horisontaalne ja juhtige jagaja korpusesse kinnitatud peeglilt kiir läätsele. Ekraanil peab tekkima vertikaalne valgustatud triip.

Paigutage uuesti laserikiire teele peen tõke ja reguleerige välja difraktsioonipilti.

Kumb moodus annab efektsema tulemuse?

Ülesanne 16. Näidata difraktsioonipilti difraktsiooni-
võrega.

Joonistage vihikusse katseskeem ja ekraanil tekkinud
difraktsioonipilt.

Katsetage nii silindrilise läätsesga kui ilma selleta.

Ülesanne 17. Näidata kiirte käiku kumerläätses.

Vahendid: laser, vertikaalne ekraan (optiline ketas),
optilise ketta juurde kuuluv läätsede ja peeglite kogu.

Paigaldage laseri ette kiirte jagaja nii, et silindri-
line lääts oleks vertikaalne.

Laseri kõrvale paigutage vertikaalne ekraan ja tekitage
sellele horisontaalne laserikiire jälg.

Asetage kiirte jagajasse kaks magnethoidjatega peeglit.
Nende nihutamise ja pööramisega suunake ekraanile kinni-
tatud kumerläätsesele paralleelsed kiired.

Joonestage kiirte käik vihikusse.

Komplektiga saab näidata enamikku 14. tööjuhendis kirjeldatud katseid (vt. Katsetehnika praktikum III. - Tartu, 1985).

Palju laseriga näidatavaid katseid on kirjeldatud raamatus (7).

6.4. Variprojektsioon

Variprojektsiooni kasutatakse juhul, kui tahetakse

a) saada vaadeldava riista või kogu seadme suurendatud varju, et terve klass saaks jälgida detaile, mis on muidu raskesti nähtavad;

b) jälgida suurendatud mastaabis pidevaid muutusi, mis toimuvad seadeldises katse käigus;

c) teha jälgitavaks protsesse, mis toimuvad valguskiirtele läbipaistvas keskkonnas ja pole ei vahetult ega diaprojektsioonis vaadeldavad.

Variprojektsiooniks on vaja:

1) valida küllalt suure valgustugevusega punktvalgusallikas,

2) kõrvaldada kõrvalise valguse ekraanile langemise võimalus,

3) paigutada projitseeritav ese selliselt valgusallika ja ekraani vahele, et saada soovitud suuruses ja iseloomulike detailidega vari.

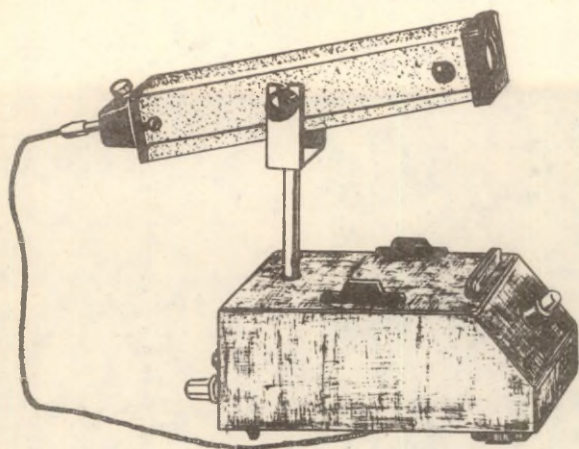
Variprojektsiooniks kõige sobivam valgusallikas on peente söepulkadega (5 - 7 mm) elektrikaar, mis on kaitstud metallkorpusega, et ta ei pimestaks õpilaste silmi.

Koolidele toodetakse variprojektsiooniks ka spetsiaalset seadet, mida on lihtne ja mugav käsitseda (vt. joon. 81).

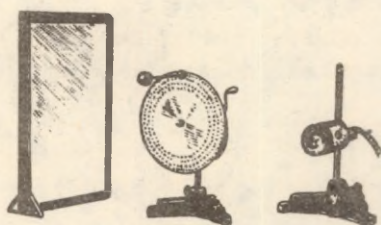
Ülesanne 18. Näidata ühtlases ringliikumises oleva punktmassi varju harmoonilist võnkumist.

Koostage katseade vastavalt joonisele 82.

Jälgige, kuidas varju teravus sõltub valgusallika ja ekraani vahelisest kaugusest; valgusallika ja projitseeritava eseme vahelisest kaugusest. Leidke sobivad kaugused ja kandke need vihikusse joonestatud skeemile.



Joonis 81.



Joonis 82.

Kuidas näidata õpilastele, et varju liikumine ekraanil on harmooniline võnkumine?

✕ Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? _ _ _ _ _

_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

Tehke katset selgitav joonis. Kas õpikus on joonised olemas? Kirjeldage nende kasutamist klassis.

Paigutage punktmassile kiirus- ja kiirendusvektoreid tähistavad nooled ja näidake, kuidas muutub punktmassi kiirus ja kiirendus harmoonilisel võnkumisel.

Tehke selgitavad joonised.

Ülesanne 19. Näidata konveksioonivoolu õhus.

Vahetul vaatlusel ei ole kuumutatud kehade või põleti juurest lähtuva sooja õhu liikumise üle võimalik otsustada, kuna see on nähtamatu. Seda saab kindlaks teha mõne sekundaarse nähtuse kaudu (leegi kohale asetatud paberist tireli pöörlemine, leegi kõrvallekaldumine vms.) või vari-projektsiooni vahendusel.

Tekitage ekraanile sobiva suurusega valguslaik. Asetage valgusallika ja ekraani vahele küünal ja saage sellest ekraanile terav suurendatud vari. Süüdate küünal ja pöörake tähelepanu sellele, kuidas sooja õhu voolud tõusevad üles. Need voolud on nähtavad seetõttu, et õhu murdmisnäitaja sõltub temperatuurist.

Asetage kartongitükk tõkkeks tõusvate õhuvoolude ette ja vaadeldge, kuidas muutub konveksioonivoolu suund.

* Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? _ _ _ _ _

_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

Tehke katset illustreerivad joonised.

Ülesanne 20. Näidata eetriauru liikumist.

Eetriauru liikumist saab näidata variprojektsioonis samal viisil nagu konvektsioonivoolu õhus.

Võtke tühi klaas ja paigutage see samasse kohta, kus eelmises katses oli küünal. Klaasi kohal hoidke veidi kaldu avatud eetripudelit. Kuna eetriauru tihedus on suurem kui õhu tihedus, siis hakkab ta alla voolama (kehade ujumise tingimused) ja täidab teatud aja pärast klaasi. Jälgige ka auru voolamist üle klaasi äärte. Näidake eetriauru valamist ühest nõust teise.

Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleks seda katset näidata? _ _ _ _ _

_ _ _ _ _
_ _ _ _ _
_ _ _ _ _

Ülesanne 21. Näidata, et elektrivool gaasides on positiivsete ja negatiivsete laengukandjate suunatud liikumine.

Paigutage valgusallika ja ekraani vahele plaatkondensaator, mille plaatide vaheline kaugus oleks umbes 20 - 30 cm. Ühendage kondensaatori plaadid elektrofoormasina konduktoritega.

Plaatide vahele paigutage põlev küünel ja tekitage ekraanile küllaldase suurusega teravapiiriline vari (vt. joon. 83,a). Laadige kondensaatori plaadid erinimeliselt ja jälgige õhuvoolu kahestumist (joon. 83,b).



Joonis 83.

■ Millises klassis ja millise teema õppimisel tuleb seda katset näidata? _ _ _ _ _

_ _ _ _ _

_ _ _ _ _

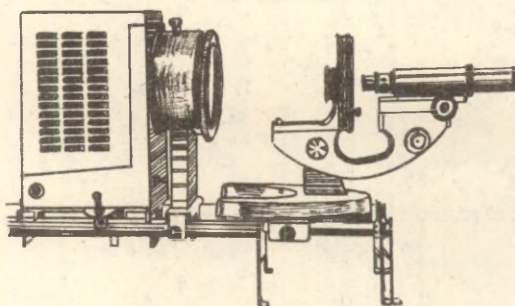
_ _ _ _ _

■ Kuidas selgitada õpilastele vaadeldud nähtust?

Miks küünlaleegile vaadates näeme selle kaldumist ainult ühe kondensaatoriplaadi poole?

6.5. Mikroprojektsioon

Mikroprojektsiooni kasutatakse mikropreparaatide projitseerimiseks. Katseseade koostatakse vastavalt joonisele 84.



Joonis 84.

Mikroskoobi kinnitamiseks optilisele pingile kasutatakse omavalmistatud lauakest (vt. joon. 63, 15). Et mikroskoobi objektiiv ja vaadeldav ese üle ei kuumeneks, paigutatakse aparadi kondensori ette soojust neelav filter

või veevann, kus veekihi paksus on umbes 5 cm.

Küllaldase ekraani valgustustugevuse saamiseks on vaja kasutada suure valgustugevusega valgusallikat ja ruum hoolikalt pimendada.

Füüsikatundides kasutatakse mikroprojektsiooni harva. Mikroprojektsioonis võib näidata näiteks difraktsioonivõre ehitust ja Browni liikumist.

Kontrollküsimusi

1. Millistest põhiosadest koosneb filmoskoop?
2. Kuidas paigutatakse diafilm filmoskoopi?
3. Kuidas paigutatakse diapositiiv diaprotektorisse?
4. Millised on tänapäeva diaprotektorites tehtud täiustused, et nendega saaks diafilme ja diapositiive demonstreerida poolpimendatud ruumis?
5. Milline täiustus on tänapäeva diaprotektorites selleks, et nendega oleks võimalik pikaajaline ühe kaadri demonstreerimine, ilma et puruneks diapositiiv või rikkeneks diafilm?
6. Ohutustehnika reeglid projektsiooniparatuuri kasutamisel.
7. Milliseid objekte võib demonstreerida epidiaskoobi abil?
8. Ohutustehnika reeglid elektrikaare kasutamisel valgusallikana.

Kirjandus

1. Учебное оборудование по физике в средней школе / Под ред. А.А. Покровского. - М.: Просвещение, 1973.
2. С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. Курс общей физики. Т. II. М.-Л., 1952. - С. 536-537.
3. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе / Под ред. А.А. Покровского. Ч.1: Механика, молекулярная физика, основы электродинамики. - М.: Просвещение, 1978.
4. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе / Под ред. А.А. Покровского. Ч.2: Колебания и волны. Оптика, физика атома. - М.: Просвещение, 1979.
5. Л.И. Анциферов, И.М. Пипчиков. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента. - М.: Просвещение, 1984.
6. Н.М. Шахмаев, В.Ф. Шипов. Физический эксперимент в средней школе: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. - М.: Просвещение, 1989.
7. А.Н. Мансуров. Лазеры и их применение в преподавании физики. - М.: Просвещение, 1984.
8. J. Hendre. Füüsikakatseid elektronostsillooskoobi ja heligeneraatoriga. - Tln.: Valgus, 1968.
9. A. Enno, E. Paju, V. Paju. Füüsika praktikumi tööjuhendid VIII - XI klassile. - Tln.: Valgus, 1986.
10. Koolifüüsika õpikud.
11. Katsevahenditega kaasas olevad instruksioonid (saab kasutada katsetehnika praktikumis).

Sisukord

Essõna	3
1. PUMBAD	7
1.1. Šintsi pump	7
1.2. Komovski pump ja manomeetriga õhuhõren- duskuppel	9
1.3. Elektriajamiga vaakumpump	16
1.4. Veejoapump	19
1.5. Imi- ja surupumba mudelid	20
1.6. Pascali pump	21
2. ELEKTRIMÕÕTERIISTAD	23
2.1. Demonstratsioonigalvanomeeter	23
2.2. Amper- ja voltmeeter koos galvanomeetri- ga	25
2.3. Demonstratsioonivattmeeter	39
2.4. Kooli voolujaotuskilp III-59	41
2.5. Elektrikilp K30	46
2.6. Elektrijaotuskilp VIII	48
3. ALALDID	51
3.1. Kenotronalaldi BK-3	51
3.2. Pooljuhtalaldid	54
4. TRANSFORMAATORID	70
4.1. Universaalne transformator	70
4.2. Kolmefaasiline transformator	77
4.3. Pingeregulaator PHH-62	79
4.4. Thomsoni pool	80
4.5. Säteinduktor	83
4.6. Tesla trafo	85
5. ELEKTRONOSTSILLOSKOOP, HELIGENERAATOR JA UIT- RAHELIGENERAATOR	89
5.1. Elektronostsilloskoop O3III-6I ja helige- neraator	89
5.2. Kommutaatorid elektronostsilloskoobile ..	101
5.3. Ultraheligeneraator	111

6. PROJEKTSIOONIAPARATUUR JA DEMONSTRATSIOONILASER	116
6.1. Universaalne projektsiooniparaat koos optilise pingiga ФОС-67	116
6.2. Optilise pingi kasutamine valguse laineomaduste ja dispersiooni õpetamisel.....	132
6.3. Demonstratsioonilaser ЛД-209	137
6.4. Variprojektsioon	140
6.5. Mikroprojektsioon	146
Kirjandus	148

ПРАКТИКУМ ПО ШКОЛЬНОМУ ФИЗИЧЕСКОМУ ЭКСПЕРИМЕНТУ I.
Изд. 3-е, дополн.
Составитель Гуннар К а р у.
На эстонском языке.
Тартуский университет.
ЭР, 202400, г.Тарту, ул.Оликооли, 18.
Vastutav toimetaja E. Partel.
Paljundamisele antud 9.07.1990.
Formaat 60x84/16.
Rotaatoripaber.
Masinakiri. Rotaprint.
Tingtrükipoognaid 8,84.
Arvestuspoognaid 8,36. Trükipoognaid 9,5.
Trükiarv 250.
Tell. nr. 472.
Hind rbl. 1.70.
TÜ trükikoda. EV, 202400 Tartu, Tiigi t. 78.

Rbl. 1.70