

Tartu Riiklik Ülikool

Meetod gaasi või auru „elektrilise
spektri“ fotografeerimiseks.

Matemaatika-Loodusteaduskonna
füüsika osakonna V kursuse üli-
õpilase R e e m a n n, Jüri

d i p l o m i t ö ö.

Juhendaja: Van. õp. V. K a r k.
Füüsika kateeder.

Tartu 1956.

S i s u k o r d .

1. SISSEJUHATUS	lhk.	1.
2. PROBLEEMISEADE	"	2.
3. MÕOTMISE TEOSTAMISE MEETOD	"	10.
4. APARATUURI KIRJELDUS JA KATSETEHNIKA . .	"	16.
5. MÕOTMISTULEMUSED	"	23.
6. LÕPPMÄRKUSED	"	30.

1. SISSEJUHATUS.

Aine aatomeis toimuvate energeetiliste protsesside uurimiseks on olemas mitmesuguseid võimalusi. Üheks neist on gaasilise aine kiiritamine elektronidega.

Määrates kindlaks elektronide energia muutusi pörkeil aine aatomitega, saab teha üksikasjalikke järeldusi neil pörkeil toimuvate protsesside kohta. Selline uurimisviis omab küllaltki olulist tähtsust optiliste spektrite uurimise kõrval, sest ta annab optiliste meetoditega võrreldes enam vahetuid tulemusi. Ometi on elektrilisi uurimisi teostatud tähtsusetult vähe, võrreldes optilistega. Selle üheks põhjuseks on olnud eksperimentaalsed raskused, mis esinevad elektrilise meetodi puhul.

Esimese katse aatomitega pörkunud elektronide energiatega uurimise alal teostasid Franck ja Hertz 1914.a. elavhõbedauruga (vt. kirj. 4). Nende katse omas teatavasti printsipiaalset tähtsust. Bohri aatomimudeli põhjendamisel ja oli tõukeks reale analoogsetele uurimistele vääriskaaside ja leelismetallide juures. Katseseadmete täiustumisega mindi üle esialgseilt kvalitatiivseilt katseilt täpsemaile. Hakati kvantitatiivselt uurima pörkunud elektronide energiatega jaotust ja elektrilisi ergutusfunktsioone. Viimaste katsete tulemused annavad otseseid vastuseid kvantide mehaanika probleemidele, kuid nende tööde arv on jäänud piiratuks varem-mainitud eksperimentaalsete raskuste tõttu. Kasutadaolnud kirjanduse materjalide põh-

jal võib öelda, et sel alal puudub veel lõplikult väljaku-
jundatud, täpne ja kasutamiskõlbulik meetod.

Mainitud alal on silmapaistva eduga töötanud rida Nõu-
kogude teadlasi. Leipunski ja Pavlov 1927.a. uurisid ekspe-
rimentaalselt ergutusfunktsioonide absoluutseid väärtusi.
Javorski uuris 1944-47.a. sama küsimust teoreetiliselt ja
tal õnnestus arvutada ergutusfunktsioonide absoluutsed väärtused rea üleminekute jaoks. V. A. Fabrikant 1941.a. jõudis eriti hinnatavale tulemusele ergutusfunktsioonide teoreetilise uurimise alal. Teatud aproksimatsioonivõttega tal õnnestus leida avaldis, mis küllaldase täpsusega kirjeldab ergutusfunktsiooni väärtusi nii singuletsetel, kui ka tripletsetel energiatasemetel. Kogan ja Zahharova 1948.a. uurisid spetsiaalseid küsimusi samalt alalt. (Lähemalt nende autorite tööde kohta ja vihjeid algallikatele vt. kirj. 2, pt. IV § 20).

2. PROBLEEMISEADE.

Olgu uuritav gaas või aur kindla rõhu all paigutatud kinnisesse nõusse. Juhime läbi gaasi vabade elektronide voolu. Põrgete puhul aatomite ja elektronide vahel toimub aatomi tõstmine mingile kõrgemale energiatasemele. Peale ergutamist läheb aatom tagasi põhiseisundisse kas ühekorruga, kiirates kvandi, mille energia võrdub pörkel elektronilt saadud energiaga või ast-astmelt vahepealsete energiaseisundite kaudu, kiirates nii mitu kvanti, kui palju on üle-

minekuid. Aste-astmelisel üleminekul on kiiratud kvantide energiatega summa võrdne vabalt elektronilt saadud energiaga.

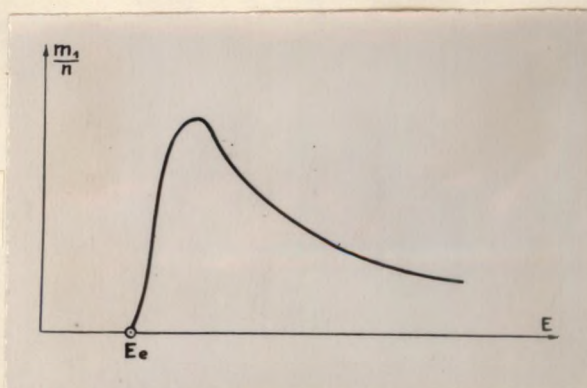
Kirjeldatud protsessi uurimist võib teostada näiteks optiliste meetoditega. Tähistame m -ga teatud ruumiosast ajaühiku jooksul kiiratud uuritavale spektraaljoonele vastavate kvantide arvu ja n - ga selles ruumiosas ajaühiku jooksul toimunud pörgete arvu. Kindla rõhu ja voolutiheduse tingimustes olenevad m ja n ainult kiiritamiseks kasutatavate elektronide energiast. Suhe $\frac{m}{n}$ kujutab siis vaadeldava spektraaljoone emiteerimise tõenäosust pörkel. Seost, mis kujutab suhte $\frac{m}{n}$ olenevust kiiritamiseks kasutatavate elektronide algenergiast, nimetatakse antud spektraaljoone ergutusfunktsiooniks või täpsemalt - optiliseks ergutusfunktsiooniks. Ergutusfunktsioonide määramine on olnud selliste uurimiste üheks peamiseks ülesandeks. Praktiliselt on suuruse n arvutamine statistilise füüsika meetodeil teostatav, suuruse m absoluutväärtuse määramine on aga keerukas. Definitsiooni järgi on m võrdeline vaadeldava spektrijoone intensiivsusega, kuid võrdeteguri määramiseni on jõudnud väga vähesed uurijad. Optilisi ergutusfunktsioone, esitatud relatiivseis ühikuis, on aga uuritud küllalt laias ulatuses.

Käesoleva paragrahvi algul kirjeldatud protsessi käsitlemisel võib minna aga ka teist teed. Me võime optilise vaatluse asemel uurida pörkeruumi läbinud elektronide energiatega

jaotust ja sellest teha analoogseid järeldusi.

Vaatleme jälle mingit kindlat energianivood, millele viiakse aatom pörke tagajärjel. Elektron kaotab selles protsessis oma kineetilise energiast niipalju, kuipalju kulus energiat aatomi ergutamiseks. Tähistame m_1 -ga vaadeldavas ruumiosas toimunud ergutamiseaktide arvu ajaühiku kohta ja n - ga endiselt selles ruumiosas ajaühiku jooksul toimunud pörgete arvu. Suhe $\frac{m_1}{n}$ kujutab sel juhul ergutamise tõenäosust pörkel. Suhe $\frac{m_1}{n}$ on ka nüüd samade gaasi- ja voolutiheduse tingimuste korral ainult elektronide algenergia funktsioon ja teda nimetatakse antud energiataseme ergutusfunktsiooniks või täpsemalt - elektriliseks ergutusfunktsiooniks. Kui tähistame E - ga elektronide algenergiat, siis elektriline ergutusfunktsioon omab tavaliselt joonisel 1. esitatud kuju.

Joonis 1.



Energia E_e võrdub vaadeldava energiataseme ergutusenergiaga.

Juhul, kui ergutatud aatom langeb ühekorraga tagasi esialgsele energiatasemele, on optiline ja elektriline ergutusfunktsioon identsed. Kui aga tagasilangemine toimub vahetute kaudu, siis on elektriline ergutusfunktsioon võrdne

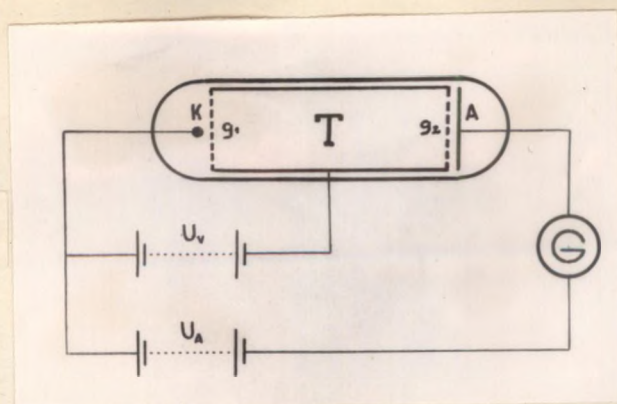
kõigi selle ergutamise tagajärjel emiteeruvate spektraaljoonte ergutusfunktsioonide summaga. Olgu veel mainitud, et kui vaadeldav energiatase on metastabiilne, siis optilisel ergutusfunktsioonil ei ole mõtet ja ainult elektriline ergutusfunktsioon määrab tõenäosuse üleminekuks sellesse metastabiilsesse olekusse.

Elektrilisi ergutusfunktsioone on uuritud tähtsusetult vähe, võrreldes optilistega, kuid mitte seepärast, et elektriliste ergutusfunktsioonide tundmine oleks vähem oluline, vaid viimaste uurimisel esinevate tehniliste raskuste tõttu.

Suuruse m_1 absoluutväärtuse määramisel esinevad analoogsed raskused, nagu olid suuruse m puhul. Definitsiooni järgi on suurus m_1 võrdeline pörkeruumist väljunud elektronide arvuga, millised on kaotanud energiat vastava taseme ergutamiseks vajalikul hulgal. Selliste elektronide arvu määramiseks relatiivseis ühikuis tuleb leida pörkeruumist väljunud elektronide energiatega jaotus. Väljunud elektronide energiatega jaotuse funktsiooni nimetatakse käesolevas töös gaasi või auru „elektriliseks spektriiks“, vastavalt nimetusele - „elektriline ergutusfunktsioon“, mis on üldiselt kasutusel.

Gaasi „elektrilise spektri“ uurimiseks kasutatakse tihti joonisel 2. printsiipiaalse skeemina esitatud seadeldist. Selle skeemi teostamise üht modifikatsiooni kujutab ka allpool esitatav katse.

Joonis 2.



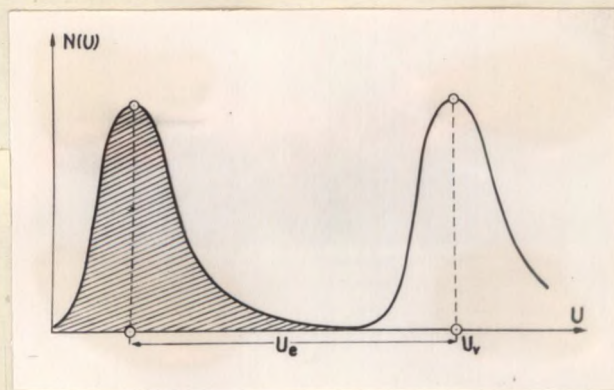
Kasutatakse uuritava gaasiga täidetud elektritoru T . Hõõgkatoodilt K väljuvatele elektronidele antakse katoodi ja võre G_1 vahel kineetiline energia U_v elektronvolti. Võre G_1 läbinud, satuvad elektronid ruumi võrede G_1 ja G_2 vahel, kus nad inertsiaalselt edasiliikudes pörkuvad gaasi aatomitega. Anoodile A rakendatakse võrede suhtes negatiivne pinge. See tekitab G_2 ja anoodi vahel elektrone pidurdava elektrivälja, mis laseb anoodile jõuda ainult neil pörkeruumist väljuvail elektronel, mille energia on küllaldane pidurdava välja läbimiseks. Muutes pidurdava välja tugevust, saame antud konstantse U_v korral määrata pörkeruumist väljuvate elektronide energiatega jaotuse, kui galvanomeetri abil mõõdame anoodvoolu tugevuse J olenevuse anoodpingest U_A .

Vaatleme lihtsuse mõttes juhtu, kus pörgetel toimus ainult ühe energiataseme ergutamine, milleks kulus U_e elektronvolti energiat. Sel juhul väljub pörkeruumist kahesuguse energiaga elektrone: nende elektronide energia, mis ergutamise protsessi ei teostanud, on endiselt U_v elektronvolti; ergutamise teostanud elektronide energia on aga $U_v - U_e$ elektronvolti. Et kõigi elektronide algenergia ei saa praktiliselt

olla ideaalselt ühesugune, siis tegelikult pörkeruumist väljuvate elektronide energiad omavad ainult kuhjumispunkte energia väärtuste U_v ja $U_v - U_e$ ümber.

Tähistame $N(U)$ - ga elektronide arvu ajaühiku kohta, mille energia peale purgeruumi läbimist on U ja $U + dU$ vahel. Energiate jaotusfunktsioon ehk „gaasi elektriline spekter“ omab siis joonisel 3. esitatud kuju.

Joonis 3.



$U = U_v$ juures olevat kõverat, mis kujutab nende elektronide arvu, mis läbisid purgeruumi ilma energiat kaotamata, nimetame edaspidi nullekstreemumiks.

Koguenergia, mis pörkeruumist väljunud elektronid kaotasid ergutamisprotsessis, on relatiivseis ühikuis määratud $U_v - U_e$ juures oleva kõvera ^{ala} viirutatud pindalaga. Teiselt poolt oli aga neeldunud koguenergia võrdeline vaadeldava energiataseme ergutusfunktsiooni väärtusega kohal $E = U_v$ elektronvolti. Muutes U_v -d, saame leida antud energiataseme ergutusfunktsiooni relatiivse väärtuse mistahes U_v korral, kui aga mõeldame uuritavale energiatasemele vastava kõvera pindala selle U_v puhul. Iga elektrilise spektri mõõtmisega

määrame seega uuritava ergutusfunktsiooni ühe punkti. Ergutusfunktsiooni määramiseks mingis piirkonnas tuleb teostada kindla gaasi rõhu ja emissioonvoolu tugevuse juures suur arv elektrilise spektri mõõtmisi, milline töö on küllalt tülikas.

Tuleb veel märkida, et eelkirjeldatud viis ergutusfunktsiooni väärtuste saamiseks on õige ainult siis, kui mõõdetud energiatega jaotus kujutab tõesti energiatega jaotust kõigi purgeruumi läbinud elektronide kohta. Joonisel 2. esitatud ja osalt ka allpoolkirjeldatava katseseadme puhul jääb aga osa elektrone purgeruumi seintele. Üldise energiatega jaotuse ja ergutusfunktsiooni määramine sel juhul võib toimuda alles siis, kui on mõõdetud elektronide hajumine uuritavas gaasis antud U_v ja gaasi rõhu korral ja kui on teada, kuidas oleme energiatega jaotusfunktsiooni kuju väljuvate elektronide liikumise suunast. Arusaadavalt valmistab kõigi nende küsimuste lahendamise tõsisid eksperimentaalseid raskusi.

Pöördudes tagasi joonisel 2. esitatud skeemi juurde, leiame seose suuruse $N(U)$ ja katses mõõdetava voolutugevuse J vahel. Piirdume $N(U)$ relatiivsete väärtustega.

Kui pidurdavat elektrivälja tekitav pinge on U volti, siis jõuavad anoodile ainult need elektronid, mille energia on suurem, kui U elektronvolti. Anoodvoolu tugevus on määratud ajaühikus anoodile jõudvate elektronide arvuga, seega

$$J = \text{konst.} \int_u^{\infty} N(U) dU$$

$N(U)$ jaoks leiame siit avaldise:

$$N(U) = \text{konst.} \frac{dJ}{dU} \dots\dots\dots (1)$$

Selle avaldise järgi saame leida vaadeldava gaasi „elektrilise spektri“, kui meil on mõõdetud voolutugevuse olenevus pidurdavat elektrivälja põhjustavast pingest. Tavaliselt määratakse voolutugevuse kõver diskreetse, punkt-punktilt mõõtmisega galvanomeetri abil. Voolutugevuse kõvera diferentseerimist teostatakse graafiliste meetoditega.

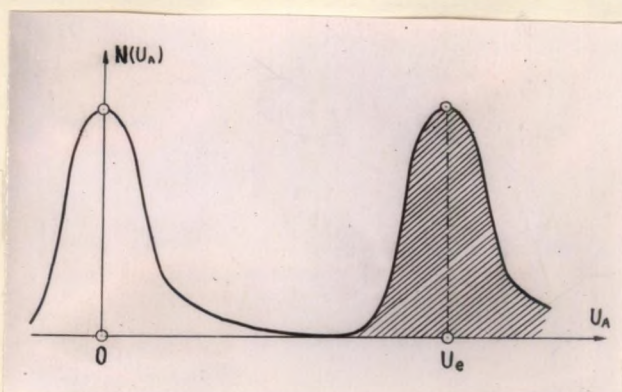
Meile on sobiv kujutada „elektrilist spektrit“ teljestikus, mille abstsissiks on anoodpinge. Joonisel 3. oleva skeemi järgi võime kirjutada:

$$U = U_V - U_A \text{ ehk}$$

$$U_A = - (U - U_V) \dots\dots\dots (2).$$

Teljestiku algus on selle teisendusega viidud punkti U_V , s. o. nullekstreemumi kohale ja abstsissstelje suund on vastupidine (joon. 4.).

Joonis 4.



Selles teljestikus on vaadeldava energiataseme ergutuspotentsiaal vastava kuhjumispunkti abstsiss.

Et U_V on mõõtmise vältel konstantne, siis $dU = -dU_A$ ja valem (1) saab kuju:

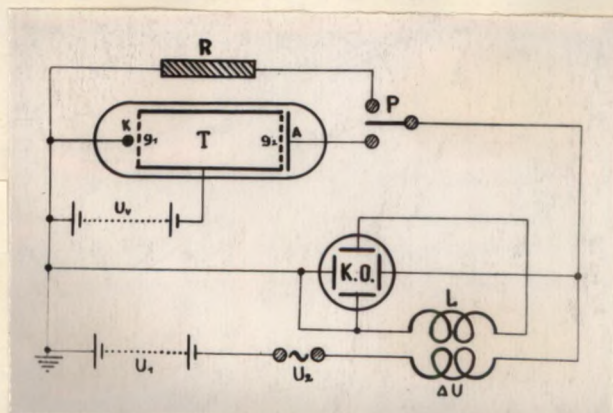
$$N(U_A) = \text{konst.} \frac{dJ}{dU_A} \dots\dots\dots (3)$$

$N(U_A)$ määramiseks sobiva skeemi koostamine ja proovimine elavhõbedaauru juures oli käesoleva töö ülesanne.

3. MÕÕTMISE TEOSTAMISE MEETOD.

Katse põhimõttelist skeemi kujutab joonis 5.

Joonis 5.



Elektronidele antakse algenergia, rakendades K ja G_1 vahele pinge U_V . Ühe mõõtmise jooksul on U_V konstantne. Anoodpinge koosneb alalispingest U_1 ja sellele liidetud vahelduspingest U_2 . Kui anoodi ahelat läbib muutlik voolutugevus J , siis

tekib transformaatori L primaarmähises pingelang U , mille suurus aga praktiliselt ei ulatunud üle O , O_1 voldi ja mille mõju anoodpingesse võib seepärast jätta arvestamata. Anoodpinge hetkväärtuseks on seega

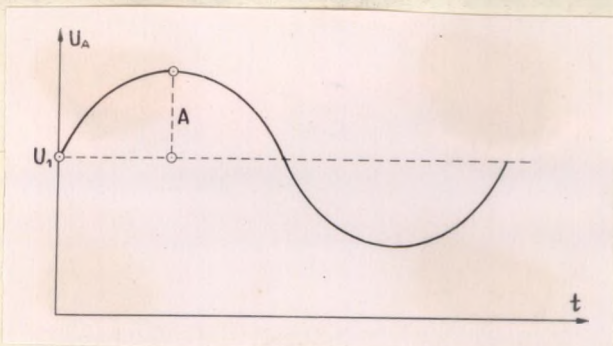
$$U_A = U_1 + U_2$$

Sama pinge valitseb katoodostsillograafi $K O$ x-plaatide vahel, s. o. nende kallutusplaatide vahel, mis põhjustavad elektronkiire hälvet horisontaalsuunas. Olenevuse x-plaadidel oleva pinge ja elektronkiire hälbe vahel saab kindlaks määrata kalibratsiooniga. Esimeses lähenduses on see olenevus võrdeline. Edaspidi on eeldatud, et see olenevus on teada nii x-plaadidel, kui ka y-plaadidel. Siis on ostsillograafi ekraanil olemas koordinaadistik, millises koordinaadistikus iga kiire asend määrab sel hetkel valitseva pinge x-telje plaatide vahel ja samal hetkel valitseva pinge y-telje plaatide vahel. Kui pinged x-plaadidel ja y-plaadidel on mingis olenevuses, nagu see on käsiteldava probleemi korral, siis x-plaadidel oleva pinge muutmisel kujutab elektronkiir ekraanil punkt-punktilt nende pingete vahelise olenevuse. Kui lasta pinget x-teljel muutuda perioodiliselt mingis piirkonnas, siis kulgeb ka kiir ekraanil perioodiliselt selles piirkonnas ja kujutab graafiliselt ostsillograafide rakendatud pingete vahelise seose.

x-plaadidel on pinge $U_1 + U_2$; U_2 oli katseil enamvähem

sinusoidaalne pinge amplituudiga kuni 7 volti ja sagedusega 5 kHz. U_1 oli katseil 0-5 volti. Anoodpinge ajaline muutumine on esitatud joonisel 6. Nagu jooniselt nähtub, on või-

Joonis 6.



malik pinge U_1 valikuga leida sobiv asend anoodpinge muutumise piirkonnale, U_2 amplituudi muutes saab aga reguleerida selle piirkonna ulatust.

Anoodvool, mis läbib transformatori L primaarmähist, indutseerib sekundaarmähises elektromotoorse jõu U_3 , mis mõjub ostsillograafi y-plaatidel ja mille suurus on võrdeline primaarmähist läbiva voolutugevuse J tuletisega aja järgi:

$$U_3 = \text{konst.} \frac{dJ}{dt}$$

Antud seadme juures oleneb voolutugevus J anoodpingest U_A , anoodpinge oleneb aga omakorda ajast.

$$U_3 = \text{konst.} \frac{dJ}{dU_A} \cdot \frac{dU_A}{dt}$$

Valemi 3. põhjal leiame:

$$U_3 = \overset{\text{konst.}}{N(U_A)} \cdot \frac{dU_A}{dt}$$

$$U_A = U_1 + U_2; \quad U_1 = \text{konst.}; \quad \frac{dU_A}{dt} = \frac{dU_2}{dt};$$

$$U_3 = N(U_A) \frac{dU_2}{dt} \dots \dots \dots (4)$$

Sellist seost U_A ja U_3 vahel kuj^utab ostsilloograafi ekraanil saadav graafik. $N(U_A)$ oleks ekraaniloleva graafiku järgi leitav, kui oleks teada pinge U_2 olenevus ajast. Sinusoidaalse pinge puhul näiteks on see kergesti teostatav. Praktiliselt on aga laitmatult sinusoidaalse pinge saamine seotud raskustega. Probleem on lahendatav lihtsa tehnilise võttega. Lülime elektronitoru asemel ahelasse oomilise takistuse R , jättes muud ahela parameetrid muutmata. Siis on voolutugevus ahelas üldiselt teistsugune, näiteks J_1 . y -plaatidele läheb nüüd samuti teistsugune pinge, olgu see U_4 . Ahela kohta kehtib nüüd Ohmi seadus:

$$J_1 = \frac{U_A}{R} = \frac{U_1 + U_2}{R} \quad \text{ja}$$

$$U_4 = \text{konst.} \cdot \frac{dJ_1}{dt} = \text{konst.} \cdot \frac{dU_2}{dt} \dots\dots\dots (5)$$

See seos saadakse jälle graafikuna ostsilloograafi ekraanil. Valemeist (4) ja (5) on nüüd võimalik $\frac{dU_2}{dt}$ elimineerida, mis annab:

$$N(U_A) = \text{konst.} \cdot \frac{U_3}{U_4} \dots\dots\dots (6)$$

Funktsioonide U_3 ja U_4 graafikud võib fotografeerida järjestikku samale negatiivile, kust siis $N(U_A)$ on kergesti leitav.

Nagu on näha joonisel 6, toimub vahelduvpinge ühe pool-

perioodi jooksul anoodpinge kasvamine, teise poolperioodi jooksul kahanemine. Seetõttu muudab tuletis $\frac{dU_2}{dt}$ iga poolperioodi järele märki. Koos temaga muudavad märki ka valemitega (4) ja (5) esitatud U_3 ja U_4 . Tulemuseks on, et nii U_3 graafik, kui ka U_4 graafik on sümmeetrilise kujuga U_A telje suhtes. Et aga U_3 ja U_4 muudavad märki samas pinge U_2 faasis, siis saame $N(U_A)$ alati samamärgilise. Graafikute kahekordsus võimaldab keskmiste võtmise teel suurendada mõõtmise täpsust.

Juhul kui U_2 on sinusoidaalne pinge, saame:

$$U_A = U_1 + U_2 = U_1 + A \sin \omega t$$

Valemist (5) leiame:

$$U_4 = \text{konst.} \cdot \frac{dU_2}{dt} = \text{konst.} \cdot \omega \cdot A \cdot \cos \omega t = A_1 \cos \omega t$$

Need on ellipsi parameetrilised võrrandid. Funktsiooni U_4 graafik sel juhul on ellips, mille teljed on koordinaattelgede suunas ja mille tsentriks on punkt $U_A = U_1$. Üldiselt määrab aga U_4 erinevus ellipsist pinge U_2 erinevuse sinusoidaalsest pingest.

Viimaseist valemest järeldub, et U_3 ja U_4 graafikud ei asu ostsillograafi ekraani keskel, vaid on ^{lu}nietatud pikkuse U_1 võrra piki U_A - telge. Vaatluse täpsustamiseks on aga tarvilik, et nad tuleksid alati ekraani keskele, olenematult U_1 väärtusest. Katses oli see saavutatud pinge

andmisega horisontaalteljele üle järjest lülitatud kondensaatori, mis ei lasknud alalispinget U_1 mõjuda x-plaatidel. Kui sellises olukorras muuta pinget U_1 (vt. joonis 6), siis saame jälgida ekraanil uuritava gaasi, elektrilise spektristahes piirkonda, kusjuures selle spektriosa kujutis U_3 näol jääb alati ekraanile. Praktiliselt liiguvad U_1 muutumisel üksikuid energiatasemeid iseloomustavad ekstreemumid piki horisontaaltelge ja me võime neist millise tahes võtta vaatluseks ekraani keskele, kui aga muudame sobivalt pinget U_1 .

Siit järgneb võimalus ergutuspotentsiaalide väga hõlpsaks mõõtmiseks. Selleks fikseerime ekraani keskel mingi vertikaalse joone, mida võib teha ekraani niitristiga varustamise teel. Muudame nüüd pinget U_1 selliselt, et mingi spektris esinev ekstreemum tuleks märgitud vertikaaljoone kohale ja loeme voltmeetrilt U_1 väärtuse. Edasi nihutame samal viisil niitristile mõne teise ekstreemumi ja teeme jälle lugemi voltmeetrilt. Voltmeetri lugemite vahe annab kahe vaadeldava ekstreemumi omavahelise kauguse U_A - teljel. Mingi ergutuspotentsiaali mõõtmiseks on vaja mõõta vastava ekstreemumi kaugus nullekstreemumist U_A -teljel, mis avaldub kahe voltmeetrilt tehtud lugemi vahena. Ühtlasi on sel teel vabanatud katoodil esinevate pingelangude uurimisest, mis on tülikas.

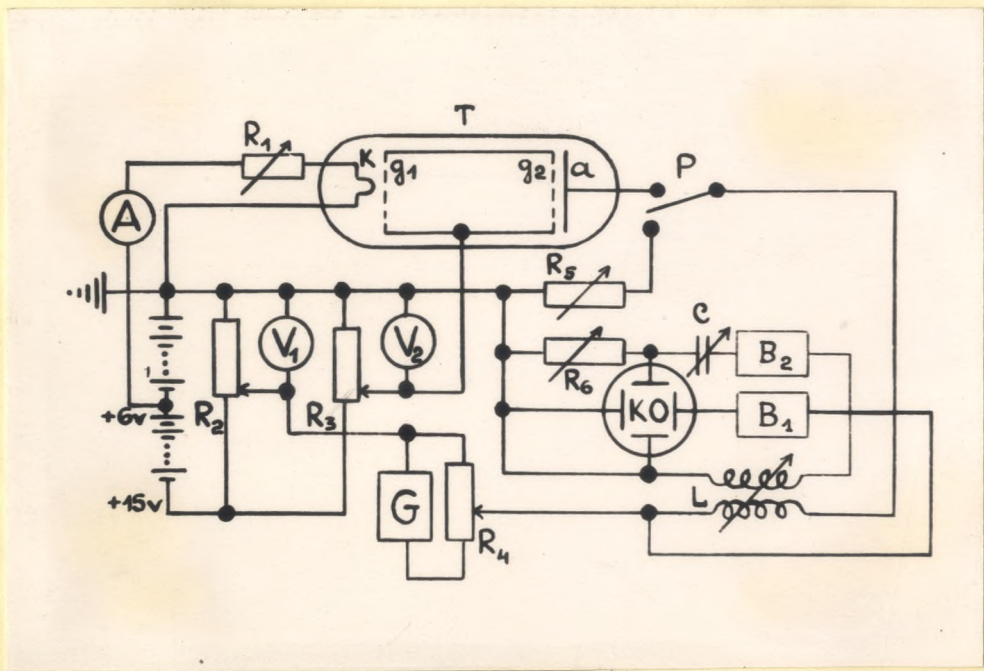
Kõik ergutuspotentsiaalide mõõtmised käesolevas katses olid teostatud viimatisesitatud meetodil. Ergutuspotentsiaali

4, 9 volti ükski mõõtmine ei annud erinevust üle 0, 05 volti, s. o. - viga ühelgi mõõtmisel ei ületanud üht protsenti mõõdetavast suurusest. Tulemus lubab arvata, et ergutuspotentsiaalide mõõtmine sellisel viisil on otstarbekas.

4. APARATUURI KIRJELDUS JA KATSETEHNIKA.

Seadme üldskeem on esitatud joonisel 7. Otsese küttega hõõgkatoodi k kuumutatakse alalisvooluga. Voolutugevust mõõdab ampermeeter A . Küttevoolu tugevus on reguleeritav reostaadi R_1 abil. Anoodpinge alaliskomponent võetakse potentsiaalmeetrilt R_2 . Seda pinget mõõdab voltmeeter V_1 . Anoodpinge vahelduv komponent saadakse 5 kHz lampgeneraatorilt G . Sobiv vahelduspinge amplituud valitakse potentsiomeetriga R_4 . Võredel olev pinge, mida mõõdab voltmeeter V_2 , on reguleeritav potentsiomeetri R_3 abil. Lülilja p abil on võimalik lülida anoodahelasse kas toru T või reguleeritav oomiline takistus R_5 .

Ostsillograafi horisontaalteljele minev pinge, mida võimendatakse kuni 25 korda võimendaja B_1 abil, ei ole võetud transformatori L ja lülilja p vahelt, nagu see oleks loomulik, vaid enne transformatorit. Põhjus on selles, et vastasel korral läbiks võimendajasse B_1 minev vool transformatori primaarmähis ja indutseeriks vertikaaltelje ahelas segavaid pingeid. Et pingelang transformatori primaarmähisel oli ülimalt 0, 01 volti, siis ei



Joonis 7.

tulene sellest lülitusest mingeid mõõtmistäpsuse piiridesse ulatuvaid vigu.

Transformaatori sekundaaris indutseeritud pinge, mida võimendatakse võimendajaga B_2 kuni 2500 korda, läheb ostsillograafi vertikaalteljele. Faasivahesid, mis võivad tekkida võimendajais kummalegi teljele minevate pingete vahel, vähendatakse pöördkondensaatori C ja oomilise lisakoormuse R_G abil.

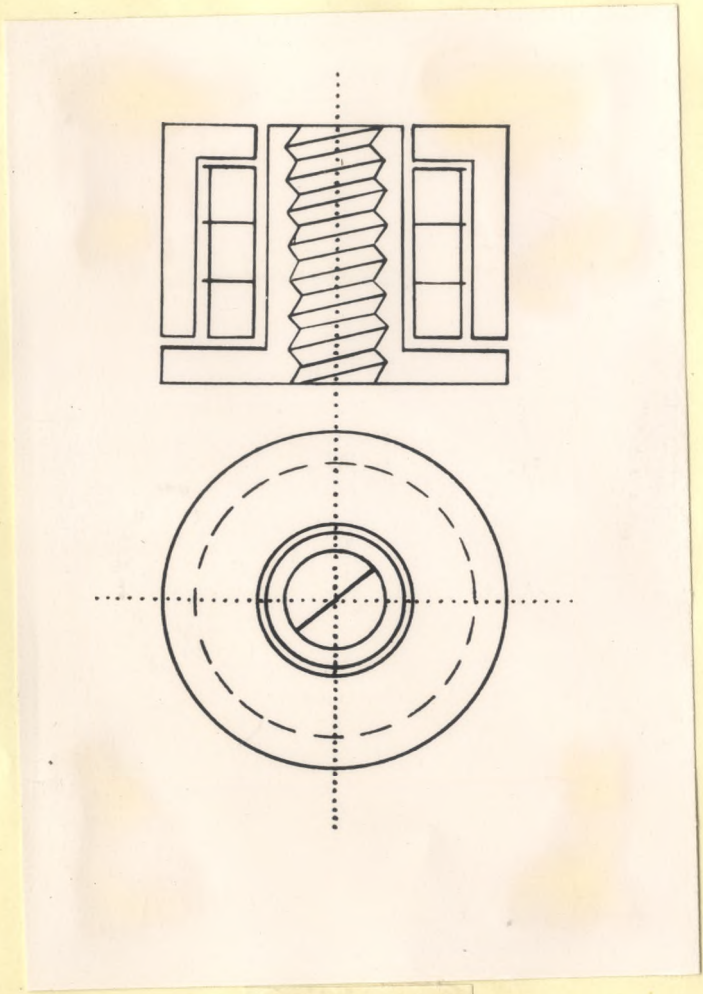
Erilisi nõudeid seab selline lülitus võimendajaile ja ostsillograafidele, millised riistad täpse mõõtmise puhul peavad olema kalibreeritavad, nii et oleks võimalik täpselt kindlaks määrata olenevus võimendajasse mineva pingega ja sellest pingest põhjustatud kiire hälbe vahel. Selleks sobiks ostsillograaf, mille ekraani läbimõõt oleks 10 cm või enam ja mis oleks varustatud aperioidiliste võimendajatega puht-takistuslikul sidestusel. Et käesolev katse oli läbiviidud ainult käsiteldava meetodi hindamiseks, siis olid kasutusel tavalised võimendajad kondensaatorisidestusel ja tehniline ostsillograaf 30-5 ekraani läbimõõduga 7 cm. Loomulikult ei saanud teostatud katse pretendeerida suurele täpsusele. Kõige segavamaks osutus faaside vahe eri telgedele minevate pingede vahel, mida polnud võimalik kondensaatori C abil ilma pingega kuju moonutamata täielikult kompenseerida. Faaside vahe tõttu on kõigil esitatud ostsillogrammidel graafiku sümmeetriatelg mõnevõrra kallutatud horisontaalse koordinaattelje suhtes ja enne mõõtmisele asu-

mist tuleb teostada graafiku pööramine nii, et graafiku sümmeetriateljeks oleks horisontaaltelg. Faaside vahe peamiseks põhjustajaks olid võimendajate sidestuskondensaatid. See viga takistussidestuse korral ei tohiks olla kaugetki nii suur ja peaks olema kergesti kompenseeritav.

Skeemi olulisemaks osaks, millele tuleb erilist tähelepanu pöörata, on veel transformaator L, mille abil toimub anoodvoolu tugevuse diferentsimine. Tema konstruktsioon on esitatud joonisel 8. Silindrilise ehitusega kinnise ferrocartist südamiku ristlõike reguleerimiseks on osa südamikust kruvikujulisena pooli sisse- või väljapoole nihutatav. Selle abil toimub mähiste vahelise sidestuse ja mähistele tulevate pingelangude reguleerimine. Südamiku permeaablus oli 2,6. Kasutatud voolutugevuste piirides ei olnud võimalik täheldada permeaabluse muutumist.

Peamiseks häireks, mida transformaator L võib põhjustada, on kõrgemad harmoonilised võnkumised anoodi ahelas. Nendest vabanemiseks tuleb ahela omasagedus viia küllalt kõrgele põhisagedusega (5 kHz) võrreldes. Et üldises anoodahelas paratamatult on olemas teatav induktiivsus transformaatori primaarmähise näol, siis omasageduse tõstmise peamiseks vahendiks on anoodahela mahtuvuse vähendamine. Praktiliselt tuleb siin kõige enam arvesse transformaatori primaarmähise sisemahtuvuse ja kasutatava eloktontoru anoodi ja võrede vahelise mahtuvuse vähendamine.

Transformaatori pooli sisemahtuvuse vähendamiseks



Joonis 8.

osutus vajalikuks ühelt poolt ferrocarr-südamikü tarvitu-
selevõtt õhksüdamikü asemel, mis vähendab mähise keerdude
arvu ja teiselt poolt mähise sektsioneeriv kerimisviis.
On tõenäone, et siidisolatsiooniga mähisetraadi kasutami-
sel ja eri-mähkimisviiside juures võib primaarmähise si-
semahtuvust veel tunduvalt vähendada.

Elektronitoru sisemahtuvuse vähendamisele ei olnud
võimalik tehnilistel põhjustel vajalikku tähelpanu pöö-
rata. Nimelt oleks selleks otstarbeks vaja suurendada vö-
re G_2 ja anoodi vahelist kaugust. Koos sellega suurenevad
toru dimensioonid üldse. Kasutadaolnud vahenditega ei ol-
nud aga võimalik valmistada suuremat elektronitoru.

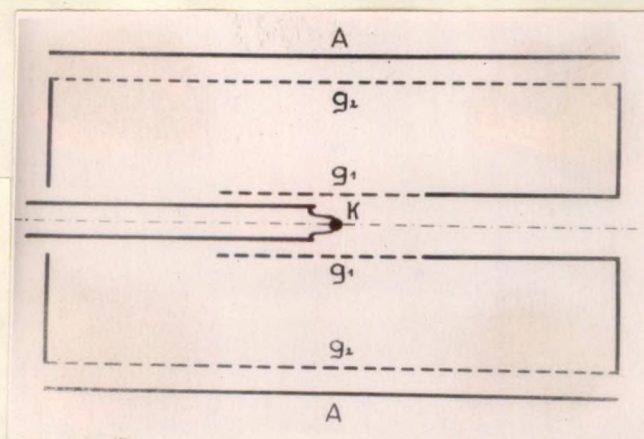
Kui uuritava gaasi karakteristikast tulenevad anood-
voolu tõkked esinevad sagedusega, mis on mingis täisarv-
kordses suhtes ahela omasagedusega, siis tekib resonantsi
nähtus mõlemate sageduste vahel ja harmooniliste vönku-
miste tekkimine anoodahelas on eriti soodustatud. Reso-
nantsi saab aga kõrvaldada generaatori pinge amplituudi
vähese muutmisega, sest sel juhul muutub ka anoodvoolu
tõugete sagedus. Teostatud katsel oli resonantsi juhul
harmooniliste vönkumiste tekkimine märgatav, kuid sisen-
datava vahelduvpinge amplituudi muutmine kõrvaldas selle
häire.

Kasutatud elektronitoru võrdlemisi suur sisemahtuvus
(35 pF) põhjustas nõrga voolu olemasolu anoodahelas ka
siis, kui hõõgkatoodi ei kuumendatud. Enamasti oli selle

voolu tugevus tähtsusetu, kuid nõrgema emissiooni ja suurema võimenduse puhul siiski arvessetulev. Viimasel juhul fotografeeriti korrektsiooni tegemiseks ka see kõver, mis tekkis ekraanil emissioonvoolu puudumise korral. Fotodel IV, V ja VIII on see kõver näha kahe lähestikkuasuva joonena graafiku keskosas.

Esitatud mõõtmismeetodi proovimiseks elavhõbedaauru juures oli kasutusel fotol l. kujutatud elektronitoru. Ø 40 mm klaaskolb oli varustatud kahe toruga, millest üks oli elektrijuhtmete sissetoomiseks, teine aga viis elavhõbeda-difusioonpumpa. Pumpaviival torul oli haruühendus, mille kaudu toimus elavhõbeda destilleerimine kolbi. Kolvi alumine osa moodustas reservuaari elavhõbeda jaoks, ülemises osas asusid elektrodid. Elektrodide paigutus oli silindriline nagu on skemaatiliselt näidatud joonisel 9.

Joonis 9.



Otsese küttega hõõgkatoodi k moodustas hoidjate külge kinnitatud 5 mm pikkune Ø 0,1 mm platinatraadist haas, mil-

le keskele oli paigutatud emiteeriva oksüüdi tilgake. Oksüüd saadi sel teel, et peeneksjahvatatud baarium- ja strontsiumkarbonaadidest vahekorras 1:1 segati veega vedel pasta ja kanti sellest tilgake kütteniidile. Katoodi aktiveerimiseks teostatud kuumutamisel, mis kestis 40 minutit ja mille juures oli võrele ja anoodile rakendatud pinge +6 volti, toimus oksüüdi emiteerimisvõime tunduv kasv. Selliselt ettevalmistatud katood andis 1 - amprise küttevoolu tugevuse ja 6-voldise võrepinge korral emissioonvoolu 0,2 mA. Elavhõbedaauru rõhul kuni 0,1 torri ja võrepingel kuni 8 volti oli emissioon stabiilne. Ionisatsiooni tekkimisel torus langes katoodi emiteerimisvõime ja teda tuli peale seda uuesti aktiveerida.

Katood oli ümbritsetud silindrilise võrega G_1 , mille läbimõõt oli 3 mm ja võrekonstant 0,5 mm. Teine võre G_2 , mis asus 1,2 mm kaugusel anoodist, omas võrekonstanti 1 mm. Võrede materjaliks oli \varnothing 0,1 mm nikeliintraat. Anood **A** oli silindrikujuline, läbimõõduga 31 mm, valmistatud rauast.

Elektroodide süsteemi muud metallidetailid olid valmistatud niklist või rauast, isolatsiooninaiseiks olid klaas, viigukivi ja portselan.

Klaaskolvi ja-torustiku puhastamine toimus kuuma KOH lahuga ja kontsentritud lämmastikhappega, millele järgnes loputamine kuuma destillaadi ja piiritusega. Metallosade puhastamisel kasutati lämmastikhappe asemel 10%-list soolhapet.

Elavhõbeda sisseviimine elektrontorru toimus järgmisel viisil:

Klaaskolb, mis sisaldas kaks korda destilleeritud elavhõbedat, oli ühendatud vastava toru kaudu mõõtekolvi-ga. Pumpade töötades hoiti kogu seadeldist ühe tunni vältel 250°C juures. Selleks paigutati mõõtekolb kinnisesse metallnõusse, mis oli mässitud asbesti ja mida kuumutati elektripliidil. Destillatsiooniseadme ja torustiku kuumutamist teostati samal ajal kahe piirituselambiga. Elavhõbedat kuumutati ainult sedavõrd, kuivõrd destillatsioon ei muutunud märgatavaks. Peale kuumutamisprotseduuri lõppu destilleeriti elavhõbe kolbi ja joodeti kinni toru, mis viis destillatsiooniseadmesse. Kuni mõõtmiste lõpuni säilitati torus vaakuum.

Mõõtmiseks vajaliku elavhõbeda-auru rõhu saavutamiseks paigutati mõõtekolb parafiinivanni, mida köeti elektrivooluga. Raudplekist vann oli maandatud ja täitis ühtlasi elektrontoru varjestamise ülesannet. Et vältida elavhõbeda-auru kontsentr^{dens}eerumist elektroodidel ja isolaator^oreil, tuli hoida kolvi ülemise osa temperatuur kuni 30°C võrra kõrgemal reservuaarisoleva elavhõbeda temperatuurist. Selleks soojendati vanni kahe eraldi küttemähise abil, millest üks asus vanni ülemises osas elektroodide lähedal, teine aga soojendas elavhõbedat. Elavhõbeda temperatuur määrati parafiini temperatuuri järgi elavhõbedareservuaari läheduses. Sellele temperatuurile vastav küllastunud auru rõhk võeti aururõhkude tabelist.

Kasutatud aparatuuri üldvaadet kujutab foto 2.

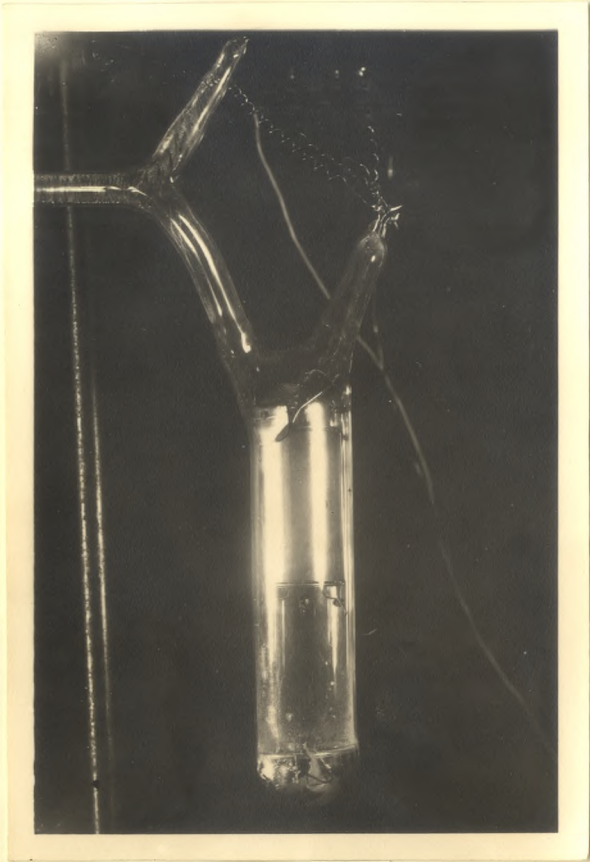


Foto 1.



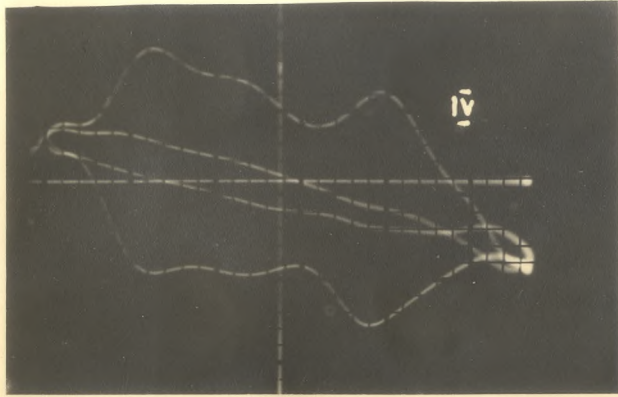
Foto 2.

5. MÕÕTMISTULEMUS ED.

Valimik katseil saavutatud ostsillogrammidest on esitatud fotodel 3 - 10. Fotod on tehtud ortokromaatsetele plaatidele ja kopeeritud negatiivi suuruses. Ekraaniloleva graafiku teravustamiseks oli ta heledus reguleeritud minimaalseks. Objektiivi suhtelise ava 3,5 puhul olid säritusajad 5-15 sekundi piires.

Fotodel kujutab teravamaid ekstreemumeid omav kõver funktsiooni U_3 , lamedam kõver - funktsiooni U_4 . Kõigil ostsillogrammidel on vasakpoolseimaks ekstreemumiks nullekstreemum, mille kohal asub U_A -telje nullpunkt. Fotografeeritud on veel ostsillograafi teljed. Koordinaadistiku saamiseks, mille abstsissiteljeks oleks U_A -telg, tuleb viia vertikaalne telg paralleel-lükkega nullekstreemumi kohale. Kui on mõõdetud veel mõnele ekstreemumile vastav ergutuspotentsiaal, siis on teada ka abstsissitelje ühiku suurus ja on võimalik määrata graafiku mistahes punkti abstsiss. Muidugi tuleb selleks veel eeldada, et ühiku pikkus mistahes kohal U_A -teljel on ühesugune. Osutus siiski, et tulemused õigustasid sellist eeldust. Graafiku punktide ordinaate mõõdetakse endastmõistetavalt ainult relatiivseis ühikuis.

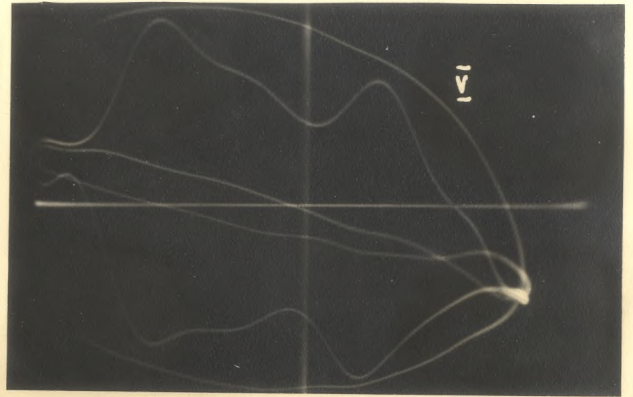
Fotodele juurdelisatud andmeis on tähistatud p-ga elavhõbedaauru rõhk torrides ja U_v -ga kiiritamiseks kasu-



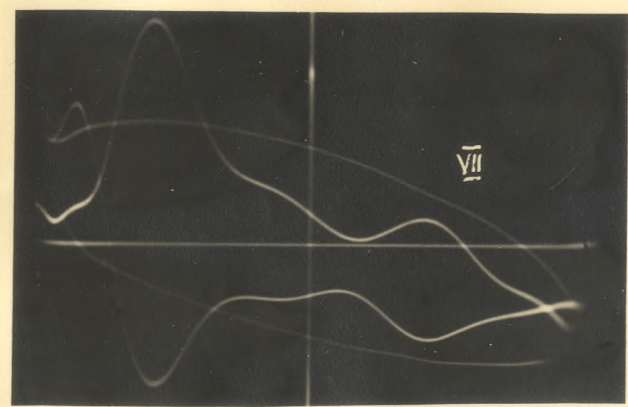
$P=0,02$
 $U_V=6,9$
 $V_1=2,26$
 $V_2=4,94$

\hat{I}
 V_1

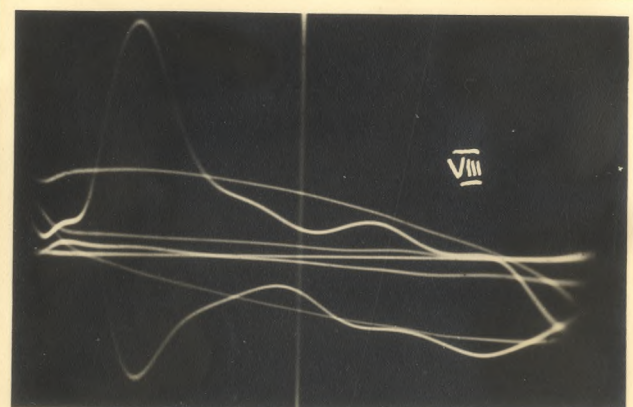
\hat{I}
 V_2



$P=0,01$
 $U_V=7,8$
 $V_1=2,24$
 $V_3=4,94$



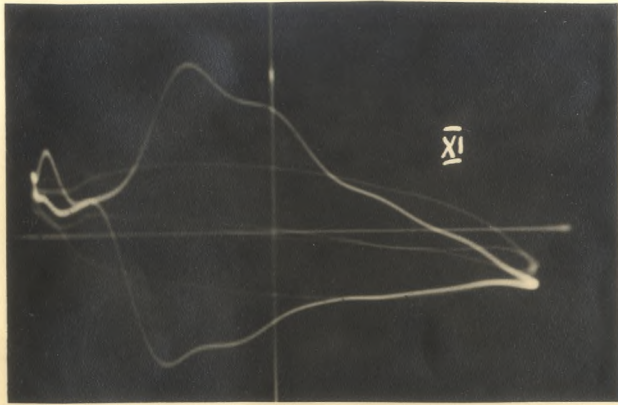
$P=0,005$
 $U_V=7,0$



$P=0,005$
 $U_V=8,9$

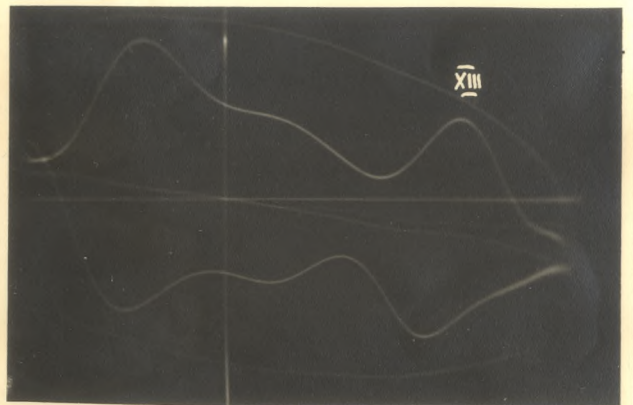
\hat{I}
 V_2

\hat{I}
 V_3



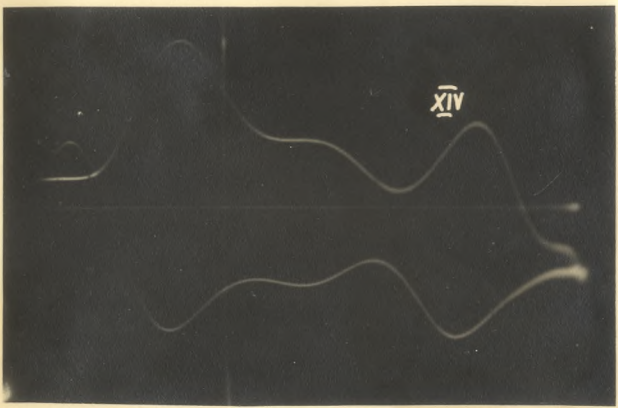
$P=0,002$
 $U_V=8,7$
 $V_K=1,5$

\hat{I}
 V_K

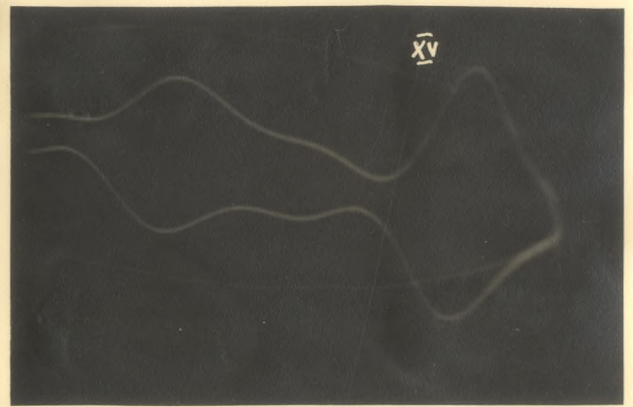


$P=0,1$
 $U_V=6,0$
 $V_1=2,40$
 $V_2=4,91$

Foto 8.



$P=0,05$
 $U_V=7,3$
 $V_1=2,27$
 $V_2=4,95$



$P=1,2$
 $U_V=5,7$

tatud elektronide algenergia elektronvoltides. V_1 , V_2 ja V_k tähistavad ergutuspotensiaale voltides, mis on mõõdetud §3 lõpul kirjeldatud viisil. Tavaliselt mõistetakse ergutuspotensiaali all potentsiaalide vahet, mida elektron peab läbima, et ta pörkel aatomiga suudaks tõsta aatomit ergutamata seisundist mingile kõrgemale energiatasemele. Nagu kaalutlustest allpool võib järeldada, kujutavad aga V_1 ja V_k üleminekuid ergutatud olekuist, nad on "ergutatud aatomi ergutuspotensiaalid". Vastava termini puudumise tõttu on ka neid potentsiaale nimetatud lihtsalt ergutuspotensiaalideks.

Üldiselt võib fotode järgi täheldada rõhu kasvamisel energia neeldumise suurenemist, mis avaldub nullekstreemumi osatähtsuse vähenemises. See on arusaadav, sest kõrgemal rõhul on pörke tõenäosus suurem ja koos sellega ka suurem tõenäosus, et elektron sooritaks mõne aatomi ergutamise.


Nagu näha, ei kujuta saavutatud "elektrilise spektri" fotod ainult joonspektrit, vaid energia neeldumist esineb kogu vaadeldava spektri ulatuses. Sellest pidevast foonist tõusevad ekstreemumeina esile üksikud eriti intensiivse neeldumise jooned. Pidev foon on esinenud peaaegu kõigil seniteostatud "elektrilise spektri" mõõtmistel. Põhjus peitub elektronitoru tehnilises mittetäiuslikkuses. Esiteks ei ole kiiritamiseks kasutatavad termoelektronid küllalt monokromaatsed. Nende energiatega jaotuse kõver on lai, mistõttu üksikud ekstreemumid spektris on laiad ja sulavad

kergesti kokku. Teiseks oli sel katsel voolutihedus torus liiga suur. Selle vähendamisel aga ei oleks piisanud kasutadaolnud võimendusest. Suure voolutiheduse korral muutuvad väga tõenäoseks juhud, kus elektron tabab ergutatud seisundis olevat aatomit. Üleminekud kõrgematest energia-seisunditest annavad väga palju kombinatsioone, vastavate ergutusenergiate erinevused on väikesed. Seetõttu asuvad vastavad ekstreemumid spektris üksteisele nii ligidal, et nad praktiliselt langevad ühte.

Kui elektron tabab ergutatud aatomit, siis võib toimuda ionisatsioon ka suhteliselt väikese elektroni energia puhul. Seetõttu võis antud katses tõsta elektronide algenergiat üle 8 elektronvoldi ainult väga madalatel rõhkudel, ilma et ionisatsioon oleks seganud efekti. Teatavasti kulub aga energia põhiseisundis oleva elavhõbeda aatomi ioniseerimiseks 10,4 elektronvolti energiat.

Mainitud puuduste tõttu ei olnud kasutuselolnud elektronitoru abil võimalik täpselt jälgida ergutuspotensiaale, mis on suuremad, kui 4,9 volti. Nimelt asub vahemikus 5 - 9 volti võrdlemisi lähestikku rida ergutuspotensiaale, milliste esiletoomiseks ei piisanud elektronitoru lahutusvõimest. Ka nõuab vastavate tasemete ergutamine kõrgemat elektronide algenergiat, mistõttu hakkab segama ionisatsioon.

Kõrgemate energiatasemete ergutamine tekitas katsel erilise efekti. Kui tõsta pidevalt elektronide algenergiat,

kujuneb kõigepealt välja nullekstreemum ja hiljem ekstreemum 4,9 voldi kohal. Edasi aga lähtub 4,9 voldi juurest veel üks ekstreemum, mis liigub elektronide algenergia suurendamisel teiste ekstreemumite suhtes järjest suuremate U_A väärtuste poole. Selline "rändav ekstreemum" on pildistatud fotol  (V_3).

Nähtus on seletatav järgmiselt: Ergutusfunktsiooni kujust joonisel 1. on näha, et elektronide algenergia tõstmisel mingi ekstreemumi kõrgus algul kasvab, saavutab maksimumi ja hakkab siis kahanema. Kui on olemas ligistikku rida ekstreemumeid, nagu antud juhul, siis nad üksteise järele, väiksemate potentsiaali väärtuste poolt alates, kujunevad välja ja peale maksimumi saavutamist kahanevad uuesti. Väikese lahutusvõimega toru korral tekib mingisugune efektiivne ekstreemum, mille asendit mõjustab kõige enam see energiatase, mille ergutusfunktsioon antud tingimuses omab domineerivat tähtsust. Aruseadavalt oleneb selle efektiivse ekstreemumi asend elektronide algenergiast.

Ergutuspotentsiaale oli katseil võimalik määrata kolm:

$$V_k = 1,5 \text{ volti}$$

$$V_1 = 2,3 \text{ volti}$$

$$V_2 = 4,9 \text{ volti}$$

Ergutuspotentsiaali 1,5 volti olemasolu oli kindlaks tehtav juhul, kui elektronide algenergia oli üle 8 elektron-

voldi. (vt. foto XI). Tema üksikud mõõtmised andsid tulemu-
 si, mis erinesid kuni 0,3 voldi võrra keskmisest väärtusest.
 Teadaolevail andmeil on sellise ergutuspotentsiaali olemas-
 olu märgitud ainult ühe uurija, Vetterlein'i poolt (vt. kirj.
 13.). Nagu see autor kindlaks tegi, kuulub antud neeldumi-
 ne tõesti elavhõbeda karakteristikasse, sest ta kaob auru-
 de kõrvaldamisel elektontorust. Väga tunduv mõõtmistulemuse
 kõikumine (1,2-1,8) antud katsel tekitab kahtluse, kas ka
 siin pole tegu mõne "rändava ekstreemumiga". Kahtlus on se-
 da enam põhjendatud, et viimatimainitud uurija aparatuur ei
 suutnud vastavat ekstreemumit hästi lahutada nullekstreemu-
 mist ja mõõtmine ei saanud seetõttu olla täpne. Tõenäoselt
 on siin tegemist energia vahetusega juba varem ergutatud
 aatomi ja elektroni vahel.

Ergutuspotentsiaali 2,3 volti olemasolu võib ainult
 oletada, sest tema ligidal esineb antud tingimuses nähta-
 vasti veel teisi ergutuspotentsiaale. Vastava ekstreemumi
 (V_1) esinemist on märgata fotodel IV, V, VII, XIII, XIV ja XV.
 Üsiki mõõtmiste tulemused leiduvad fotode juures.

Kui selline ergutuspotentsiaal tõesti antud tingimuses
 esineb, siis peaks ta vastama üleminekule $6^3P_2 - 7^3S_1$, mis
 annab intensiivse roheline spektraaljoone $\lambda = 546 \text{ m}\mu$ ja
 millisele lainepikkusele vastava kvandi energia on 2,28 elek-
 tronvolti. See spektraaljoon tekib üleminekuga energiatase-
 melt, mille ergutuspotentsiaal on 7,7 volti, (vt. kirj. 14.)
 metastabiilsesse seisundisse, mille ergutuspotentsiaal on

5,4 volti. Seega peaks vaadeldav neeldumine kujutama metastabiilses seisundis oleva aatomi ergutamist. Et neeldumine 2,3 elektronvolti võiks toimuda, peab küllaldane osa auru aatomeist olema neelanud energia 5,4 elektronvolti, mis saab aga toimuda alles siis, kui elektronide algenergia on tõstetud 5,4 elektronvoldini ja voolutihedus torus on küllalt suur. Seda asjaolu kinnitas katse tööpoolest. Ekstreemum 2,3 voldi juures tekkis alles peale 4,9 voldi juures oleva ekstreemumi väljakujunemisest ja ainult suurematel voolutihedustel. Põhjus, miks just neeldumine 2,3 elektronvolti on domineeriv paljude analoogsete võimaluste seas, peitub tõenäoselt metastabiilsete seisundite erakordselt suures püsivuses.

Et elektrilise spektri vaatlused on toimunud ikka väikestel voolutihedustel, siis 2,3-elektrovoldise neeldumise kohta kasutatud allikais andmeid ei ole. Käesoleva katse proviisorse iseloomu tõttu ei saa sellise neeldumise olemasolu pidada muidugi veel tõestatuks.

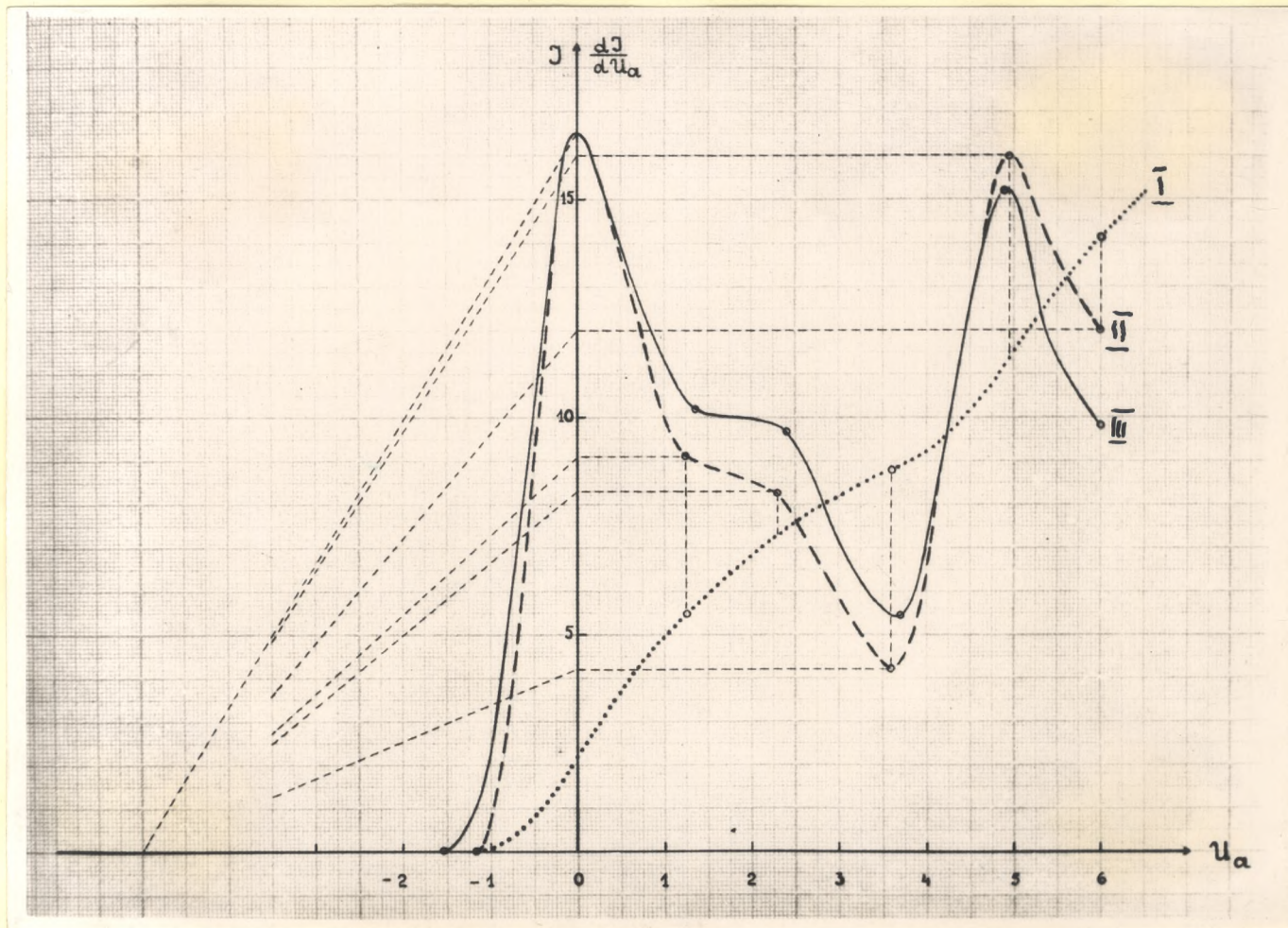
Ergutuspotentsiaali 4,9 volti kujutav ekstreemum on teine silmapaistvam ekstreemum nullekstreemumi kõrval. Tema asendi mõõtmised andsid võrdlemisi vähe erinevaid tulemusi, mispärast teda oli sobiv kasutada U_A -telje ühiku määramiseks. Eri tingimustes teostatud üksikmõõtmiste tulemused on märgitud vastavate fotode juurde. Mõõtmiste keskmine tulemus on 4,94 volti, ehk kui arvestada, et siin pole ^eni mindud kaugemale kümnendikvoldi täpsusest, siis

- 4,9 volti. Selle ergutuspotensiaali loomus on füüsikas üldtuntud.

Mõõtmiseks kasutatud meetodi täpsuse hindamiseks oli tingimustes, mis valitsesid ostsillogrammi ~~XII~~ saamisel, mõõdetud veel anoodvoolu tugevuse olenevus anoodpingest galvanomeetri abil. Paralleelselt oli teostatud siis $N(U_A)$ määramine kahel viisil: esiteks voolutugevuse kõvera graafilise diferentsimise teel, nagu seda tehakse tavaliselt, ning teiseks - ostsillogrammi 8. mõõtmisega ja mõõtmistulemuste läbiarvutamisega valemi (6) abil.

Neil eri meetodeil saavutatud mõõtmistulemused on esitatud joonisel 10. Kõver I kujutab galvanomeetriga relatiivseis ühikuis mõõdetud anoodvoolu tugevuse olenevust anoodpingest. Kõver II on saadud kõvera I graafilisel diferentsimisel. Kõver III on määratud ostsillogrammi 8. järgi. Relatiivsed ühikud on valitud selliselt, et mõlemal meetodil saadud $N(U_A)$ graafikute nullekstreemumid langeksid kokku. Kõverate punktid, mis on vastavuses, on tähistatud ~~ristkriipsukestega~~ ringikestega.

Kõverate karaktersemate punktide abstsisside vastavus on üldiselt hea, suuremad on erinevused ordinaatide vahel. Nagu joonise lähem vaatlus näitab, ei ole graafilise diferentsimise ebatäpsuse tõttu võimalik otsustada, kumma meetodi arvele tulevad panna erinevused.



Joonis 10.

6. LÕPPMÄRKUSED.

Eeliseiks, mida esitatud meetod võiks pakkuda, on mõõtmiste ülevaatlikkus ja lihtsus ühelt poolt ja automaatse diferentsimise suurem usaldatavus graafiliste meetoditega võrreldes teiselt poolt.

Uuritava gaasi „elektriline spekter“, mida diskreetsel mõõtmisel võib kindlaks määrata peale suure arvu lugemise tegemist ja graafilise diferentsimise teostamist, on käesoleval juhul kogu mõõtmiste kestel ekraanil. See võimaldab kiiresti leida sobivaid katsetingimusi ja mõõta ainult olulist. Spektri jäädvustamine fotol kestab mõne minuti.

Automaatse diferentsimise paremused peaksid ilmneks, kui spektris on nõrku aga küllalt teravaid ekstreemumeid, milliseid saadakse suurema lahutusvõimega elektronitoru abil ja missugusel juhul graafilised meetodid on eriti ebatäpsed. Kasutatud elektronitoru lahutusvõime oli väike ja saadud kõverad lamedad, seepärast ei ole tehtud katsetel olulist erinevust tulemustes, mis saavutati kummalgi meetodil.

Saadud kogemuste põhjal võib arvata, et antud meetodil põhjeneva küllalt täpse mõõtmisseadeldise valmistamine on võimalik. Erilised nõuded, mis sel juhul tuleb seada mõnedele üksikosadele, ei ole kaugeleulatuvad. Suurema hulga mõõtmiste teostamiseks peaks olema aparatuuri ehitamine tasuv.

Märkus: Käesolev töö valmis TRÜ Füüsikainstituudis augusti kuul 1950.a. ja jäi esialgu diplomitööna vormistamata. Aastatel 1951.-53. avaldati ajakirjanduses Leningradis teostatud uurimuste tulemused elavhõbeda-auru gaaslahenduse alalt. / I/ Докл. АН СССР, 76., №2., 215./1951/; 2/ Докл. АН СССР, 92., №2., 296. /1953/; 3/ ЖТФ, 23., №5., 894. /1953/; 4/ Малышев Г. М. /автореферат диссертации/, ЛГУ /1953/. /.

Elektronide kiiruste jaotuse fikseerimiseks foto-
graafilisel teel kasutasid uurijad (Ю. М. Коган, В. Л. Федоров, Г. М. Малышев, Л.А. Гаваллас) meetodit, mis on analoogne eelpolesitatuga. Käesoleva töö autor ei olnud töö valmimise ajal teadlik nendes uurimustes.

Г. М. Малышев.

K i r j a n d u s .

1. Н. А. КАПЦОВ - "Электрические явления в газах и вакууме" - ГТТИ, 1947.
2. Л. А. СЕНА - "Столкновения электронов и ионов с атомами газа" - ГТТИ, 1948.
3. Э. В. ШПОЛЬСКИЙ - "Атомная физика" I, II - ГТТИ, 1950.
4. FRANCK, HERTZ - Ver. d. Dtsch. Phys. Ges.- 16., S. 457., 1914.
5. Дж. СТРОНГ - "Практика современной физической лаборатории" - ГТТИ, 1948.
6. КЕЙ, ЛЭБИ - "Справочник физика-экспериментатора" - Издательство Иностранной Литературы, 1949.
7. И. ШИНТЛЬМЕЙСТЕР - "Электронная лампа как прибор для физических измерений" - ГТТИ, 1949.
8. А. PÖDRUS - "Elektrovaakuumseadised" - Ped.Kirj., 1949.
9. В. Ф. ВЛАСОВ - "Электровакуумные приборы" - Связьиздат, 1949.
10. А. ISOTAMM - "Raadioamatööri käsiraamat" - Ped.Kirj.1950.
- II. ЭСПЕ, КНОЛЬ - "Технология электровакуумных материалов" - Оборонгиз, 1949.
12. ГЕРМАН, ВАГЕНЕР - "Оксидный катод" - ГТТИ, 1949.
13. VETTERLEIN - Ann. d. Phys. - 35., S. 251., 1939.
14. HERTZ - Zsf. Phys. - 27., S. 312., 1924.

Резюме.

Одной из возможностей изучения процессов, происходящих в атомах вещества, является бомбардировка газообразного вещества электронами. Установив изменения кинетической энергии электронов при столкновениях с атомами вещества, можно сделать выводы об энергетических процессах в атоме. Проблема сводится обычно к задаче — определить распределение энергий электронов, прошедших через газ.

Для нахождения распределения вышеупомянутых энергий нужно измерить зависимость силы проходящего через газ электрического тока (J) от напряженности тормозящего электрического поля (E) помещенного на пути электронов.

Далее производят дифференцирование полученной функции $J=f(E)$, обычно графическим методом. Но определение графика силы тока требует много времени, и графическое дифференцирование сравнительно неточно.

В данной работе мы пытаемся представить метод, который делает возможным непосредственно фотографировать с экрана осциллографа искомую функцию распределения энергий.

В работе представлены результаты измерений произведенных ртутным паром, и графики функций распределения энергий.

Результаты опытов позволяют думать, что целесообразно использовать предлагаемый метод, если желательно производить более значительное число измерений.