

Werk

Label: Article

Jahr: 1932

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?31311028X_0061|log56

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Iontová trubice jako zdroj X-spekter i spekter optických.

V. Dolejšek - V. Kunzl.

Došlo 9. února 1932.

Iontové trubice jsou v poslední době při pracích v roentgen-spektroskopii většinou zatlačovány trubicemi elektronovými. Hlavní výhoda trubic elektronových spočívá v tom, že je v nich možno regulovati intensitu nezávisle na napětí. Proto bylo také v poslední době postaveno jak v technice, tak v laboratořích mnoho nových typů elektronových trubic a udáno mnoho nových konstrukcí trubic vysokovýkonných.

Je již z literatury dostatečně známo, že při iontových trubicích je potřebí určitého postupu při provozu. To znamená, že nejenom můžeme regulovati intensitu pouze pomocí regulace napětí (případně pomocí regulace vakua, což je obojí obtížné), nýbrž musíme postupovati při zvyšování energie určitým způsobem. Tento postup je zvláště důležitý při provozu trubic laboratorních, t. j. trubic nezatavených, z nichž stále čerpáme.

Také při nízkých napětích, jak je z literatury patrné, pracují podle dosavadních názorů elektronové trubice lépe než trubice iontové. Ač Moseley v r. 1914 při svých základních pracích v oboru X-spekter používal iontových trubic i pro vlny velmi dlouhé, není dosud z literatury známo, že by iontové trubice pracovaly výhodně pro nižší napětí než napětí asi 20000 V. To znamená, že pokud se s iontovými trubicemi pracovalo v oboru delších vln, používalo se vždy daleko vyššího napětí nežli bylo pro tyto vlny zapotřebí. Z toho důvodu používá se dosud elektronových trubic též při nízkých napětích, přesto, že při nízkých napětích jsou zvýšeny nevýhody elektronových trubic, neboť udržení dostatečné intensity vyžaduje v důsledku klesajícího proudu sytnosti přehřavení spirály. Již při středním napětí v oboru středních vlnových délek vzniká v trubicích laboratorních (které nemohou býti nikdy tak dokonale vyčerpány jako trubice technické) v dosti značné

míře rozprašování spirály a tím znečištění antikatomy. Při nízkých napětích, jak bylo zmíněno, vlivem přezhavení spirály nastává zvýšení znečištění. V oboru dlouhých délek vlnových je toto znečištění pak daleko více na překážku nežli v oboru středních délek vlnových, neboť absorpce dlouhovlnného záření na antikatomě je daleko větší a i nepatrná vrstva vzniklá rozprašováním spirály může úplně zameziti výstup dlouhovlnného záření.

Aby zabránil znečištění antikatomy, vložil Thoraesus¹⁾ mezi katodu a antikatomu tenoučkou folii (s. 322, 26). Folie sice některé elektrony zabrzdí, resp. sníží jejich rychlost, ale tomu se dá odpomoci tím, že se rozdíl potenciálu mezi antikatomou zvýší tak, aby zvýšení odpovídalo ztrátě. Nevýhodou tohoto zařízení je, že folie velikého zatížení nesnese a že není dobře možná fokusace. Z uvedeného důvodu čistoty antikatomy používá se ve středním oboru vlnových délek pro metalografické účely ještě stále iontových trubice (typu Siegbahn-Hadding, Debay-Hull, Seemann, Philips).

Jinak než Thoraesus pokusil se Södermann²⁾ odstraniti nedostatky elektronových trubice při nízkých napětích tím, že použil zařízení Lilienfeldova.³⁾ Jeho pokusy ukázaly, že je možno takovým zařízením obejít přezhavení spirály a tím zameziti zvýšenému rozprašování. Avšak i při tomto zařízení, s nímž Södermann dosáhl skvělých výsledků v dlouhovlnném oboru roentgenových paprsků, byla pro získání roentgenových paprsků výhodná intenzita omezena na 30 mA.

V iontových trubicích byla v poslední době udána jediná nová konstrukce proti starším uvedeným typům, a to od Sandströma⁴⁾ (Z. f. Ph. 653, 30). Jak Sandström udává, pracuje tato trubice nejlépe při napětí 50—60 tis. V. Jako výhodný obor vlnových délek, v němž tato trubice pracuje, je udáván obor 0.5—3 Å. Tento obor je autory udáván i pro ostatní iontové trubice, o nichž jsme se zmínili.

Jak bylo uvedeno, Moseley⁵⁾ iontovou trubicí principu Kayeho (byla to skleněná trubice toho typu, jako jsou známé technické typy iontových trubice), pracoval i v dlouhovlnném oboru až do 8 Å.

Jeden z nás pokusil se v roce 1930 v P. T. R. (v laboratoři presidenta⁶⁾) vypracovati iontovou trubicí pro nízká napětí. Jako zdroje napětí bylo použito stejnoměrného napětí z dynama anebo z baterie, asi 1600 V při intenzitě 15 mA. Takovou iontovou trubicí

¹⁾ R. Thoraesus, Phil. Mag. 1, 322, 1926.

²⁾ M. Södermann, Phil. Mag. 10, 600, 1930.

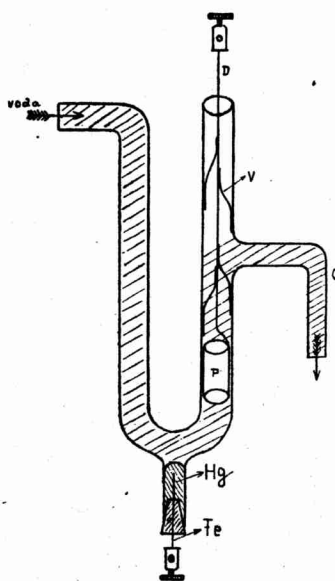
³⁾ J. E. Lilienfeld, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen 18, 256, 1912.

⁴⁾ A. Sandström, Z. S. F. Phys. 65, 632, 1930.

⁵⁾ H. G. J. Moseley, Phil. Mag., 27, 703, 1914.

⁶⁾ V. Dolejšek, C. R. 192, 1088, 1931.

získal při nízkém napětí hlavní linie *K*-serie magnesia a v dlouhovlnném oboru 400 Å linií, které nebylo možno klasifikovati opticky. Poněvadž nutně by to byly musely býti linie optické vyššího řádu, t. j. výše ionisovaných spekter a nižší stupně ionisace při tomto zařízení chyběly, byly tyto linie klasifikovány jako *X*-linie. Výsledky této práce byly publikovány v CR, 192, 1088, 31. Pro provoz



Obr. 1.

trubice užito analogické metody, jaké používá Paschen při provozu trubice s dutou katodou pro spektra optická. Do serie s trubicí byl zařazen vysokohmový regulovatelný vodní odpor s tekoucí vodou (viz obr. 1). Odpor sestává z trubice ve tvaru *U* ohnuté. Trubice je jedním koncem připojena na vodovod. Do druhé poloviny její je zasunut mosazný drát *D*, zakončený prstencem *P* a opatřený vzpruhami *V*, které obstarávají těsný chod drátu *D* v trubicí. Trubicí protéká trvale voda odtékající odtokovou trubicí *O*. Jednou elektrodou je prstenec *P*, druhou je povrch rtuti *Hg* v ohbí trubice. Odpor regulujeme pohodlně v rozmezí 0,5—100 *M* Ω posunem prstence *P*. Odpor snáší trvalé zatížení až 1 Amp.

Je nutno podotknouti, že Sandström současně nezávisle ve své práci o iontové trubicí používá též vysokohmového silitového odporu za účelem udržení stability výboje.

Analogie metody Paschenovy spočívala v tom, že do trubice bylo vpuštěno něco helia. Toto helium mohlo jedině štěrbinou projít do spektrografu, který byl udržován na vakuu. Helium, které se dostalo zmíněnou štěrbinou do spektrografu, bylo vývěvou čerpáno (cirkulováno) zpět do trubice přes promývací láhev s tekutým vzduchem. Vpouštění helia jako náplně trubice za účelem regulace intenzity ukázalo se velmi výhodným. Trubice s heliem pracovala při provozu klidněji nežli na př. se vzduchem. O postupu a regulaci vakua jinými plyny zmíníme se později.

Avšak jestliže intenzita v trubici byla zvyšována z 10 mA na 200, nebyly výsledky vždy reprodukovatelné. Na př. exponován snímek po několik hodin při intenzitě 10 mA. Když se pak zvýšila intenzita na 200 mA, nepodařilo se dostatí linie silněji; dokonce naopak při zvýšení intenzity i doby expozice byly výsledky mnohdy daleko slabší.

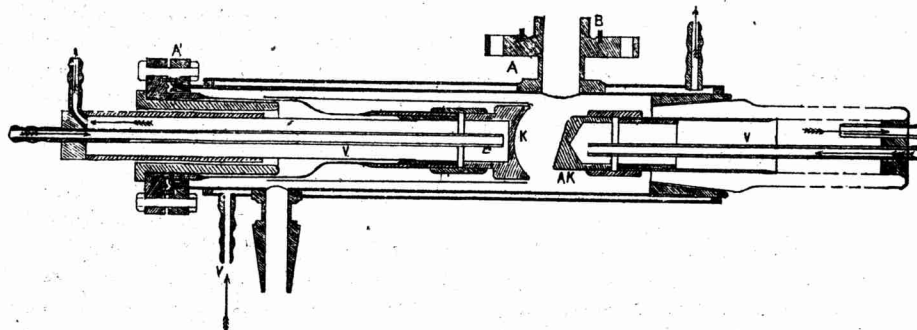
Jak se později ukázalo, zjev, že výsledky nebylo vždy možno reprodukovati, byl způsoben nestejnou ekonomikou trubice vzhledem k X-paprskům při různých intenzitách. Proto jsme se pokusili zatížení trubice systematicky zvyšovati, a to tak, aby při tom bylo udrženo ekonomické zužitkování, s nímž trubice při malých intenzitách pracuje.

Abychom dosáhli větší ekonomie, pracovali jsme současně na dvou aparaturách. Jednou z nich byl vakuový spektrograf typu Siegbahnova s mřížkou krystalu, druhou vakuový spektrograf typu Osgoodova s Rowlandskou mřížkou, který bude blíže popsán v některé z příštích prací.

Při těchto pokusech s iontovou trubicí při nízkém napětí se především ukázalo, že katoda je daleko více namáhána nežli anti-katoda. Z toho důvodu a zároveň za účelem, aby bylo dosaženo pokud možno reprodukovatelných výsledků a klidného provozu trubice, bylo zavedeno pokud možno nejintenzivnější chlazení katody. Dále se ukázalo, že měď jako nosič katody, která byla zhotovena z alumina, nestačí k tomuto účelu. Rovněž kytování těchto míst na katodě bylo pokud možno odstraněno, a to za tím účelem, aby nebylo snad takové místo katody tak namáháno, aby mohlo způsobovati nereproduktivnost zmíněných výsledků.

Jako nejlepší materiál katody, a ovšem též materiál pro celou trubicí, ukázala se slitina chromového železa. Z tohoto materiálu zhotovila nám firma Müller v Hamburku speciální trubice. (Na tomto místě děkujeme firmě C. A. F. Müller a inž. Halberstadtovi za ochotu, se kterou vycházeli vstříc našim přáním, při konstrukci trubice). Poněvadž je možno chromové železo přímo se sklem ztavití, mohou též odpadnouti všechna kytování. Zvláště na malých místech bylo konusové těsnění pomocí mazu nahrazeno

za účelem udržení větší čistoty těsněním olovněným podle Otta⁷⁾ a Halberstata. Tím způsobem bylo docíleno toho, že u téže trubice bylo možno očekávat vždy stejně reprodukovatelné výsledky, aniž by některá místa elektrod nebo trubice byla tak namáhána, že by při zvětšení energie způsobovala potíže. Na př. při velkém zatížení trubice s elektrodami magnesiiovými našli jsme na železném nosiči předestilované krystalky magnesia, ačkoliv celá katoda z vnějšku zůstala netknuta i s hlavní plochou katody, kde byla nejvíce namáhána.



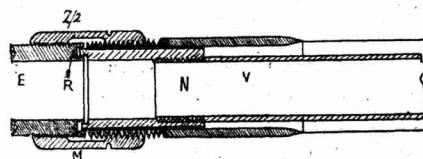
Obr. 2.

Z prací Güntherschulzeových je patrné, že v optických trubicích je možno dostati reprodukovatelné výsledky jenom tehdy, když rozdělání teploty v iontových trubicích je vždy stejné. Tak mnozí autoři obdrželi už při zkoumání napětí v optických trubicích různé výsledky prostě proto, že nedočkali tohoto rovnovážného stavu, který nastane při dostatečném chlazení elektrod po určité době výboje. K tomu, aby ten rovnovážný stav nastal též při větší užití energie, směřovala celá konstrukce trubice.

Konstrukce trubice je patrna z obrazce 2. Jak obraz ukazuje, má trubice podélný tvar, a to takový, jakého se nyní používá při trubicích elektronových. Je též možno výměnou katody trubice použítí jako trubice elektronové. Se spektrografem je trubice spojena nástavcem *A* s olovným těsněním *B*. Na nástavci *A* je upevněna katoda *K*. Antikatoda *AK* je utěsněna zábrusem, poněvadž toto těsnění umožňuje snadnou výměnu antikatody a ukázalo se dostatečným, protože okolí antikatody není do té míry namáháno jako obě dříve zmíněná okolí katody a šterbiny spektrografu. Přes to použili jsme ku těsnění antikatody pro chlazení výhodnějšího zábrusu vnitřního. Celá trubice je chlazená vodou. Aby bylo možno elektrody pokud možno nejučinněji chla-

⁷⁾ H. Ott, Phys. ZS., 27, 598, 1926.

diti a při tom také lehce vyměňovati, použili jsme konstrukce patrné z obr. 3. Elektrody jak katoda, tak antikatoda se skládají ze 2 částí. Jednou částí je nosič elektrody *N*, druhou vlastní elektroda *E*. Nosičem je železná trubice, natavená na jednom konci na sklo, na druhém opatřená závitem *Z*. Druhá část, vlastní elektroda, je tímto nosičem spojena vzduchotěsně následujícím způsobem: Nosič má na jednom konci, jak již zmíněno, vnější závit *Z* v stoupání 1.2 mm a vpředu je opatřen břitem, který zapadá do rýhy *R* na zadní straně vlastní elektrody, na př. aluminiové katody nebo antikatody. Tato vlastní elektroda je opatřena vnějším závitem téhož smyslu $\frac{1}{2}Z$ podobně jako nosič, avšak o stoupání



Obr. 3.

jiném (v našem případě 0.6 mm), než je stoupání závitu nosiče. Do rýhy *R* je vložen olověný kroužek. Obě části jsou dohromady stahovány stahovací matkou *M*, která je opatřena oběma příslušnými vnitřními závity. Vhodnou volbou rozdílu stoupání docílíme k dostatečnému stlačení olova nutného tlaku a tím vzduchotěsného spojení obou částí, aniž by se při stahování měnila vzájemná poloha zmíněných částí. Současně je tedy možno antikatomě i katodě dáti libovolnou polohu. Tohoto způsobu těsnění je možno užití i při velmi malých dimensích jak obou těsněných částí, tak prostoru, který je v trubici k dispozici. Kromě toho je výhodou, že, jak bylo zmíněno, je možno elektrody utěsniti v libovolné poloze. Tato konstrukce má též tu velikou výhodu, že chlazení *W* dosahuje co možno nejbliže ke vlastní namáhané ploše elektrod, a že je možno tímto způsobem i kovy, které není možno letovati, jako na př. aluminium a j., snadno bezvadně utěsniti, při čemž, jak bylo podotknuto, chlazení zasahuje až do vlastního materiálu elektrody.

Na katodu je nasunuta skleněná nebo porcelánová trubice, která celou délku katody až k jejímu kraji pokud možno těsně obepíná. Tato isolační trubice zabraňuje především výboji mezi katodou a kovovou stěnou trubice. Trubice je zhotovena z chromového železa. Z trubice konstruované z tohoto materiálu můžeme velmi rychle odstraniti veškeré stopy znečištění, jako kyslík nebo uhlovodíky.

Poznámka: Čistota této trubice byla též vyzkoušena, když s ní bylo pracováno jako s elektronovou trubicí. Pokusili jsme se totiž

emisi wolframové žhavicí spirály při nízkých napětích zvýšiti působením par magnesiových na wolframový drát. Magnesium bylo ve vakuu postranním konusem předestilováno v nepatrných množstvích na spirálu po předběžném odstranění všech stop plynů. Při tom se dostavil i při velmi sníženém žhavení značný vzrůst emise, avšak jen tehdy, když byly odstraněny veškeré stopy plynů. Tak na př. při napětí 2000 V měnila se emise spirály o tloušťce 0·200 mm a intenzita topného proudu následujícím způsobem:

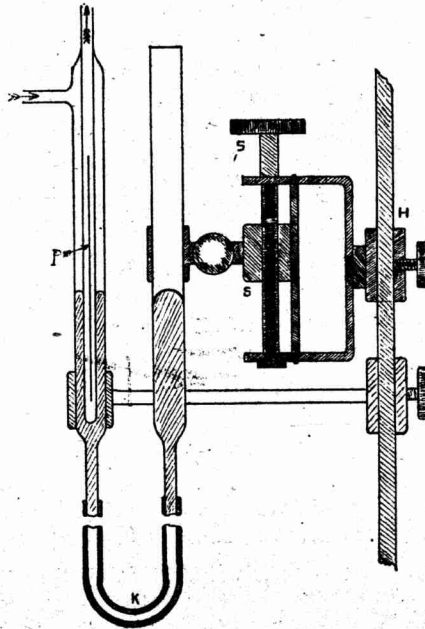
Spirála čistá	napětí 2000 V,	žhavení 4·5 A,	emise 2 mA.
Magnesiiovými parami			
atakovaná spirála	„ 2000 V,	„ 4·4 A,	„ 100 mA,
„ „	„ 2000 V,	„ 1·8 A,	„ 10 mA.

Avšak prakticky jsme toho zatím nemohli využít, neboť emisivita takové spirály byla velmi nestabilní v důsledku zmíněné závislosti na přítomnosti stop plynů, na př. kyslíku v trubici. Analogické, avšak ještě větší než působení par magnesia na spirálu wolframovou, je působení calciových par. Spirála, na niž působily calciové páry, emituje při žhavicím proudu ještě nižším a mocněji, avšak emise je ještě méně konstantní než emise wolframové spirály. V tomto případě emise zanikla, jestliže na spirálu působily stopy kyslíku a dokonce i tehdy, když působily na spirálu ve stavu studeném. Z toho důvodu není zatím možno něco bližšího říci o užitečnosti těchto pokusů pro zvýšení emise v elektronových trubiciích při nízkých napětích. Též není možno dobře srovnati emisi t. zv. oxidových spirál. Podáváme zde tento příklad pouze jako doklad docílené čistoty v uvedené trubici. Také jsme nedostali použitím elektr. trubice s takto zpracovanými spirálami tak světelných spekter jako s trubicí iontovou, jak později uvedeme. Přesto se zdá, že má tato trubice pro zcela nízká napětí jisté výhody.

Druhá v našich pracích použitá trubice (podobná výše uvedené trubici) byla zhotovena z obyčejného železa. Také tato trubice se velmi osvědčila při malém volumu trubice, malé vzdálenosti štěrbin od antikatody a nízkých napětích 1000—2000 V.

Vakuum iontové trubice jsme regulovali částečně zvláště konstruovaným jehlovým ventilem, ponejvíce však ventilem skleněným s rtuťovým uzávěrem. Tento ventil je znázorněn na obr. 4. Do skleněné trubice je shora vtávena užší trubice, zatavená na spodním konci. Vnitřní trubice má podélný prask *P*. Vnější je gumovou trubicí připojena na jinou skleněnou trubicí, v níž se nachází rtuť. Zvedáním resp. snižováním druhé trubice se mění délka volné části prasku. Jemná regulace se děje šroubem *S*, hrubá na stativu *H*. Tím způsobem je možno ve velmi širokých mezích jemně regulovati vakuum v iontové trubici, což je pro klidný chod

trubice velmi důležité. Případné rtuťové páry se mohou odstranit vymrazením kyselinou uhličitou nebo tekutým vzduchem. Jemná regulace je také velmi důležitá proto, že, jak uvedeno, trubice má velmi malý volum, při němž je potřeba regulace jemnější než při volumu velkém.



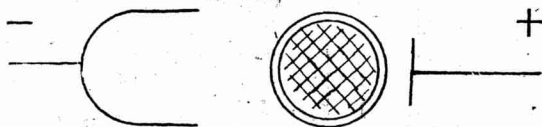
Obr. 4.

V pozdějších pokusech bylo též kromě vysokohmového odporu (případně místo vysokohmového odporu) použito s úspěchem tlumivky, a to z toho důvodu, že při změnách výboje v trubici (nestabilitě) vznikají vysokofrekvenční kmity. Jako zdroje proudu použili jsme transformátoru pro 2×2000 V eff. a 4 kVA s dvojcenným usměrňovačem s dvěma usměrňovacími trubicemi. Pro měření napětí použili jsme elektrostatického voltmetru.

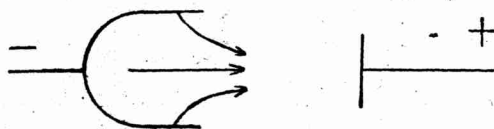
Uvedenou trubicí zatížili jsme až 500 mA. Přesto nemohli jsme ani tentokrát zvyšováním proudu v trubici docílit většího výtěžku na X-záření, podobně jako při našich prvních pokusech, při nichž jsme intenzitu zvyšovali z 10 mA až na 200 mA. Dokonce při velkých intenzitách se neobjevily žádné X-linie. Naproti tomu ukázaly se při těchto pokusech optické linie oboru délek vlnových

200—1500 Å. Tak se objevilo na snímcích několik členů serie 303 Å ionisovaného helia, ač nebylo zobrazeno žádné místo známé jako opticky výhodné.

Tyto pokusy ukázaly, že zvyšováním intenzity v iontové trubici mění se charakter výboje a sice, že nastává při zvýšené intenzitě takový výboj, jaký je znám z trubice Paschenovy s dutou katodou. Trubice s dutou katodou byla studována Schülerem⁸⁾ a dále propracována Günther-Schulzem,⁹⁾ Frerichsem¹⁰⁾ a Sawyerem.¹¹⁾ Výboj v Paschenově duté katodě sestává z intenzivního negativního doutnavého světla, obklopeného negativním temným prostorem



Obr. 5a.



Obr. 5b.

uvnitř duté katody. Tento tvar výboje (který při 400 V dává velmi světelná prvá a druhá spektra optická) závisí při daných dimensích katody od jakosti plynu a tlaku. Tvar výboje je přeložení negativního doutnavého světla dovnitř duté katody. Nastává náhle, a to též tehdy, když dutá katoda je uzavřena na jedné straně anebo částečně též na druhé. Katoda může ležeti uvnitř anody, což však není bezpodmínečně nutné. Jak jsme zjistili, nastávají podobné podmínky při změně tvaru výboje v iontové trubici při napětích asi 2000 V, neboť katodě iontové trubice je dán za účelem fokusace elektronů tvar se strany uzavřené duté katody.

Aby vznikly röntgenovy paprsky na antikatódě, je však nutno udržeti v iontové trubici normální tvar výboje (obr. 5b), který odpovídá spádu měřenému.

Je tedy nutno zabrániti přeskočení negativního doutnavého světla do vnitřku duté katody, jak je patrné z obr. 5 a. Že oba tvary výboje při téměř tlaku mohou existovati a že anomální výboj uvnitř duté katody — nastal-li jednou — je stabilnější, ukázal Schüler ve zmíněné práci. Při malých intenzitách v ionto-

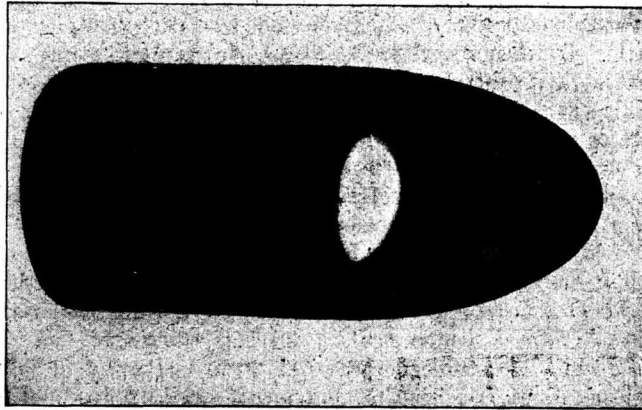
⁸⁾ H. Schüler, Phys. ZS. 22, 264, 1921; ZS. f. Phys. 35, 323, 1926.

⁹⁾ A. Gütherschulze, ZS. f. Phys., 19, 313, 1923.

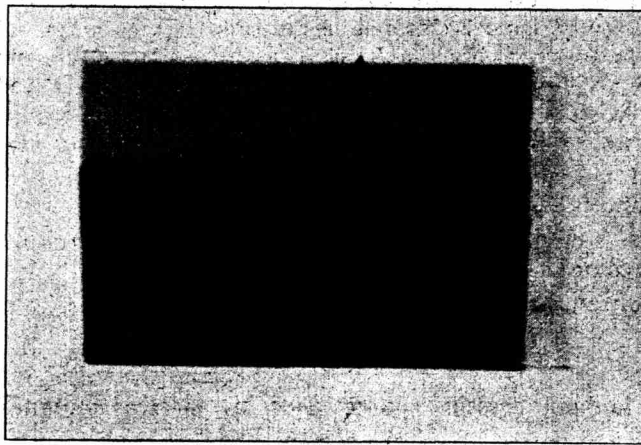
¹⁰⁾ R. Frerich, Ann. d. Phys., 85, 49, 1928.

¹¹⁾ R. A. Sawyer, Phys. Rev. 36, 44, 1930.

vých trubicích je možno snadno udržeti normální katodový spád. Jestliže zvyšujeme intenzitu, nastává v iontové trubici spád anomální, výboj používaný v Paschenově trubici k získání optických spekter.* Důležité jest, že při změnách výboje se napětí na trubici



Obr. 6.



Obr. 7.

* Pz. Zajímavé je, že v druhém vydání Spektroskopie d. Röntgenstrahlen 1931, Siegbahn nazývá katodu v iontové trubici dutou katodou. Proč, blíže nevysvětluje.