

Obr. 5.7 znázorňuje výbojku používanú v spektroskopii. Pretože v nej kladný svetelný stĺpec vzniká vo veľmi úzkej rúrke, má veľkú plošnú svietivosť. Premieta sa pomocou spojnej šošovky na štrbinu spektroskopu.

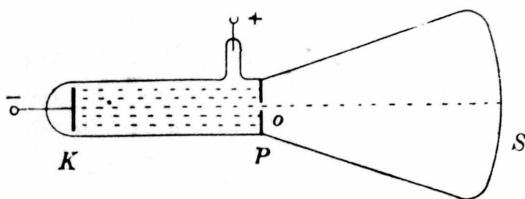
5.4. Katódové, kanálové a Röntgenove lúče. Katódové lúče objavil I. W. Hittorff r. 1869, názov im dal E. Goldstein r. 1876. Štúdiom katódových lúčov sa podrobne zaoberal najmä Crookes, ktorý zistil aj väčšinu ich význačných vlastností, nezávislých ani od plynu, ktorý vo výbojovej trubici ostal, ani od materiálu katódy. Tieto vlastnosti sú: 1. Katódové lúče vystupujú kolmo z katódy a šíria sa priamočiario, ako to dokazuje známy pokus s Crookesovým krížom. Je to spôsobené tým, že elektrické siločiarly sú na povrch katódy kolmé ako aj tým, že intenzita elektrického poľa je len v tesnej blízkosti elektród veľká (pozri *obr. 5.3*). Cez okienko zhotovené z veľmi tenkej hliníkovej fólie (*Lenardovo okienko*) katódové lúče môžu byť vyvedené z výbojovej trubice do okolitého vzduchu, ktorý silne ionizujú, pri prechode cez kovovú fóliu sa však silne rozptyľujú. 2. Miesto, na ktoré katódové lúče dopadajú, sa silne zohrieva. 3. Pôsobia na prekážky mechanickým tlakom. 4. Vzbudzujú fluorescenciu (napríklad skla) a fosforescenciu (smaragdu, rubínu, kazivca a niektorých iných nerastov). 5. Účinkujú na fotografickú dosku. 6. V elektrickom a magnetickom poli mení sa ich smer tak, ako smer pohybu záporných bodových nábojov. Touto svojou vlastnosťou sa katódové lúče podstatne líšia od svetelných lúčov.

Crookes sa pôvodne domnieval, že katódové lúče sú rýchle sa pohybujúce záporné ióny plynu, ktorý vo výbojovej trubici ešte ostal. Až J. J. Thomson správne usúdil (1897), že katódové lúče sú tvorené rýchle sa pohybujúcimi elektrónmi. Ku vzniku katódových lúčov vo výbojovej trubici obsahujúcej veľmi zriedený plyn dochádza v dôsledku termoelektrónovej emisie na povrchu katódy, ktorej teplota je zvýšená prudko na ňu dopadajúcimi kladnými plynnými iónmi.

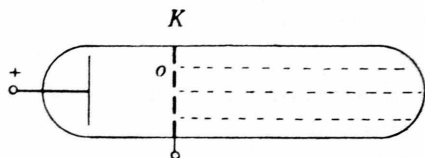
Lepšie ako v obyčajnej výbojovej trubici možno vlastnosti katódových lúčov skúmať v *Braunovej trubici*, ktorá má tvar znázornený na *obr. 5.8*. V ceste katódových lúčov vznikajúcich na rovnej katóde *K* stojí v Braunovej trubici sklená priečka *P* s malým otvorom *o*. Týmto otvorom prechádzajúci úzky zväzok katódových lúčov vytvára na fluorescenčnom tienidle *S* svietiacu stopu. Keď sa k trubici priblížime napríklad so severným pólom permanentného magnetu tak, že indukčné čiary, ktoré vychádzajú z magnetu, smerujú kolmo za nákresnú rovinu, na elektróny katódových lúčov začne účinkovať sila $\mathbf{f} = -e(\mathbf{v} \times \mathbf{B})$, ktorá spôsobí, že sa zväzok katódových lúčov vychýli dolu. Prejaví sa to zmenou polohy svietiacej stopy na fluorescenčnom tienidle.

Objav katódových lúčov, ktorých náboj je záporný, viedol ku skúmaniu,

či nejestvujú azda podobné lúče, ktoré nesú kladný elektrický náboj. Takéto lúče objavil Goldstein r. 1886 v mierne vyčerpanej výbojovej trubici tvaru znázorneného na obr. 5.9, ktorej katóda K bola vystrojená dierkami (kanálikmi) o . Keď v trubici bol výboj, z týchto otvorov vychádzalo žltkasté žiarenie, smerujúce nie k anóde, ale od nej. Goldstein ho nazval *kanálovým žiarením*.



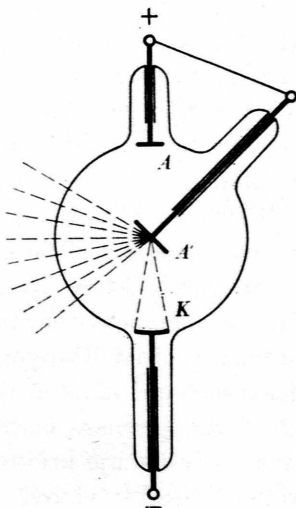
Obr. 5.8.



Obr. 5.9.

ním. Pomocou úchyliek v poli elektrickom aj magnetickom sa zistilo, že kanálové žiarenie nesie síce kladný elektrický náboj, nie je to však úplná obdoba katódového žiarenia. Rýchlosť kanálových lúčov pri rovnakom napätí na elektródach výbojovej trubice je podstatne menšia než rýchlosť katódových lúčov. Okrem toho ich vlastnosti (najmä ich merný náboj q/m) sú závislé od plynu, ktorý vo výbojovej trubici ostal. Z toho vyplýva, že kanálové lúče sú tvorené rýchle sa pohybujúcimi kladnými plynovými iónmi. Pre svoj kladný náboj, v dôsledku čoho sa pohybujú v smere od anódy, kanálové lúče sa dnes nazývajú aj *anódovými lúčmi*.

W. C. Röntgen objavil r. 1895, že pevné prekážky, na ktoré dopadajú katódové lúče, stávajú sa zdrojmi ďalšieho žiarenia, vyznačujúceho sa schopnosťou prechádzať aj cez nepriehľadné látky. Pretože vlastnosti tohto žiarenia boli úplne nové, doteraz nepozorované, záhadné, Röntgen nazval žiarenie *lúčmi X*. Zdrojom Röntgenových lúčov bolo najskôr sklo výbojovej trubice v mieste ležiacom proti katóde. Pretože toto miesto sa silne zahrieva, tzv. (plynom plnené) *Röntgenove lampy* boli neskoršie upravené inakšie (obr. 5.10). Katóda K dostala tvar dutého guľového vrchlíka, aby sa katódové lúče, ktoré z nej vychádzajú, sústreďovali do jedného bodu. V tomto mieste sa nachádza v lampe s jej anódou A spojená medená alebo volfrámová *antikatóda* A' . Katódové lúče dopadajú na ňu šikmo. Z bodu antikatódy, kam dopadajú katódové lúče, šíria sa *Röntgenove lúče* na všetky strany.



Obr. 5.10.

Čím väčšia je rýchlosť elektrónov v katódovom žiarení, ktorá je určená napätím, vloženým na röntgenovu lampu, tým sú vznikajúce Röntgenove lúče *tvrdšie*, t. j. tým ľahšie prechádzajú cez nepriehľadné látky. Pri malej rýchlosti elektrónov vznikajú, naopak, *mäkké* Röntgenove lúče, ktoré sú ľahko pohlcované aj ľudským telom, v ktorom vyvolávajú škodlivé účinky.

Práve tak, ako katódové lúče, aj Röntgenove lúče sa šíria vo vzduchu prázdnote pozdĺž priamok, vyvolávajú živú fluorescenciu a fosforescenciu, pôsobia na fotografickú dosku a silne ionizujú plyny, z antikatódy Röntgenovej lampy vystupujú však na všetky strany. Podstatný rozdiel medzi katódovým a Röntgenovým žiarením spočíva v tom, že na Röntgenove lúče nepôsobí ani elektrické pole, ani magnetické pole, čo znamená, že nie sú to rýchle sa pohybujúce častice nesúce nejaký elektrický náboj.

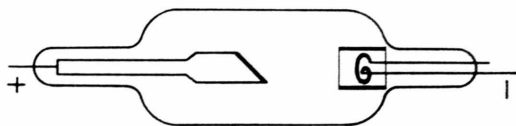
Röntgen sa pôvodne domnieval, že ním objavené lúče sú pozdĺžnym vlnením hypotetického svetelného éteru, čo sa však nepotvrdilo. Fyzikálnu povahu röntgenových lúčov správne a v úplnej zhode so všetkými neskoršími objavmi vysvetlili G. Stokes a J. J. Thomson, podľa ktorých Röntgenove lúče sú elektromagnetickým vlnením. Od svetla sa líšia len tým, že ich vlnová dĺžka je omnoho menšia. Podľa toho, či sú to lúče tvrdé alebo mäkké, ich vlnová dĺžka sa mení asi od 0,01 do 10 m μ .

Rozličné látky pohlcujú Röntgenove lúče nerovnako, pričom táto ich schopnosť je vlastnosť atómová. Schopnosť jednotlivých prvkov pohlcovať Röntgenove lúče sa zväčšuje s ich atómovou hmotnosťou. Na tom spočíva používanie Röntgenových lúčov v lekárstve. Kostí obsahujúce vápnik o atómovej hmotnosti 40 pohlcujú Röntgenove lúče omnoho silnejšie než svalstvo, ktoré obsahuje predovšetkým ľahké prvky (H, C, N, O). Na fluorescenčnom tienidle zhotovenom z kyanidu platnato-bárnateho BaPt(CN)₄ alebo z volfrámanu vápenateho CaWO₄, prípadne na röntgenograme fotograficky získanom vytvára sa tieňový obraz kostí v polotieni svalstva. Mäkké Röntgenove lúče sa v lekárstve používajú na terapeutické účely. Zvlášť tvrdé lúče sa používajú v technickej praxi na hľadanie chýb v kovových odliatkoch a vo zvaroch.

Röntgenove žiarenie je málokedy monochromatické, t. j. vyznačujúce sa jedinou vlnovou dĺžkou. Najčastejšie sa skladá z tzv. *žiarenia impulzového (nárazového)*, ktoré závisí od rýchlosti elektrónov, dopadajúcich na antikatódu, a zo *žiarenia charakteristického*, závislého aj od materiálu antikatódy. Impulzová časť Röntgenovho žiarenia má svoju príčinu v náhlom zabrzdení elektrónov pri ich dopade na antikatódu, čím sa elektrické a magnetické pole ich okolia premení čiastočne na vlnenie elektromagnetické. Toto vlnenie sa však nevyznačuje určitou vlnovou dĺžkou, ale v istom rozsahu sú v ňom zastúpené všetky vlnové dĺžky, takže impulzové Röntgenove žiarenie možno prirovnať k bielemu svetlu.

Druhá časť Röntgenovho žiarenia, žiarenie charakteristické, je vydávané atómami antikatódy, ktoré boli aktivované elektrónmi dopadajúcimi na antikatódu. Charakteristické Röntgenove žiarenie má čiarové spektrum, t. j. je to superpozícia elektromagnetických vlnení s celkom určitými vlnovými dĺžkami. Spektrum Röntgenovho žiarenia získal ako prvý M. Laue r. 1912 ohybom (difrakciou, pozri 1.7.7) tohto žiarenia na prirodzenej priestorovej mriežke tvorenej pravidelným usporiadaním atómov v kryštáloch.

V obyčajnej, tzv. *iónovej* Röntgenovej lampe vodičom prúdu je veľmi zriedený plyn. Pri veľkom zriedení pre vznik katódových, a teda aj Röntgenových lúčov je potrebné, aby na elektródach lampy bolo dosť vysoké napätie, takže v iónovej lampe vznikajú pomerne tvrdé Röntgenove lúče, avšak s malou intenzitou, lebo odpor lampy je veľký, a teda primárny elektrónový prúd slabý. Pre účely vedecké aj praktické je potrebné, aby tvrdosť a intenzitu Röntgenových lúčov bolo možné meniť spôsobom od seba nezávislým. Tejto požiadavke vyhovujú len Röntgenove lampy dokonale evakuované, vybavené však katódami žeraviteľnými elektrickým prúdom z pomocného zdroja (obr. 5.11). Takáto Röntgenova lampka je vlastne najjednoduchšia elektrónová lampka (elektrónka) pre vznik Röntgenovho žiarenia vhodne dimenzovaná a upravená; vo všeobecnosti — pretože má len dve elektródy — nazýva sa *diódou*.



Obr. 5.11.

5.5. Elektrónky. Elektrónky (elektrónové lampy) sú založené na termo-elektrónovej emisii (pozri čl. 5.1), ktorú objavil Edison¹⁾ pri svojich pokusoch so žiarovkou. Edison zistil r. 1883, že vo vzduchoprázdnej elektrickej žiarovke môže prechádzať pomerne dosť silný prúd smerom od kovovej dosky, ktorá bola do žiarovky vpravená, k rozžeravenému uhlíkovému vláknu, keď potenciál dosky je pozitívnejší než aspoň krátky úsek vlákna. Schéma zapojenia príslušného pokusného zariadenia je na obr. 5.12. Edisonov poznatok použil pri konštrukcii diódy J. A. Fleming r. 1904.

Dióda v najjednoduchšom prípade je veľmi dobre evakuovaná sklená banka

¹⁾ Thomas Alva Edison (1847—1931), americký vynálezca a podnikateľ. Ako 12 ročný chlapec bol predavačom novín, potom novinárom a telegrafným úradníkom. Pritom sa zaoberal fyzikou a mechanikou. Od 21. roku svojho veku venoval sa úplne svojej činnosti vynálezcu. So svojimi spolupracovníkmi získal asi 1 300 patentov, medzi nimi asi 20 základného významu (telegraf, písací stroj, fonograf, mikrofón, žiarovka, dynamo, filmovací aparát, akumulátor, helikoptéra a m. i.)