

## 5. MĚŘENÍ PRVNÍHO TOWNSENDOVA KOEFICIENTU

### Úvod

Elektron, urychlený elektrickým polem může způsobovat ionizaci v případě, že jeho energie je vyšší než ionizační energie molekul nebo atomů plynu, v němž se pohybuje.

Je-li  $n$  počet elektronů v místě  $x$ , pohybujících se ve směru osy  $x$ , pak podél dráhy  $dx$  vytvoří tyto elektrony srážkami dn nových elektronů. Platí

$$dn = n \alpha dx \quad (1)$$

Zde koeficient úměrnosti  $\alpha$  se nazývá první ionizační koeficient Townsendův.

Integrací (1) dostáváme  $n = n_0 e^{\alpha x}$ , kde  $n_0$  je počet elektronů v místě  $x = 0$ .

Koeficient  $\alpha$  závisí ovšem na intenzitě elektrického pole  $E$ , urychlujícího elektronu mezi dvěma srážkami, a ovšem též na tlaku plynu  $p$ . ( $E$  určuje energii elektronů získanou na střední volné dráze  $p$  pak velikost střední volné dráhy.)

Na poměru  $\frac{E}{p}$  tedy závisí, zda srážka elektronu bude ionizační. Dále, jeli  $\frac{E}{p}$  dáno,  $\alpha$  bude úměrno počtu srážek na 1 cm dráhy, můžeme tedy psát

$$\alpha = p f\left(\frac{E}{p}\right) \quad (2)$$

Townsend zjednodušil řešení počtu ionizačních srážek tím, že předpokládal, že každá srážka je ionizační v případě, že  $\lambda_e > \lambda_i$ , kde  $\lambda_i$  je střední volná dráha mezi ionizujícími srážkami.

Je-li  $N$  počet srážek na 1 cm dráhy, pak pouze v  $N e^{-\frac{\lambda_i}{\lambda_e}}$  případech elektron proběhne dráhu  $\lambda > \lambda_i$  a bude ionizovat. Můžeme tedy psát

$$\alpha = N e^{-\frac{\lambda_i}{\lambda_e}}$$

Nahradíme-li nyní  $\lambda_i = \frac{U_i}{E}$  a  $\lambda_e = \frac{1}{N}$ , dostáváme

$$\alpha = N e^{-\frac{NU_i}{E}}$$

Označíme-li počet srážek na 1 cm dráhy při jednotkovém tlaku  $N_0$ , můžeme psát

$$\frac{\alpha}{p} = N_0 e^{-\frac{N_0 U_i}{E}} \cdot p \quad (3)$$

Experimentální výsledky ukazují, že i v obecném případě lze závislost na  $E$  psát ve formě

$$\frac{\alpha}{p} = A e^{-\frac{Bp}{E}} \quad (4)$$

kde  $A$  a  $B$  jsou jisté konstanty.

Experimentálně můžeme stanovit hodnotu konstant  $A$  a  $B$  a tím i závislost  $\alpha = f\left(\frac{E}{p}\right)$ .

### M ě ř e n í

Svazek elektronů, vznikajících fotoemisí z katody vlivem ultrafialového záření urychlujeme homogenním elektrickým polem. Elektrony při průchodu plynem způsobují ionizaci. Proud, tekoucí mezi kladnou mřížkou a katodou závisí na vzdálenosti elektrod. Změříme závislost celkového proudu výbojkou na vzdálenosti elektrod při konstantním poměru  $\frac{E}{p}$ . Serie těchto měření, provedená pro několik hodnot  $\frac{E}{p}$  nám umožní stanovit  $A$  i  $B$ .

### E x p e r i m e n t á l n í u s p o ř á d á n í

Rtuřovou výbojkou osvětlujeme hliníkovou rovinnou katodu. Fotoelektrony jsou urychlovány homogenním elektrickým polem a výsledný proud je sbírán mřížkou. Katodu je možno posouvat a tím měnit dráhu elektronů, podél níž dochází k ionizaci.

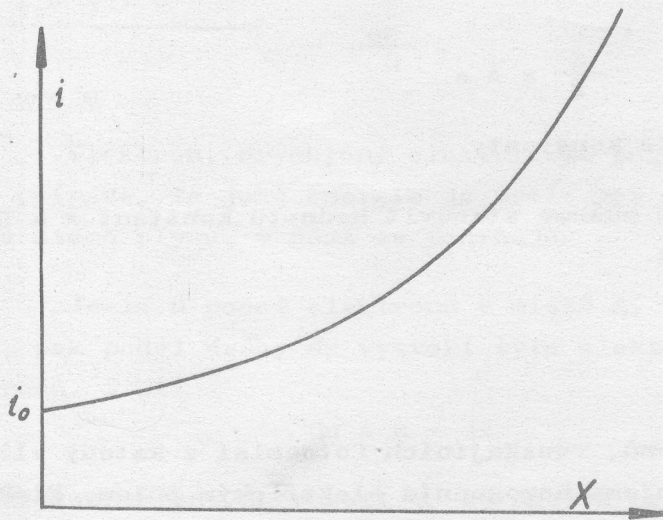
Výbojku čerpáme vakuovou aparaturou, sestávající z rotační vývěvy a vývěvy difusní. Plníme ji na požadovaný tlak spektrálně čistým plynem ze skleněné láhve. Tlak měříme zkráceným olejovým manometrem. Před vlastním plněním vyčerpáme aparaturu na mezní tlak a několikrát propláchneme inertním plynem. Mezi elektrody vkládáme stejnosměrné napětí a dbáme na to, aby ve výbojce nevznikl samostatný výboj (maximální intenzita elektrického pole 200 V/cm).

Měření koeficientu  $\alpha$  provádíme tak, že stanovujeme závislost celkového proudu na vzdálenosti elektrod při konstantní intenzitě elektrického pole  $E$  a při konstantním tlaku  $p$ . Proud závisí na vzdálenosti elektrod vztahem

$$i = i_0 \cdot e^{\alpha x}$$

Vyneseme do grafu závislost  $i = i_0 f(x)$  a  $\ln i = \ln i_0 + \alpha x$ . Z těchto grafů stanovíme  $i_0$  a  $\alpha$ . Průběh závislosti  $i = f(x)$  je vyznačen na obr. 1.

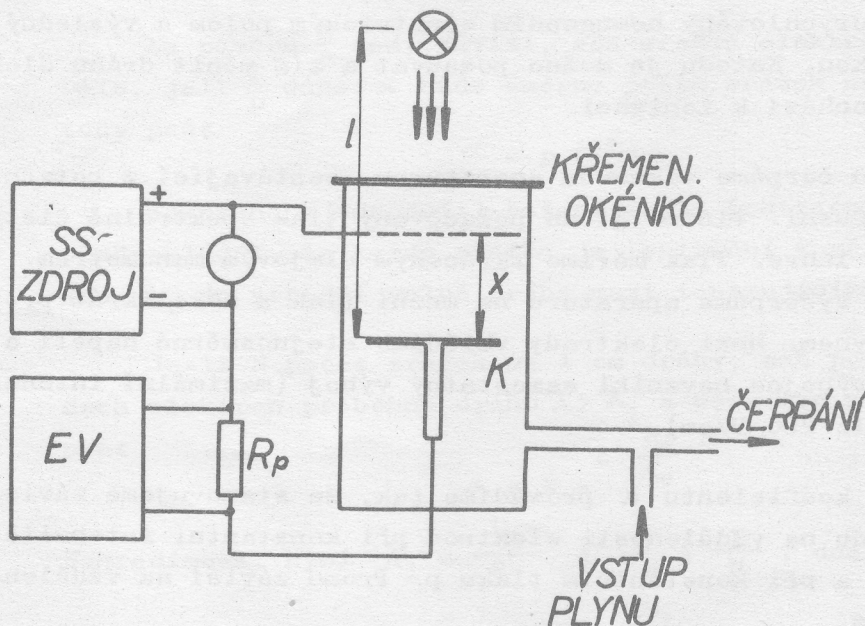




Obr. 1 Závislost proudu  $i$  na vzdálenosti elektrod.

Tato měření opakujeme pro několik  $\frac{E}{p}$ . Z této série měření můžeme sestavit graf. závislosti  $\ln \frac{\alpha}{p} = f\left(\frac{E}{p}\right)$ .

Tato závislost musí být podle (4) lineární a můžeme z ní určit obě konstanty  $A$  i  $B$ . Měření budete provádět v zapojení, uvedeném na obr. 2.



Obr. 2 Aparatura pro měření koeficientu  $\alpha$ .

Ú k o l :

Proveďte měření závislosti  $i = f(x)$  pro daný tlak plynu ve výbojce a pro 5 hodnot intenzity elektrického pole ve výbojovém prostoru z intervalu  $E \in [30 \text{ V/cm}; 200 \text{ V/cm}]$ . Vyneste do grafu závislosti  $i = f(x)$ ,  $\ln i = g(x)$  a  $\ln \frac{i}{p} = f\left(\frac{p}{E}\right)$  a stanovte z nich  $\lambda$ ,  $i_0$ , A a B.

L i t e r a t u r a :

1. V.L. Granovskij: Električeskij tok v gaze, Moskva 1962.
2. E.O. Johnson, L. Malter: Phys. Rev. 80 (1950), 58.
3. N.A. Kapcov: Elektronika, Moskva 1954.
4. M. Fitaire: Physique des Milieux ionisée, Orsay 1965.