

## Străpungerea gazelor în curent continuu – curbele lui Paschen

### Considerații teoretice

Un gaz ar fi izolator perfect dacă nu ar conține purtători de sarcină liberi (electroni și ioni). Datorită factorilor ionizanți naturali (radioactivitate, radiație cosmică, etc.) aerul conține aprox.  $10^{-2}$  –  $10^{-3}$  electroni (ioni)/ $\text{cm}^3$ , ceea ce îi conferă o conductibilitate de aprox.  $10^{-16} \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ .

În aceste condiții, la aplicarea unor tensiuni electrice mici unui tub de descărcare (zeci sau sute de volți, în funcție de forma și dimensiunile tubului de descărcare și a electrozilor, de natura și presiunea gazului din tub), prin acesta se va stabili un curent electric având o intensitate foarte mică ( $< 10^{-11}$  A).

La tensiuni mai mari, se constată apariția unor fenomene luminescente însoțite de o creștere bruscă a intensității curentului electric. Aceste fenomene poartă denumirea de „străpungere” a gazului, în tubul de descărcare obținându-se o descărcare luminescentă în curent continuu, la presiune subatmosferică.

Cunoașterea condițiilor concrete în care poate fi obținută o astfel de descărcare este esențială pentru alegerea generatorului de tensiune și a parametrilor geometrici ai tubului de descărcare.

Astfel, la presiuni subatmosferice, cele două procese fundamentale care contribuie semnificativ la străpungerea gazului și la transformarea sa într-o descărcare autonomă sunt:

- ciocnirile electron – atom, proces caracterizat de primul coeficient TOWNSEND  $\alpha$  (numărul mediu de perechi electron-ion formate de un electron pe unitatea de drum, pe direcția câmpului electric)
- emisia electronică secundară a catodului la bombardament cu ioni pozitivi, caracterizat cu ajutorul coeficientului de emisie secundară  $\gamma$  (numărul mediu de electroni emiși pentru un singur ion incident pe catod)

Acești coeficienți sunt funcție de câmpul redus  $E_s/p_0$ , unde  $E_s (= V_s/d_s)$  este intensitatea câmpului electric la care are loc străpungerea;  $V_s$  este tensiunea de străpungere,  $d_s$  este numită distanța de străpungere iar  $p_0$  este presiunea gazului la  $0^\circ\text{C}$ . Dependența lor de raportul  $E_s/p_0$  (sau  $V_s/p_0d_s$ ) este descrisă de relațiile:

$$\alpha = \Psi(V_s/p_0d_s) \cdot p_0$$

$$\gamma = \chi(V_s/p_0d_s)$$

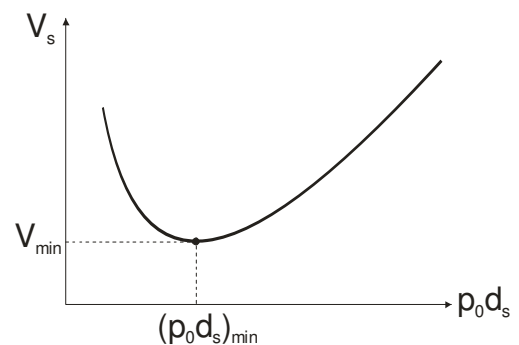
În interpretarea lui Townsend, descărcarea devine autonomă (nu va mai depinde de sursele ionizante externe și se poate menține în prezența câmpului electric aplicat) dacă coeficienții  $\alpha$  și  $\gamma$  satisfac egalitatea:

$$\gamma \cdot [\exp(\alpha \cdot d_s) - 1] = 1$$

Astfel, ținând cont de dependența celor doi coeficienți, această relație devine:

$$\chi(V_s/p_0d_s) [\exp(\Psi(V_s/p_0d_s) \cdot p_0d_s) - 1] = 1$$

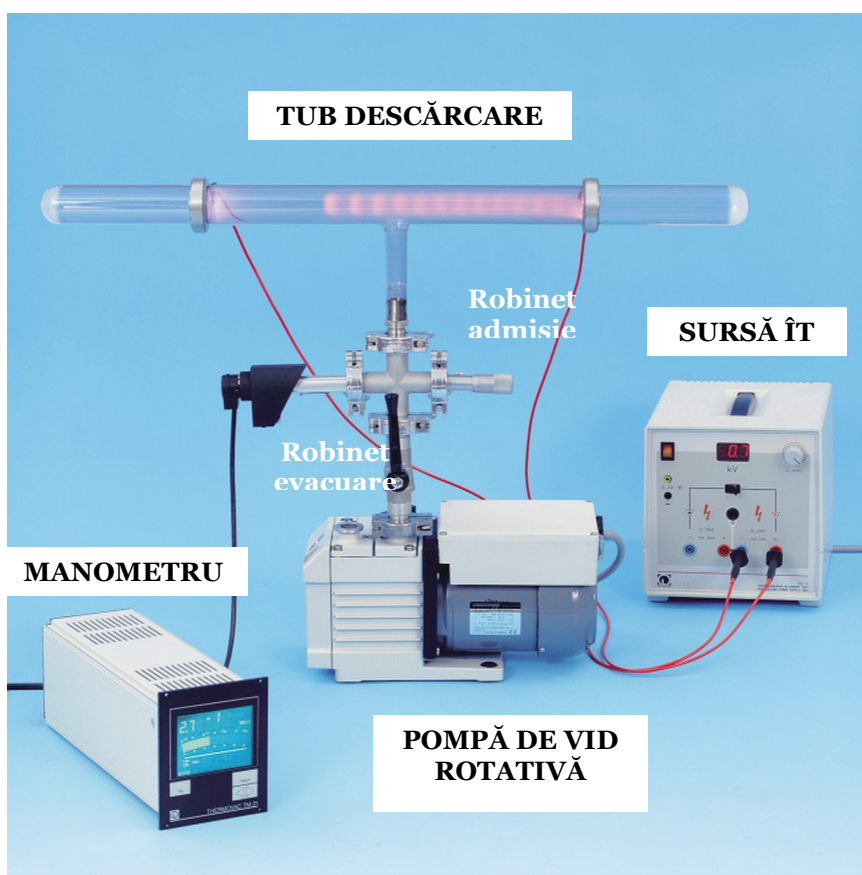
din care rezultă că potențialul de străpungere  $V_s$  depinde numai de produsul  $p_0d_s$ . Această relație se mai numește și **legea lui Paschen**. Exprimarea matematică a lui  $V_s$  în funcție de  $p_0d_s$  este deosebit de dificilă din cauza formei complicate a funcțiilor  $\chi$  și  $\Psi$ . Din acest motiv ea se rezolvă grafic (curba Paschen).



Se poate observa că pentru o anumită valoare a distanței reduse gazul poate fi străpuns (descărcare amorsată) aplicând o diferență de potențial minimă ! Forma curbei Paschen poate fi interpretată din punct de vedere fizic în modul următor:

- la valori mici ale produsului  $p_0d_s$ , datorită concentrației scăzute a particulelor neutre, frecvența de ciocnire electron+neutru este mică și este necesar un câmp electric intens pentru mărirea vitezei electronilor și deci pentru mărirea probabilității de ionizare prin ciocniri electron-neutru
- la valori mari ale produsului  $p_0d_s$ , datorită creșterii densității de particule, scade drumul liber mediu al electronilor, astfel încât pentru ca între două ciocniri un electron să acumuleze o energie cinetică cel puțin egală cu energia de ionizare a particulelor neutre sunt necesare câmpuri electrice intense
- valoarea minimă a potențialului de străpungere va fi obținută pentru acea valoare a produsului  $p_0d_s$  pentru care între două ciocniri electronul dobândește o energie cinetică egală cu energia de ionizare a particulelor neutre

### Dispozitivul experimental



### Mersul lucrării

Considerăm mediul descărcării aerul la diferite presiuni subatmosferice (distanța dintre electrozii descărcării este fixă !).

Ridicarea punct cu punct a curbei Paschen pentru diferite valori ale presiunii aerului din tubul de descărcare se face în modul următor:

- se măsoară distanța dintre electrozi
- se pornește pompa de vid și se lasă să funcționeze până la obținerea unei presiuni de aprox. 0.03 mbar, după care se închide robinetul tubului și se oprește pompa

- se măsoară tensiunea la care are loc străpungerea spațiului de descărcare pentru diferite presiuni între presiunea minimă care se poate realiza și presiunea maximă la care se mai poate amorsa descărcarea, presiuni care se pot obține cu un reglaj fin al robinetului de admisie.
- se reprezintă grafic  $V_s = f(p_0, d_s)$  și se determină potențialul minim de străpungere în condițiile experimentale date

**Observații, recomandări:**

- intervalului de presiuni situat între presiunea minimă (aprox. 0.03 mbar) și 0.25 mbar i se va acorda o atenție sporită. În acest interval se vor face minimum 10 măsurători.
- momentul străpungerii se detectează cu ajutorul unui miliampermetru, el fiind însoțit de un salt brusc al intensității curentului prin tub. Se recomandă folosirea unui instrument analogic pentru a identifica mai ușor creșterea consumului de curent în momentul amorsării descărcării.
- tensiunea de alimentare va fi variată de la 0 V în sens crescător până la atingerea valorii de străpungere.
- după fiecare determinare tensiunea se reduce la zero, între două determinări așteptându-se câteva minute necesare revenirii gazului în regim staționar.