

Laborator de Fizica

**STUDIUL EFECTULUI FOTOELECTRIC SI DETERMINAREA
CONSTANTEI LUI PLANCK**

I. Scopul lucrării

- Studiul emisieii de electroni de către o suprafață metalică sub acțiunea luminii.
- Determinarea constantei lui Planck, h , din caracteristica curent-tensiune a unei celule fotoelectrice.
- Calcularea sensibilității, S acestei celule pentru radiații luminoase de diferite lungimi de undă.

II. Considerații teoretice

Efectul fotoelectric constă în emisia de electroni de către un corp (metalic) sub acțiunea luminii. Descoperit de Hertz (1887), efectul fotoelectric a fost explicat de Einstein (1905), atestând caracterul corpuscular al luminii. Efectul fotoelectric poate fi studiat cu următoarea experiență ușor realizabilă (fig.1.).

În balonul de sticlă vidat sunt dispuși doi electrozi; catodul K format dintr-un strat de metal fotosensibil (Cesiu, Rubidiu) și un anod A format dintr-un inel sau sferă metalică, dispus la o anumită distanță de catod.

Luminând catodul K cu un fascicul de lumină monocromatică, în anumite condiții de frecvență și intensitate, galvanometrul G indică un curent fotoelectric în circuitul exterior. Intensitatea acestui curent este influențată de diferența de potențial dintre cei doi electrozi. Acest dispozitiv care realizează transformarea energiei radiante în energie electrică se numește celulă fotoelectrică. Variind condițiile în care are loc experiența (diferența de potențial, iluminare) s-au stabilit următoarele legi ale efectului fotoelectric exterior:

1. Efectul fotoelectric apare numai dacă frecvența luminii incidente este mai mare decât o valoare limită ν_0 (caracteristică metalului fotosensibil) numită frecvență de prag al efectului.

2. Energia cinetică a fotoelectronilor emiși variază liniar cu frecvența radiației incidente și nu depinde de intensitatea acesteia.

3. Numărul fotoelectronilor emiși în unitatea de timp depinde numai de intensitatea radiației incidente și nu depinde de frecvența ei.

Explicația acestor legi experimentale a fost dată de A. Einstein folosind o ipoteză îndrăznească prin care admite că lumina este emisă în mod discontinuu și se propagă sub formă concentrată de cuante de energie numite *fotoni*. Energia unui foton este:

$$\varepsilon = h\nu \quad (1)$$

unde h este constanta lui Planck. Deci, față de ipoteza lui Planck care admite că lumina emisă de sursă în mod discontinuu se propagă prin spațiu sub formă de unde electromagnetice, Einstein consideră că la propagarea în spațiu lumina se comportă mai degrabă ca o particulă decât ca o undă. Einstein arată

legătura cantitativă dintre energia cinetică a unui fotoelectron și frecvența luminii incidente, prin relația:

$$h\nu = L_e + \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

cunoscută ca ecuația lui Einstein.

unde:

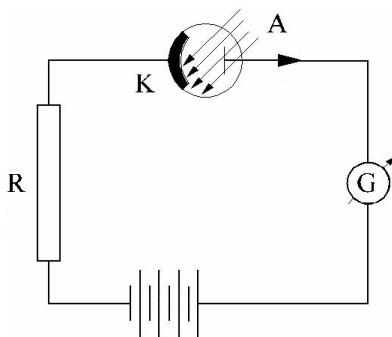
L_e este lucrul de ieșire (extrakție) al electronului prin bariera de potențial de la suprafața metalului, iar $\frac{mv^2}{2}$ este energia cinetică a fotoelectronilor emiși.

Rezultă că dacă $h\nu < L_e$ electronul nu poate părăsi suprafața corpului solid. Dacă toată energia fotonului se cheltuiește în lucrul de ekstrakție L_e , viteza de ieșire a fotoelectronilor va fi nulă, în acest caz avem:

$$h\nu = L_e \quad \text{sau} \quad h\nu = eU_0 \quad (2)$$

unde ν_0 este frecvența la prag iar eU_0 este bariera de potențial.

Fotoelectronii emiși sub acțiunea luminii monocromatice incidente cu $\nu > \nu_0$ închid circuitul prin dispozitivele fotoelectronice. Intensitatea curentului fotoelectric crește odată cu tensiunea aplicată electrozilor până la o valoare limită numită curent de saturație, când toți electronii emiși de catod sunt captați de anod. Caracteristica curent-tensiune este redată în figura 2. Din figură rezultă existența unui



fotocurent la tensiune nulă, curent care se mai menține chiar și la o tensiune negativă (+ la catod, - la anod). Aceasta se explică prin faptul că fotoelectronii emiși au inițial o energie cinetică proprie care le permite să învingă o anumită tensiune de negativare a anodului și reușesc să închidă circuitul. Valoarea diferenței de potențial $U = U_f$ pentru care curentul fotoelectronilor se anulează se numește potențial de frânare. În acest caz:

$$\frac{mv^2}{2} = eU_f \quad (3)$$

Înlocuind relația (3) în ecuația lui Einstein (1) și particularizând pentru două frecvențe diferite ν_1 și ν_2 cu două potențiale de frânare U_{f1} și U_{f2} obținem:

$$\begin{aligned} h\nu_1 &= L_e + eU_{f1} \\ h\nu_2 &= L_e + eU_{f2} \end{aligned} \quad (4)$$

Prin scăderea acestor relații putem calcula valoarea constantei lui Planck:

$$h = e \frac{U_{f1} - U_{f2}}{\nu_1 - \nu_2} = \frac{e}{c} \frac{U_{f1} - U_{f2}}{\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}} = \frac{e}{c} \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (U_{f1} - U_{f2}) \quad (5)$$

III. Metodica experimentală

a) Instalația experimentală

Celula fotoelectrică cu catod de cesiu este alimentată potențiomtric de la o sursă de curent continuu. Diferența de potențial între electrozi se măsoară cu un voltmetru V. O diafragmă reglabilă poate stabili fluxul luminos ce cade pe catodul fotocelulei. Pentru a avea un fascicul incident monocromatic, lumina provenită de la o lampă de cuarț trece printr-un filtru de lumină. Pentru măsurarea curentului fotoelectric se folosește un galvanometru cu spot luminos de mare sensibilitate (1 diviziune = $3,6 \cdot 10^{-8}$ A).

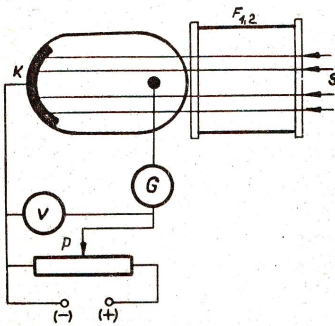


Fig. 3

b) Modul de lucru

1. Se realizează montajul redat în figura 3 cu filtrul F_1
2. Pentru a obține imaginea spotului luminos al galvanometrului se conectează dispozitivul de iluminare al acestuia la $U \cong 6,3$ V.
3. Se conectează lampa de cuarț și se așteaptă amorsarea ei timp de 3 minute; fasciculul obținut se dirijează prin filtrul F_1 spre catodul fotocelulei care este conectat la borna negativă a bateriei exterioare.
4. Se mărește tensiunea aplicată anodului prin intermediul potențiomterului P, iar curentul anodic va prezenta o creștere similară cu cea redată în figura 2 (pentru $U > 0$). Notând valorile fotocurenților obținuți pentru diferite valori ale tensiunii anodice ($0 \div 2,4$) se poate trasa caracteristica $I = f(U)$ pentru $U > 0$.
5. Se schimbă polaritatea electrozilor, anodul fiind negativ față de catod. Drept rezultat acesta va respinge din fotoelectronii emiși de catod. Intensitatea curentului anodic, indicată de galvanometru, se va micșora treptat pe măsura creșterii tensiunii în valoare absolută. Pentru o anumită valoare a tensiunii U_{f1} (tensiune de frânare) curentul anodic va fi egal cu zero (fig.2 pentru valorile $U < 0$). Se vor nota valorile curentului pentru diferite valori ale tensiunii anodice de negativare.
6. Se repetă aceleași măsurători cu filtrul F_2 , găsindu-se o altă valoare U_{f2} a tensiunii, pentru care se anulează curentul anodic.

IV. Rezultatele experimentale

1. Valorile obținute pentru curentul fotoelectric I la diferite valori ale tensiunii se trec în tabelul 1.
2. Se reprezintă grafic $I = f(U)$ pentru cele două filtre F_1, F_2 .
3. Din graficele obținute se determină sensibilitatea celulei fotoelectrice folosind relația:

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta U} \left[\frac{A}{V} \right] \quad (6)$$

Valorile calculate pentru sensibilitatea celulei și constanta lui Planck se trec în tabelul 2.

4. Din extrapolarea porțiunii liniare a caracteristicii curent-tensiune se determină valoarea tensiunii de frânare U_{f1} și U_{f2} .
5. Cunoscând valorile U_{f1} și U_{f2} cu ajutorul relației (5) se determină constanta lui Planck, unde:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Tabelul 1.

$\lambda_1 = 6250 \times 10^{-10} \text{ (m)}$ galben	U (V)	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4
	I (div.)								25				
$\lambda_2 = 6896 \times 10^{-10} \text{ (m)}$ roșu	U (V)	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4
	I (div.)								15				

Tabelul 2.

S_1 (A/V)	S_2 (A/V)	U_{f1} (V)	U_{f2} (V)	h (j.s)	$\Delta h/h$ (%)

V. Calculul erorilor se face după formula:

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{\Delta(U_{f2} - U_{f1})}{U_{f2} - U_{f1}} = \gamma \frac{U_{max}}{U_{f2} - U_{f1}} \quad (7)$$