

LUCRAREA nr. 4

DETERMINAREA CONSTANTEI LUI PLANCK DIN EFECTUL FOTOELECTRIC

Obiectivele lucrării

1. Determinarea experimentală a constantei lui Planck din efectul fotoelectric
2. Determinarea lucrului mecanic de extracție și identificarea materialului din care este confecționat fotocatodul.

Teoria lucrării

Efectul fotoelectric constituie un experiment ce poate fi explicat doar pe baza naturii corpusculare a luminii. Efectul fotoelectric constă în emisia de electroni de către un metal sub acțiunea radiațiilor din domeniul ultraviolet și vizibil. Electronii emiși de metal sunt electroni “liberi” ce provin din banda de conducție a metalului.

Conform ecuației lui Einstein pentru efectul fotoelectric,

$$\nu = L_{ext} + \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (1)$$

fotonul ce cade pe metal este absorbit de către un electron liber (după ciocnire nu avem foton emergent). Energia ν a fotonului se regăsește în lucrul mecanic necesar extracției electronului din metal L_{ext} , iar diferența de energie se regăsește sub formă de energie cinetică a electronului. În formulă apare energia cinetică maximă, $\frac{mv_{max}^2}{2}$, deoarece viteza electronilor va prezenta o distribuție în urma ciocnirilor cu atomi și molecule din mediul exterior.

Energia cinetică maximă a electronilor emiși (fotoelectroni), $\frac{mv_{max}^2}{2}$, poate fi determinată experimental prin aplicarea unei tensiuni de stopare (frânare), U_s pe fotocelulă astfel încât și cei mai rapizi electroni vor fi frânați, iar curentul fotoelectric se anulează (Figura 1). Astfel, putem spune că lucrul mecanic efectuat de câmpul electric al tensiunii de stopare duce la anularea energiei cinetice,

$$eU_s = \frac{mv_{max}^2}{2} \quad (2)$$

În acest caz niciun electron nu mai are energie suficientă ca să străbată spațiul dintre cei doi electrozi ai fotocatodului, astfel încât curentul fotoelectric se anulează.

Înlocuind ecuația (2) în ecuația (1) obținem,

$$v = L_{ext} + eU_s$$

din pe care putem exprima tensiunea de stopare:

$$U_s = \frac{h}{e}v + \frac{L_{ext}}{e} \quad (3)$$

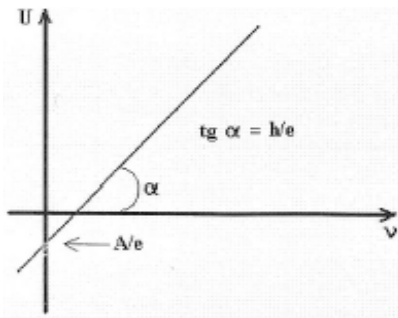


Fig.1

În mod experimental putem determina tensiunea de stopare și de asemenea cunoaștem frecvența luminii folosite la iradiere. Astfel, din graficul tensiunii de stopare în funcție de frecvența radiației (Figura 2), observăm că panta dreptei corespunde valorii $\frac{h}{e}$, de unde putem calcula valoarea constantei lui Planck. De asemenea, ordonata la origine corespunde valorii $\frac{L_{ext}}{e}$, de unde putem determina lucrul mecanic de extracție, specific materialului din care este confecționat fotocatodul.

Descrierea instalației experimentale și a aparaturii utilizate

În lucrarea de față, catodul unei celule fotoelectrice va fi iradiat cu diferite lungimi de undă cunoscute ce provin de la un bec cu vapori de mercur. Pentru determinarea experimentală a constantei lui Planck se realizează schema electrică din Figura 3.

O lampă de mercur cu filtre monocromatice servește ca sursă de lumină.

Atenție: Nu priviți direct în fascicolul de lumină de la lampa cu vapori de mercur și nici în reflexiile sale.

Se cuplează instalația la rețeaua de 220 V. Tensiunea de stopare se stabilește la o sursă de alimentare între 5 și 10 V și se aplică celulei fotoelectrice astfel ca metalul emițător (fotocatodul) să fie legat la polul pozitiv iar anodul la polul negativ.

Intensitatea curentului fotoelectric este dificil de măsurat, fiind o valoare foarte mică (nA), astfel că vom măsura valoare

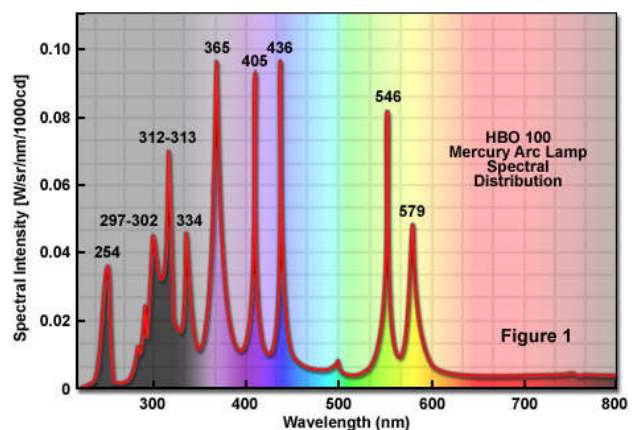
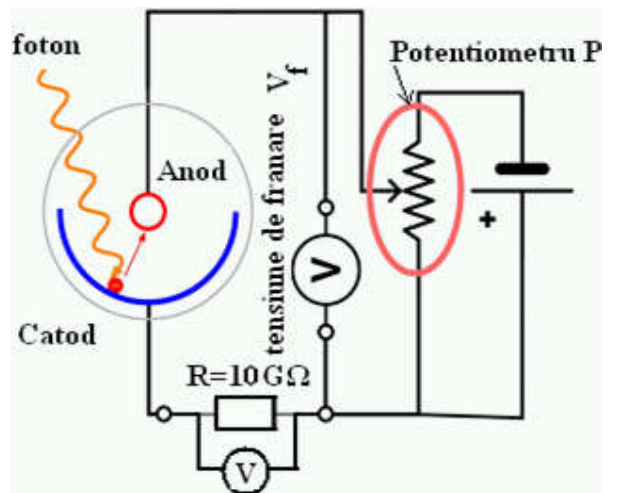


Figura 3. Schema de principiu a montajului experimental. Spectrul de emisie al atomilor de Hg.

căderii de tensiune pe o rezistență cu valoare foarte mare, $R=10\text{ G}\Omega$. Astfel, variem tensiunea se frânare până când căderea de tensiune pe rezistența R devine zero. Citim tensiunea de stopare și o introducem în Tabelul 1.

Modul de lucru

1. Se determină tensiunea de stopare pentru filtrele violet ($\lambda=405\text{ nm}$), albastru ($\lambda=436\text{ nm}$), verde ($\lambda=546\text{ nm}$), galben ($\lambda=579\text{ nm}$). Valorile se trec în Tabelul 1.

Tabel 1.

Nr. crt.	Filtre	λ (nm)	ν (Hz)	U_s (V)	h (J·s)	L_{ext} (eV)
1	violet	405				
2	albastru	436				
3	verde	546				
5	galben	579				

2. Se reprezintă grafic $U_s=f(\nu)$ în aplicația Excel (*Insert Scatter*). Apoi, se selectează punctele de pe grafic și din meniul click dreapta se alege *Add Trendline* cu selectarea opțiunii *Display Equation on chart*. Panta dreptei din ecuația obținută este egală cu valoarea $\frac{h}{e}$, de unde se determină constanta lui Planck h , cunoscând valoarea sarcinii electronului $-1.602 \times 10^{-19}\text{ C}$.

De asemenea, din ecuația dreptei se determină valoarea lucrului mecanic de extracție, L_{ext} .

Pentru valorile h și L_{ext} obținute experimental, se determină eroarea relativă a măsurătorii, exprimată în procente:

$$\text{eroarea relativă} = \frac{|valoare\ reală - valoare\ experimentală|}{valoare\ reală} \cdot 100$$

Lucrul mecanic de extracție al electronilor din metal (materialul fotocatodului) este o caracteristică a materialului. Tabelul 2 exemplifică lucrul mecanic de extracție (A)

pentru câteva substanțe. Se compară L_{ext} obținut experimental cu valorile din Tabelul 2 și se identifică materialul fotocatodului din experimentul efectuat.

Tabelul 2

Substanța	L_{ext} (eV)
Argint	4,28
Aur	4,58
Cesiu	1,89
Cupru	4,47
Nichel	4,84
Zinc	3,74