

DETERMINAREA CONSTANTEI LUI PLANCK DIN STUDIUL EFECTULUI FOTOELECTRIC

Scopul lucrării:

În această lucrare se studiază efectul fotoelectric extern produs pe catodul unei celule fotoelectrice, se măsoară energia cinetică a electronilor ca funcție de frecvența luminii incidente pe catod, și constanta lui Planck h arătându-se că energia cinetică a electronilor este independentă de intensitatea luminii incidente.

Teoria lucrării:

Electronii pot fi emiși de către suprafața anumitor metale prin iradierea acestora cu lumina cu lungimi de undă mici (efect fotoelectric).

Energia electronilor emiși depinde de frecvența ν_0 a luminii incidente, **nu** și de intensitatea acesteia (intensitatea fascicolului de lumina incidentă determină doar **numărul** de electroni liberi emiși!).

Aceste rezultate experimentale contrazic principiile fizicii clasice și au fost interpretate pentru prima dată de către Albert Einstein în 1905. Acesta a postulat faptul că lumina constă dintr-un flux de particule, numite fotoni, a căror energie este proporțională cu frecvența lor

$$E = h\nu$$

Factorul de proporționalitate h din formula anterioară, cunoscut sub numele de constanta lui Planck, este o constantă universală a naturii.

Ecuația de conservare a energiei în procesul de emisie a fotoelectronilor este:

$$E_c = h\nu - L_{extr}$$

(unde E_c este energia cinetică a fotonului emis, iar L_{extr} este lucrul mecanic de extracție al electronilor din metal).

Putem determina constanta lui Planck din punct de vedere experimental prin expunerea unei celule fotoelectrice la lumina monocromatică (lumina care are o singură lungime de undă - spre deosebire de fasciculele luminoase obișnuite, nefiltrate, care prezintă un amestec de lungimi de undă) și măsurarea energiei cinetice a fotoelectronilor emiși.

În figura 1 este prezentată schema experimentului, în care fascicolul de lumina este incident pe catodul dispozitivului (în cazul nostru acesta este un fir de platina plasat pe o suprafață de potasiu).

O parte dintre electronii emiși ajung la anod, unde formează curentul fotoelectric prin circuit.

În cazul în care se aplică un potențial negativ care este crescut treptat asupra fotoelectronilor emiși de către catod, va rezulta o scădere a fotocurentului până la anularea sa.

Tensiunea aplicata, la care acesta se anuleaza poarta numele de tensiune de stopare U_0 .

Atunci cand tensiunea negativa aplicata anodului atinge valoarea XXX, chiar si electronii cu cea mai mare energie cinetica si cel mai mic lucru mecanic de extractie din catod, nu mai pot ajunge la anod.

In cadrul experimentului, tensiunea aplicata pe anod este generata cu ajutorul unui condensator care este incarcat de catre electronii incidenti pana la tensiunea U_0 (asa cum se arata in figura 1).

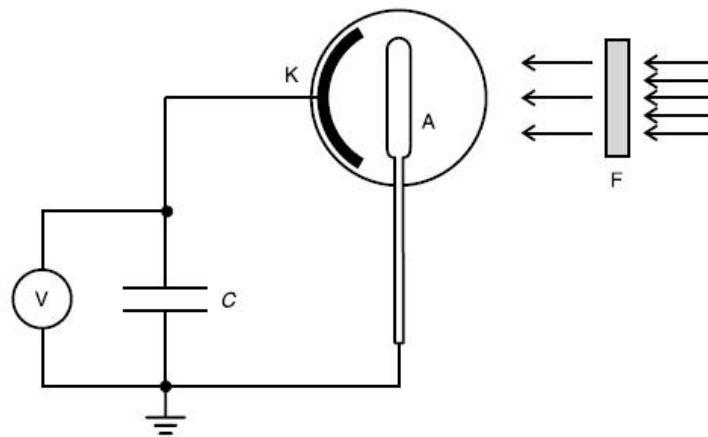


Fig. 1

Putem calcula astfel energia cinetica a electronilor cu ajutorul ecuatiei de conservare a energiei, in cazul in care masuram tensiunea U_0 .

$$eU_0 = h\nu - L_{extr}$$

Observam ca atunci cand reprezentam tensiunea de stopare U_0 ca o functie de frecventa, ecuatie anteriora reprezinta ecuatiea unei drepte cu panta:

$$m = \frac{\Delta U_0}{\Delta \nu} = \frac{h}{e}$$

Atunci cand cunoastem sarcina elementara a electronului e ecuatie anteriora poate fi folosita pentru a afla constanta lui Planck.

Descrierea instalatiei experimentale si a aparaturii utilizate:

Instalatia experimentală este reprezentată în figura 2 (în care distanțele specificate în partea de jos a desenului sunt date în cm).

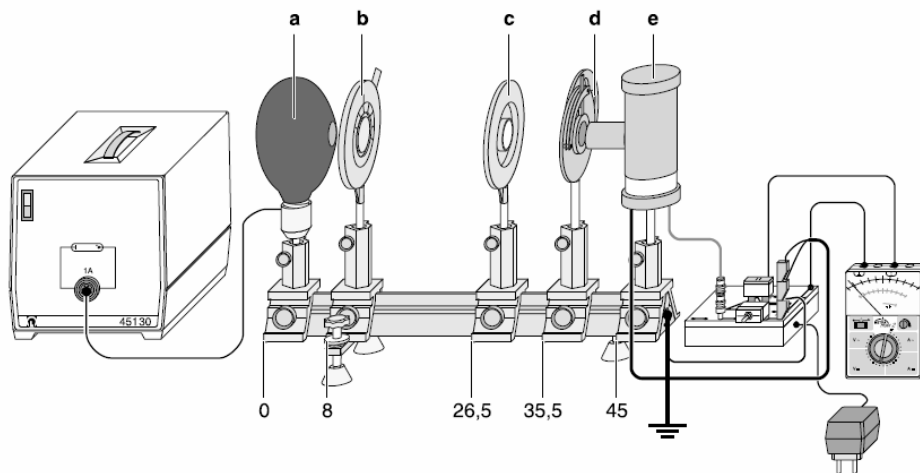


Fig. 2

- a= lampa cu vapori de mercur
b= diafragma iris pentru ajustarea dimensiunii fasciculului luminos
c= lentila cu distanta focala $f=100$ mm
d= disc rotativ care permite schimbarea filtrelor de interferenta
e= fotocelula

Modul de lucru:

- 1-selectati pe comutatorul multimetrului scala de tensiune pe V in curent continuu
- 2-selectati cu ajutorul discului rotativ filtrul de interferenta cu lumina galbena (cu lungimea de unda de 578 nm)
- 3-descarcati condensatorul (prin tinerea pe pozitie a comutatorului pana cand multimetrul va indica tensiunea de zero volti)
- 4-incepeti masuratoarea prin eliberarea comutatorului, asteptati pana cand condensatorul se incarca la tensiunea U_0 si apoi notati valoarea tensiunii XXX.
- 5-selectati cu ajutorul discului rotativ filtrul de interferenta (cu lungimea de unda de 546 nm) si repetati masuratoarea
- 6- repetati masuratoarea pentru culorile albastru si violet ale filtrului (cu lungimile de unda de 436 si 405 nm repectiv).

Valorile obtinute se trec in urmatorul tabel:

Filtrul	U_0		$\bar{u}_0 \pm \sigma \bar{U}_0$	$v \cdot 10^{11}$
	λ (nm)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		
galben	578	0,8		5190
verde	546	0,9		5494
albastru	436	1,4		6883
violet	405	1,6		7412

Observatii legate de protectia muncii si desfasurarea experimentului:

- 1-nu priviti direct in fasciculul de lumina de la lampa cu vapori de mercur si nici in reflexii ale sale
- 2-respectati cu atentie instructiunile de folosire pentru lampa cu vapori de mercur
- 3-nu este necesar sa se traga perdelele in laborator pentru a se scadea fondul de luminozitate

Prelucrarea datelor experimentale:

- 1-se va reprezenta grafic cu ajutorul hartiei milimetrice tensiunea U_0 de franare, functie de frecventa ν a luminii incidente.
- 2-dependenta lui U_0 de ν fiind liniara urmeaza sa trasam o dreapta printre punctele experimentale.
- 3-panta drepteii calculata din grafic va fi: $\frac{\Delta U_0}{\Delta \nu}$, valoare care va trebui sa egaleze raportul $\frac{h}{e}$, putand astfel sa calculam valoarea constantei lui Planck.

1. Se calculează h pentru (λ_i, λ_j) metoda analitica

$$\sigma_{\bar{U}_0} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{U}_0 - U_{0i})^2}{n(n-1)}} \quad n=10 \quad ; \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$h\nu = h\nu_0 + eU$$

$$\begin{cases} h\nu_1 = h\nu_{01} + eU_1 \\ h\nu_2 = h\nu_{02} + eU_2 \end{cases}$$

$$h(\nu_2 - \nu_1) = e(U_2 - U_1)$$

$$h_{12} = e \frac{U_2 - U_1}{\nu_2 - \nu_1}$$

$$h_{ij} = e \frac{U_j - U_i}{\nu_j - \nu_i} \quad i, j = 1; 2; 3; 4.$$

$$h_{12}; h_{13}; h_{14}; h_{23}; h_{24}; h_{34}$$

$$\bar{h} = \frac{\sum h_i}{n} \quad n = 7.$$

2. Metoda grafica

$$\nu = f(U_0); \quad h = e \frac{\Delta U}{\Delta \nu}.$$

Observatii finale:

A): Sub numele de efect fotoelectric distingem mai multe fenomene.

1. Efectul fotoelectric extern - consta in emisia de electroni de catre un metal sau un semiconductor (in exteriorul lor) sub actiunea radiatiilor din domeniul vizibil si ultraviolet. In acest efect sunt implicati electronii "liberi" (de conductie).
2. Fotoionizarea (efectul fotoelectric asupra atomilor izolati) - consta in extragerea electronilor din atomii unui gaz la interactiunea acestora cu radiatii din domeniul ultraviolet.
3. Efectul fotoelectric al radiatiilor X - consta in scoaterea in afara metalului a electronilor interiori ai atomilor sub actiunea radiatiilor X (care au energii de ordinul miilor de eV).
4. Efectul fotoelectric intern -consta in marirea numarului de purtatori "liberi" de sarcina electrica in interiorul unui metal sau al unui semiconductor, fara ca acestia sa paraseasca sistemul, in urma interactiunii sistemului cu radiatiile luminoase. Se obtine o micsoare rapida a rezistentei electrice a materialului iradiat.
5. Efectul fotovoltaiic -consta in aparitia unei tensiuni electromotoare la contactul dintre un semiconductor si un metal sau la contactul dintre doi semiconductori daca regiunea de contact este iradiata cu un fascicul de lumina.

In lucrarea de fata am studiat efectul fotoelectric extern pentru un metal (catodul unui celule fotoelectrice).

B): Legile efectului fotoelectric extern:

1. Intensitatea curentului fotoelectric de saturatie este direct proportionala cu fluxul radiatiilor incidente la frecventa constanta;
2. Energia cinetica maxima a fotoelectronilor creste liniar cu frecventa radiatiilor si nu depinde de fluxul acestora. Panta acestei drepte nu depinde de conditiile experimentale.
3. Efectul fotoelectric extern se produce numai daca frecventa radiatiilor incidente este mai mare sau egala cu o valoare minima numita frecventa de prag specifica fiecarui material.
4. Efectul fotoelectric extern se produce practic instantaneu.

Intrebari:

- 1-in ce consta efectul fotoelectric?
- 2-ce este constanta lui Planck si ce unitati de masura are ea?
- 3-care este semnificatia fizica a potentialului de franare?
- 4-enumerati posibilele surse de erori din cadrul experimentului si sugerati metode de reducere a erorilor.