

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 în 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 a luminii incidente, nu și de intensitatea acesteia (intensitatea fasciculului de lumină incident determină doar numărul de electroni liberi emiși).

Acste rezultate experimentale contrazic principiile 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 $E_c = h\nu - L_{\text{extr}}$, 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 ce are o singură lungime de undă - spre deosebire de fasciculul luminos obișnuit, nefiltrat, care prezintă un amestec de lungimi de undă) și măsurarea energiei cinetice a fotoelectronilor emiși.

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

O parte din 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 descreștere a fotocurentului până la anularea sa.

Tensiunea aplicată, la care acesta se anulează, poartă numele de tensiune de stopare U_0 .

Atunci când tensiunea negativă aplicată anodului atinge valoarea XXX , chiar și electronii cu cea mai mare energie cinetică și cel mai mic lucru mecanic de extracție din catod, nu mai pot ajunge la anod.

În cadrul experimentului, tensiunea aplicată pe anod este generată cu ajutorul unui condensator care este încărcat de către electronii incidenti până la tensiunea U_0 (așa cum se arată în figura 1).

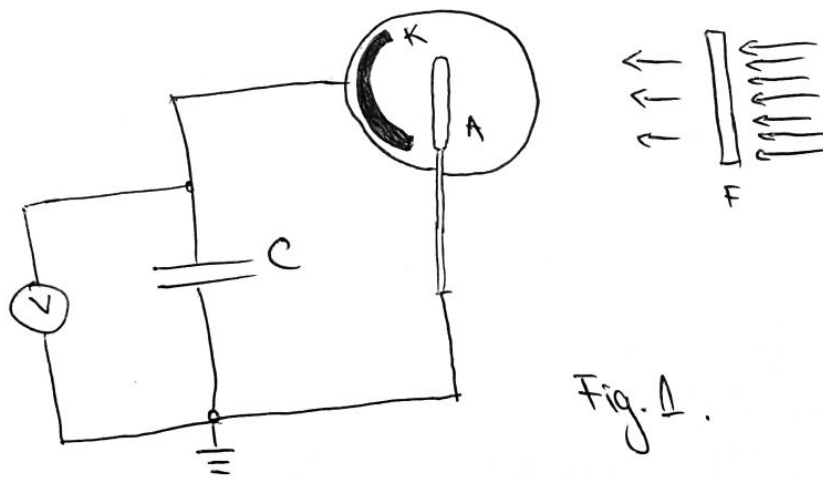


Fig. 1.

Putem calcula astfel energia cinetică a electronilor cu ajutorul ecuației de conservare a energiei, în cazul în care măsurăm tensiunea U_0 .

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

Observăm că atunci când reprezentăm tensiunea de stopare U_0 ca o funcție de frecvență, ecuația anterioară reprezintă ecuația unei drepte cu panta $m = \frac{\Delta U}{\Delta \nu} = \frac{h}{e}$.

Atunci când cunoaștem sarcina elementară a electronului e , ecuația anterioară poate fi folosită pentru a afla constanta lui Planck.

Descrierea instalației experimentale este reprezentată în figura 2.

Instalația experimentală conține:

- lampa cu vapori de mercur
- diafragma iris pentru ajustarea dimensiunii fasciculului luminos
- lentila cu distanța focală $f = 100 \text{ mm}$
- disc rotativ care permite schimbarea filtrelor de interferență
- fotocelula

Modul de lucru

1. selectați pe comutatorul multimetrelui scala de tensiune pe V în curent continuu
2. selectați cu ajutorul discului rotativ filtrul de interferență cu lumina galbenă (cu lungimea de undă de 578 nm)
3. descărcați condensatorul (prin trimarea pe pozitia a comutatorului până când multimetrul va indica tensiunea de zero volți)
4. începeți măsurătoarea prin eliberarea comutatorului, așteptați până când condensatorul se încarcă la tensiunea U_0 și apoi notați valoarea XXX .
5. selectați cu ajutorul discului rotativ filtrul de interferență (cu lungimea de undă de 546 nm) și repetați măsurătoarea
6. repetați măsurătoarea pentru culorile albastru și violet ale filtrului (cu lungimile de undă de 436 și 405 nm).

Determinarea constantei Planck din studiul efectului fotoelectric

SUBGRUPA 3

Tabel 1.

$U(V)$	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9	U_{10}	$\bar{U} \pm \sigma_{\bar{U}}(V)$
Filtru											
Galben	0,823	0,817	0,841	0,835	0,820	0,819	0,836	0,824	0,819	0,817	$0,8251 \pm 0,0028$
Verde	0,958	0,975	0,967	0,979	0,981	0,985	0,972	0,960	0,971	0,954	$0,9702 \pm 0,0032$
Albastru	1,450	1,477	1,471	1,455	1,462	1,448	1,454	1,470	1,466	1,459	$1,4612 \pm 0,003$
Violet	1,578	1,570	1,549	1,578	1,551	1,566	1,564	1,555	1,567	1,562	$1,564 \pm 0,0031$

Tabel 2.

Filtru	$\lambda(nm)$	$\nu(10^{11}Hz)$	$\bar{U}(V)$
Galben	578	5190	0,8251
Verde	546	5494	0,9702
Albastru	436	6883	1,4612
Violet	405	7412	1,564

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^{10} U_i}{10} \Rightarrow \begin{aligned} \text{Galben: } \bar{U} &= 0,8251 \\ \text{Verde: } \bar{U} &= 0,9702 \\ \text{Albastru: } \bar{U} &= 1,4612 \\ \text{Violet: } \bar{U} &= 1,564 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \lambda = \frac{c}{\nu} \\ c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \end{cases}$$

- $\lambda = 578 \text{ nm} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{578 \cdot 10^{-9} m} = 5190 \cdot 10^{11} Hz$
- $\lambda = 546 \text{ nm} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{546 \cdot 10^{-9} m} = 5494 \cdot 10^{11} Hz$
- $\lambda = 436 \text{ nm} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{436 \cdot 10^{-9} m} = 6883 \cdot 10^{11} Hz$
- $\lambda = 405 \text{ nm} \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{405 \cdot 10^{-9} m} = 7412 \cdot 10^{11} Hz$

$$\sigma_{\bar{U}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_i - \bar{U})^2}{N(N-1)}}$$

• Galben:

$$\sigma_{\bar{U}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_i - \bar{U})^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{0,0004069}{10 \cdot 9}} = \sqrt{0,00004521} \approx 0,0028$$

• Verde

$$\sigma_{\bar{U}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_i - \bar{U})^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{0,000966}{10 \cdot 9}} = 0,003245 \approx 0,0032$$

• Albăstru

$$\sigma_{\bar{U}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_i - \bar{U})^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{0,000842}{10 \cdot 9}} = 0,003058 \approx 0,003$$

• Violet

$$\sigma_{\bar{U}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_i - \bar{U})^2}{N(N-1)}} = \sqrt{\frac{0,000920}{10 \cdot 9}} = 0,003194 \approx 0,0031$$

J_0 se află la intersecția dreptei AB cu axa Ox: $J_0 = 3000 \cdot 10^{11} \text{ Hz}$

Aleg două puncte de pe grafic: A($5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $0,44 \text{ V}$), B($4,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$; $0,155 \text{ V}$)

$$m = \frac{\Delta U}{\Delta J} = \frac{U_A - U_B}{J_A - J_B} = \frac{0,44 - 0,155}{(5 - 4,5) \cdot 10^{14}} = \frac{0,285}{0,5 \cdot 10^{14}} = \frac{119}{5} \cdot 10^{-14} = 0,38 \cdot 10^{-14} \text{ V} \cdot \text{s}$$

$$m = \frac{h}{e} \Rightarrow h = me$$

$$h = 0,38 \cdot 10^{-14} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 0,608 \cdot 10^{-33} = 6,08 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$J_0 = 3000 \cdot 10^{11} \text{ Hz}$$

$$L_{\text{extr}} = h J_0 = 6,08 \cdot 10^{-34} \cdot 3000 \cdot 10^{11} = 6,08 \cdot 3 \cdot 10^{-20} = 18,24 \cdot 10^{-20} \text{ J}$$

$$L_{\text{extr}} = 18,24 \cdot 10^{-20} \cdot 6,24 \cdot 10^{18} \text{ eV} = 113,8146 \cdot 10^{-2} \text{ eV} = 1138146 \text{ eV} \approx 1,13 \text{ eV}$$

ORDACHE MĂDALINA GABRIELA 313CA U200L Călugăra 3

