



Olimpiada Națională de Fizică Timișoara, 2016 Proba practică

XII

Determinarea constantei lui Planck

LED - ul (Light Emitting Diode) este un tip special de diodă, ce conține materiale semiconductoare, care la polarizarea directă a joncțiunii p-n, convertește energia electrică direct în lumină. Lungimea de undă sau culoarea luminii emise poate fi în infraroșu, vizibil sau ultraviolet - depinde de compoziția materialului semiconductor folosit.

Constanta lui Planck poate fi măsurată utilizând diode electroluminiscente (LED).

În varianta clasică, experimentul a fost introdus ca un experiment simplu și ieftin pentru laboratorul de fizică de la liceu sau de la Universitate. Tensiunea aplicată pe LED este crescută până când dioda începe să emită lumina. Tensiunea de prag corespunzătoare, U_0 , înmulțită cu sarcina elementară, se spune că ar fi egală cu energia benzii interzise și în consecință egală cu energia fotonilor emiși. Evident că nu este nevoie să folosim mai multe diode.

Deficiențele acestui model.

Nu există nici o „tensiune de prag” pentru lumina care este emisă de diodă ! LED-urile comercializate sunt realizate pe heterostructuri, adică dioda este realizată pe mai mulți semiconductori, fiecare având o bandă interzisă diferită.

Intensitatea luminii este proporțională cu curentul electric în diodă. Curentul electric I ca o funcție de tensiunea aplicată U este cu o bună aproximație dată de:

$$I = I_s e^{\frac{eU}{\eta kT}} = I_s e^{\frac{U}{U_T}} \quad (1)$$

unde k este constanta lui Boltzmann, T este temperatura absolută, $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C este sarcina elementară, η se numește factor de fidelitate al unei diode, valoarea lui este cuprinsă între unu și doi - în experimentele noastre el poate fi considerat unu.

Nu există nici o tensiune caracteristică în ecuația (1), iar

$$U_T = \frac{\eta kT}{e} \quad (2)$$

nu are nimic în comun cu lărgimea energetică a benzii interzise.



Olimpiada Națională de Fizică Timișoara, 2016 Proba practică

XII

Curentul de saturație depinde însă de energia benzii interzise și de temperatură după legea:

$$I_S \sim A e^{-\frac{E_g}{\eta k T}} \quad (3)$$

unde A este aria suprafeței de contact a jonctiunii pn.

Energia benzii interzise este legată de frecvența medie a luminii emise prin relația

$$E_g = h\nu \quad (4)$$

Nu există o tensiune minimă pentru care dioda începe să emită, deoarece ea emite întotdeauna - dar cu o intensitate care depinde de tensiunea aplicată. Emite și atunci când $U = 0$ V (radiația termică). Atunci când tensiunea crește, intensitatea luminii emise crește exponențial, întrucât distribuția spectrală nu se schimbă.

Ținând cont de deficiențele semnalate calculați valoarea constantei lui Planck, având la dispoziție un montaj cu 6 diode care au aceeași suprafață de contact la jonctiunea pn, dar emit lumina cu frecvențe diferite ($\lambda_1 = 410\text{nm}$; $\lambda_2 = 475\text{nm}$; $\lambda_3 = 530\text{nm}$; $\lambda_4 = 595\text{nm}$; $\lambda_5 = 610\text{nm}$; $\lambda_6 = 630\text{nm}$), un voltmetru și un ampermetru. Fiecare diodă poate fi alimentată individual de la o sursă de curent continuu prin intermediul unui potențiometru.

Subiect propus de

Fiz. Dr. Sandu Golcea, Colegiul Național „C.D.Loga” Timișoara

Conf. Dr. Lungu Mihail, Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara

1. Durata probei este de 3 ore.
2. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar neprogramabile.
3. Punctajul acordat: 18 puncte pentru rezolvarea cerințelor, 2 puncte din oficiu.