Olimpiada Naţională de Fizică
Timișoara, 2016
Proba practică

XII

Determinarea constantei lui Planck

LED - ul (Light Emitting Diode) este un tip special de diodă, ce conţine 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 masurată 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, înmulţită cu sarcina elementară, se spune că ar fi egală cu energia benzii intezise şi în consecinţă egală cu energia fotonilor emişi. Evident că nu este nevoie să folosim mai multe diode.

Deficienţele 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 mulţi semiconductori, fiecare având o bandă interzisă diferită.

Intensitatea luminii este proporțională cu curentul electric în diodă. Curentul electric I ca o funcţie de tensiunea aplicată U este cu o bună aproximaţie 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 = 1,602x10^{-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.

Curentul de saturaţie depinde însă de energia benzii interzise şi de temperatură după legea:

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

unde A este aria suprafeţei de contact a joncţiunii pn.

Energia benzii interzise este legată de frecvenţa medie a luminii emise prin relaţia

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

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 şi atunci când U = 0 V (radiaţia termică). Atunci când tensiunea creşte, intensitatea luminii emise creşte exponenţial, întrucât distribuţia spectrală nu se schimbă.

Ţinând cont de deficienţele semnalate calculaţi valoarea constantei lui Planck, având la dispoziţie un montaj cu 6 diode care au aceeaşi suprafaţă de contact la jonctiunea pn, dar emit lumina cu frecvenţe diferite (λ_1 = 410nm; λ_2 = 475nm; λ_3 = 530nm; λ_4 = 595nm; λ_4 = 610nm; λ_6 = 630nm), un voltmetru şi un ampermetru. Fiecare diodă poate fi alimentată individual de la o sursă de curent continuu prin intermediul unui potenţiometru.

Subiect propus de

Fiz. Dr. Sandu Golcea, ColegiulNaţional „C.D.Loga” Timişoara

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

1. Durataprobeieste de 3 ore.
2. Elevii au dreptulsăutilizezecalculatoare de buzunarneprogramabile.
3. Punctajulacordat: 18 punctepentrurezolvareacerinţelor, 2 puncte din oficiu.

Olimpiada Naţională de Fizică
Timișoara, 2016
Proba practică

XII

Determinarea constantei lui Planck

După înlocuiri consecutive:

$I = CAe^{\frac{-h\nu+eU}{\eta kT}}$ 2p

Alegerea metodei de lucru 4p

In cazul a doua leduri la care intensitatea curentului este aceeasi:

$-h\nu_1 + eU_1 = -h\nu_2 + eU_2$ 1p

De aici

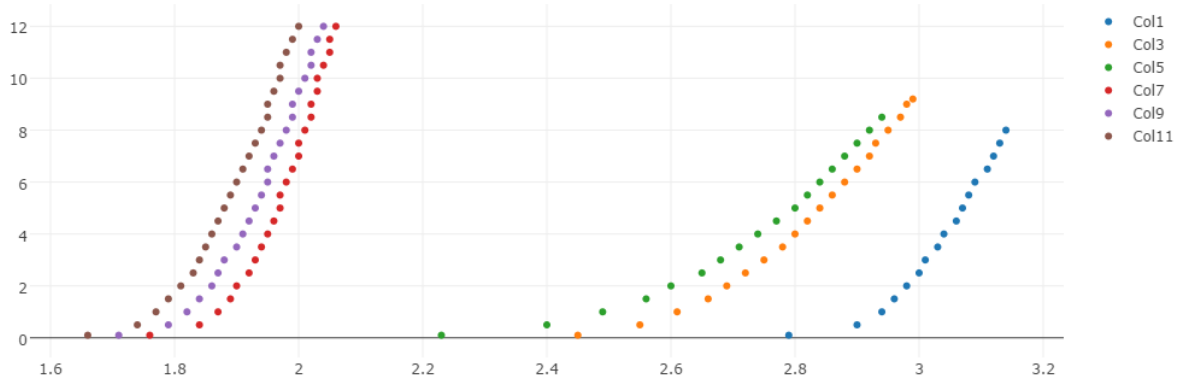
$h = \frac{e\lambda_1\lambda_2\,(U_1-U_2)}{c(\lambda_2-\lambda_1)}$ 1p

Masuratori pentru cele sase diode LED .....>>>>>>>.....6X0,5 = 3p

410		475		510		595		610		630	
I	U	I	U	I	U	I	U	I	U	I	U
0.1	2.79	0.1	2.45	0.1	2.23	0.1	1.76	0.1	1.71	0.1	1.66
0.5	2.9	0.5	2.55	0.5	2.4	0.5	1.84	0.5	1.79	0.5	1.74
1	2.94	1	2.61	1	2.49	1	1.87	1	1.82	1	1.77
1.5	2.96	1.5	2.66	1.5	2.56	1.5	1.89	1.5	1.84	1.5	1.79
2	2.98	2	2.69	2	2.6	2	1.9	2	1.86	2	1.81
2.5	3	2.5	2.72	2.5	2.65	2.5	1.92	2.5	1.87	2.5	1.83
3	3.01	3	2.75	3	2.68	3	1.93	3	1.88	3	1.84
3.5	3.03	3.5	2.78	3.5	2.71	3.5	1.94	3.5	1.9	3.5	1.85
4	3.04	4	2.8	4	2.74	4	1.95	4	1.91	4	1.86
4.5	3.06	4.5	2.82	4.5	2.77	4.5	1.96	4.5	1.92	4.5	1.87
5	3.07	5	2.84	5	2.8	5	1.97	5	1.93	5	1.88
5.5	3.08	5.5	2.86	5.5	2.82	5.5	1.97	5.5	1.94	5.5	1.89

6	3.09	6	2.88	6	2.84	6	1.98	6	1.95	6	1.9
6.5	3.11	6.5	2.9	6.5	2.86	6.5	1.99	6.5	1.95	6.5	1.91
7	3.12	7	2.92	7	2.88	7	2	7	1.96	7	1.92
7.5	3.13	7.5	2.93	7.5	2.9	7.5	2	7.5	1.97	7.5	1.93
8	3.14	8	2.95	8	2.92	8	2.01	8	1.98	8	1.94
		8.5	2.97	8.5	2.94	8.5	2.02	8.5	1.99	8.5	1.95
		9	2.98			9	2.02	9	1.99	9	1.95
		9.2	2.99	8.6	2.94	9.5	2.03	9.5	2	9.5	1.96
						10	2.03	10	2.01	10	1.97
						10.5	2.04	10.5	2.02	10.5	1.97
						11	2.05	11	2.02	11	1.98

Grafic



Determinarea a minim 5 valori pentru h ……5X1=5p

Exemplificare:

I = 0,1mA

Λ_1 = 410nm

Λ_2 = 475nm

U_1= 2,79 V

U_2 = 2,45V

Prelucrarea rezultatelor experimentale, erori și surse de erori……2p

Rezulta h=(5,43±0,83)*10^{-34}Js

Din oficiu ……2p