

DETERMINAREA CONSTANTEI LUI PLANCK DIN STUDIUL EFECTULUI FOTOELECTRIC

1. Scopul lucrării

Determinarea constantei lui Planck din studiul efectului fotoelectric extern.

2. Teoria lucrării

Sub numele de efect fotoelectric distingem mai multe fenomene:

a) **Efectul fotoelectric extern**, în care absorbția radiațiilor electromagnetice incidente conduce la emisia de electroni în afara metalului iradiat, datorită interacției dintre radiația incidentă și electronii liberi din rețeaua cristalină a metalului.

b) **Efectul fotoelectric al radiațiilor X**, care constă în scoaterea în afara metalului a electronilor din păturile interioare ale atomului, ca urmare a acțiunii fascicolului de radiații X.

c) **Efectul fotoelectric intern**, în care absorbția radiației electromagnetice incidente duce numai la mărirea numărului electronilor de conducție din interiorul metalului iradiat, fără ca ei să părăsească metalul. Acest fenomen duce la o micșorare rapidă a rezistenței electrice a materialului iradiat.

d) **Efectul fotogalvanic**, care constă în fenomenul de apariție a unei tensiuni electromotoare la contactul dintre un semiconductor și un metal, sau dintre doi semiconductori, dacă asupra regiunii de contact se trimite o radiație electromagnetică.

În această lucrare, studiem **efectul fotoelectric extern**, în care electronii sunt emiși de la suprafața unui metal care reprezintă catodul unei celule fotoelectrice.

Energia electronilor emiși depinde de frecvența ν_0 a radiației electromagnetice incidente, nu și de intensitatea acesteia. Intensitatea fascicolului incident determină doar numărul de electroni liberi emiși.

Rezultatele experimentale legate de efectul fotoelectric contrazic principiile fizicii clasice și au fost interpretate pentru prima dată de către Albert Einstein în 1905. Acesta a postulat faptul că radiația electromagnetică constă dintr-un flux de particule, numite fotoni, iar efectul fotoelectric constă dintr-o ciocnire între un foton și un electron aflat în metal.

$$E = h\nu \quad (1)$$

unde, factorul de proporționalitate (h), cunoscut sub numele de **constanta lui Planck**, este o constantă universală a naturii.

Ecuția de conservare a energiei în procesul de ciocnire foton-electron și emisie al fotoelectronilor este:

$$h\nu = E_c + L_{extr} \Rightarrow E_c = h\nu - L_{extr} \quad (2)$$

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

Putem determina constanta lui Planck din punct de vedere experimental prin expunerea unei celule fotoelectrice la radiație electromagnetică monocromatică (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.

Dacă o radiație electromagnetică este incidentă pe catodul dispozitivului atunci, prin efect fotoelectric extern, fotoelectronii ies din catod. Dacă între catod și anod este aplicată o tensiune directă (anodul mai pozitiv decât catodul), electronii emiși sunt atrași de anod, formând astfel un curent denumit fotocurent printr-un circuit închis. În cazul în care se aplică o tensiune inversă (anodul mai puțin pozitiv decât catodul), care este crescută treptat, din ce în ce mai puțini fotoelectroni emiși de către catod vor ajunge la anod. Va rezulta o descreștere a fotocurentului până la anularea sa. Tensiunea aplicată, la care fotocurentul se anulează, poartă numele de tensiune de stopare (U_0). Atunci când tensiunea inversă aplicată între catod și anod atinge valoarea corespunzătoare tensiunii de stopare, 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. Putem spune că întreaga energie cinetică a fotoelectronilor emiși este "consumată" prin câmpul invers aplicat între anod și catod:

$$E_c = eU_0 \quad (3)$$

Putem calcula astfel energia cinetică a electronilor cu ajutorul ecuației de conservare a energiei aplicată ciocnirii foton-electron, în cazul în care măsurăm tensiunea U_0 . În acest caz, din ecuațiile (2) și (3) rezultă:

$$eU_0 = h\nu - L_{extr} \quad (4)$$

Observăm că reprezentând tensiunea de stopare U_0 ca o funcție de frecvență, ecuația anterioară reprezintă ecuația unei drepte:

$$U_0(\nu) = \frac{h\nu}{e} - \frac{L_{extr}}{e} \quad (5)$$

cu panta:

$$m = \frac{h}{e} \quad (6)$$

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

Pentru aceasta, este necesar, ca experimental să se realizeze măsurători pentru mai multe valori ale frecvenței radiației incidente.

Se observă că, la limită, la valori mici ale frecvenței, pentru o anumită frecvență, numită **frecvență de prag** (ν_p), respectiv pentru o **lungime de undă de prag** (λ_p), energia cedată de fotonul incident în timpul ciocnirii, este folosită de fotoelectron doar pentru a ieși din metal, dar fără energie cinetică. În acest caz, viteza electronilor emiși se anulează, iar ecuația (2) devine:

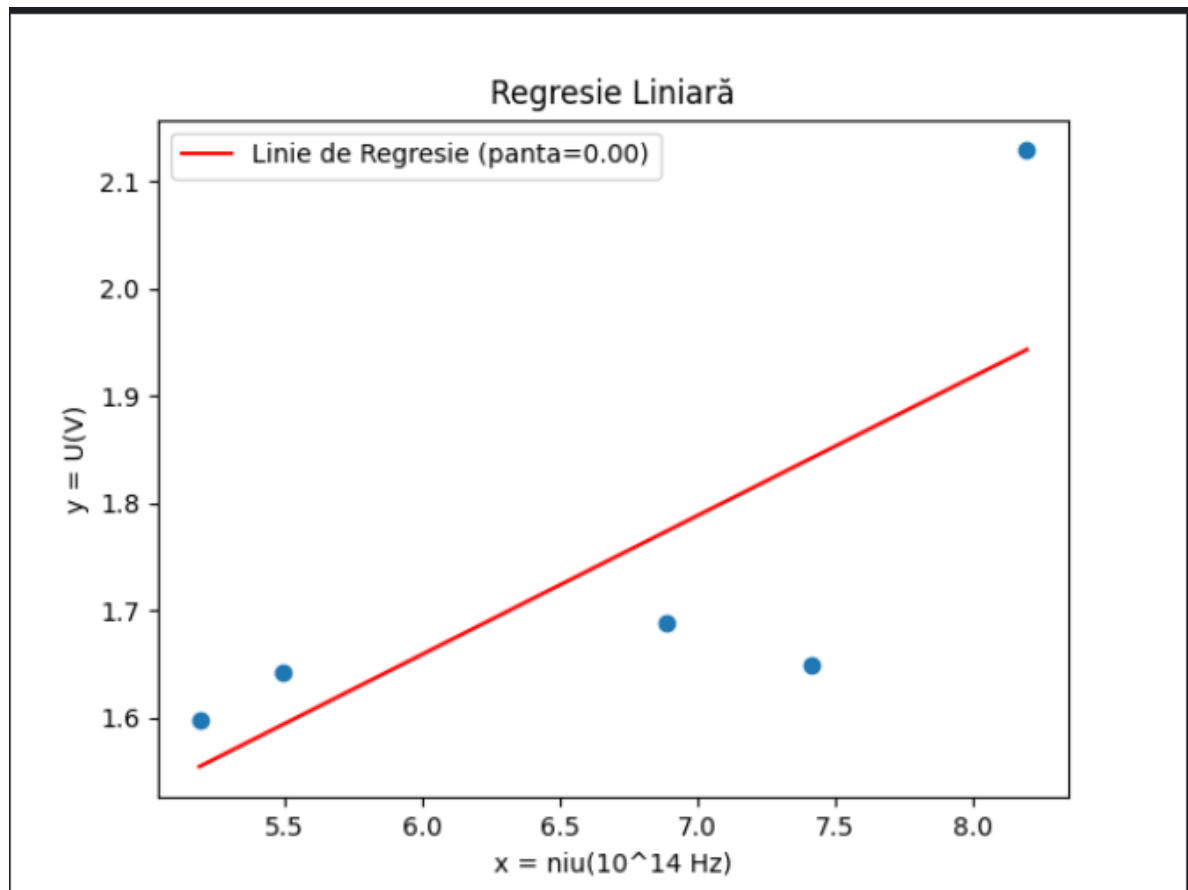
$$h\nu_p = h \frac{c}{\lambda_p} = L_{extr} \quad (7)$$

(unde c este viteza luminii în vid, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Filtru	nm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tensiune stopare medie	Frecvența
galben	578	1.605	1.595	1.707	1.592	1.723	1.503	1.567	1.661	1.378	1.64	1.5974	5.19
verde	546	1.841	1.685	1.636	1.644	1.505	1.443	1.646	1.761	1.696	1.57	1.6424	5.494
albastru	436	1.315	1.891	1.775	1.735	2.138	1.758	1.63	1.496	1.354	1.79	1.6884	6.883
violet	405	2.098	1.461	1.629	1.862	1.631	1.58	1.569	1.516	1.466	1.67	1.6482	7.412
ultraviolet	366	2.711	2.536	2.845	1.955	1.621	1.683	1.608	1.904	2.223	2.2	2.1286	8.196

```
Panta (V/Hz): 1.2937706604886743e-15
h: (J*s) 2.070033056781879e-34
frecv de prag (Hz): -682178993325140.2
lucru mecanic de extractie (J): -1.412133066825225e-19
```

Concluzia experientelului: cu valorile determinate experimental nu poate fi determinat lucru mecanic de extractie



```
# x și y sunt datele de intrare, iar m și c sunt parametrii regresiei (panta și intersecția pe axa y)
m, c = np.polyfit(x_data, y_data, deg: 1)

# Calcularea pantei și intersecției pe axa y
slope = m
intercept = c

# Generarea punctelor pentru linia de regresie
x_fit = np.linspace(min(x_data), max(x_data), num: 100)
y_fit = slope * x_fit + intercept
slope = slope * math.pow(_x: 10, -14)

# Punctele pentru prelungirea liniei de regresie până la axa OY
x_intercept = -intercept / slope
y_intercept = 0

# Plotare datele originale și linia de regresie
plt.scatter(x_data, y_data)
plt.plot(*args: x_fit, y_fit, color='red', label=f'Linie de Regresie (panta={slope:.2f})')
plt.xlabel('x = niu(10^14 Hz)')
plt.ylabel('y = U(V)')
plt.legend()
plt.title('Regresie Liniară')
plt.show()

# Afisarea pantei
print("Panta (V/Hz):", slope)
e = 1.6 * math.pow(_x: 10, -19)
h = slope * e
print("h: (J*s)", h)

print("frecv de prag (Hz): ", x_intercept)
print("lucru mecanic de extractie (J): ", x_intercept * h)
```