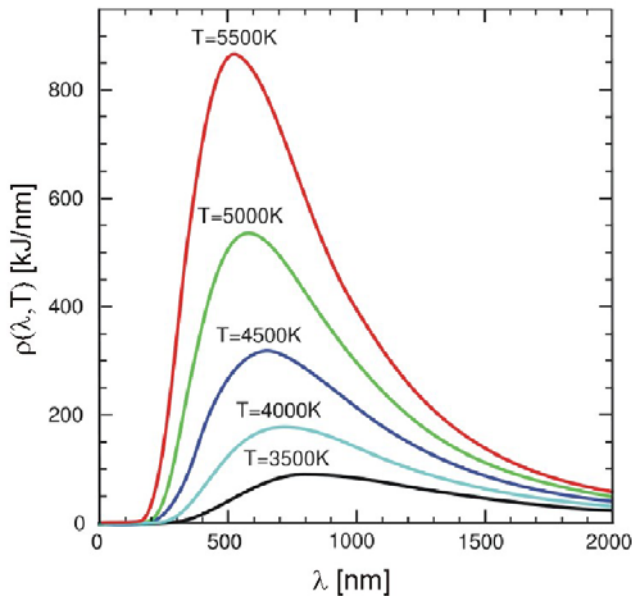


Laborator de Fizica

**VERIFICAREA EXPERIMENTALA A LEGII LUI
STEFAN-BOLTZAMNN**

I. Considerații teoretice

Corpurile emit și absorb energie sub forma de radiație electromagnetică, gazele au un spectru de emisie discontinuu, pentru anumite frecvențe, lichidele au un spectru sub forma de benzi, pe domenii diferite de frecvențe iar corpurile solide au un spectru continuu, pentru toate frecvențele. Orice corp aflat la o temperatură mai mare de zero Kelvin emite radiație electromagnetică datorită oscilațiilor sarcinilor elementare care-l alcătuiesc. Aceasta radiație se numește **radiație termică**, are un spectru continuu și este nepolarizată.



Puterea de emisie și cea de absorbție diferă de la un corp la altul, dar raportul lor este o expresie universală ce depinde doar de temperatura corpului și de lungimea de undă (frecvența) radiației, expresie numită *funcția de distribuție a lui Planck*.

Un corp total absorbant, respectiv total emisiv se numește corp negru. O încălzită electric emite printr-un orificiu o radiație ce poate fi aproximată cu cea emisă de un corp negru. *Densitatea spectrală de energie* emisă de un corp negru, ρ , adică energia dW emisă în unitatea de volum dV într-un domeniu spectral dv este chiar funcția lui Planck:

$$\rho(\nu, T) = \frac{1}{dV} \frac{dW}{d\nu} = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}, \quad (1)$$

unde $c = 3 \cdot 10^8$ m/s este viteza luminii (a undelor electromagnetice), $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K constanta lui Boltzmann, iar h este constanta lui Planck care cuantifică energia oscilatorilor microscopici în sensul că energia se emite și se absoarbe de către aceștia în cuante cu valoarea $E = h \cdot \nu$, numite fotoni. Cuantificarea energiei câmpului electromagnetic, a fenomenelor de emisie și de absorbție a energiei, prin constanta lui Planck sunt descoperiri fundamentale pentru înțelegerea proceselor la scara microscopică.

Energia radiației emise de un corp în unitatea de timp de unitatea de suprafață de o singură parte a sa (într-un unghi solid 2π) se numește **radianța spectrală R**:

$$[R] = \frac{[\text{energie}]}{[\text{timp}] \cdot [\text{suprafața}]} = \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2}. \quad (2)$$

Expresia radianței pentru un corp negru se obține cu ajutorul legii de distribuție a lui Planck conform relației:

$$R = \frac{c}{4} \int_0^{\infty} \rho(\nu, T) d\nu = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4 \Rightarrow R = \sigma T^4, \quad (3)$$

Aceasta lege se numește legea lui Stefan-Boltzmann, iar $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ este constanta lui Stefan-Boltzmann. Aceasta este o lege de conversie a energiei de agitație termică evaluată de temperatura absolută în energie electromagnetică evaluată de radiația spectrală: **energia electromagnetică emisă de un corp negru depinde doar de puterea a patra a temperaturii sale absolute.**

Pentru corpurile care nu sunt absolut negre formula se corectează cu un factor subunitar ϵ numit emisivitate care depinde de natura corpului emisiv:

$$R = \epsilon \sigma T^4. \quad (4)$$

Schimbul de energie dintre un corp încălzit și mediul înconjurător se realizează în general în trei moduri: prin conducție, prin convecție și prin radiație. În anumite condiții, cum ar fi o bună izolare a corpului încălzit și o temperatură relativ ridicată a acestuia, energia disipată prin conducție și convecție poate fi neglijată în raport cu cea pierdută prin radiație. Aceste condiții sunt îndeplinite de filamentul unui bec aflat la temperaturi mai mari ca 800°C . Puterea electrică consumată de bec $P = U \cdot I$, este disipată aproape integral sub forma de radiație electromagnetică, $R = P/S$, radianța spectrală fiind tocmai puterea emisă de unitatea de suprafață:

$$P = UI = RS = \epsilon \sigma S (T^4 - T_0^4) = K (T^4 - T_0^4), \quad (5)$$

unde T este temperatura filamentului, T_0 este temperatura mediului ambiant, ϵ – emisivitatea filamentului, S – suprafața filamentului, iar $K = \epsilon \cdot \sigma \cdot S$ este o constantă a experimentului. Pentru temperaturi mai mari ca 800°C se îndeplinește condiția $T \gg T_0$ și relația de mai sus devine:

$$P = U \cdot I = K \cdot T^4. \quad (6)$$

Prin logaritmare obținem:

$$\ln P = \ln K + 4 \cdot \ln T, \quad (7)$$

Prin reprezentarea grafică a lui $\ln P$ în funcție de $\ln T$ se obține o dreaptă a cărei pantă are valoarea 4, ceea ce reprezintă o verificare a legii lui Stefan-Boltzmann.

II. Metodica experimentală



Pentru verificarea legii lui Stefan-Boltzmann se folosește un bec de 26V și 0,1A, o sursă de alimentare de 26A, un reostat, un miliampermetru și un voltmetru, legate ca în montajul din figura alăturată.

- * Se realizează montajul din figura
- * Se măsoară tensiunea din 1 în 1 V începând cu valoarea de 6V
- * Se măsoară pentru fiecare tensiune valorile corespunzătoare ale intensității curentului electric

III. Prelucrarea datelor experimentale

- * Se determina puterea consumată: $P = U \cdot I$
- * Se determina rezistența filamentului: $R = U / I$
- * Se deduce temperatura filamentului din legea variației rezistenței cu temperatura

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t) \Rightarrow T = T_0 + \frac{R - R_0}{\alpha \cdot R_0} \text{ unde } \alpha = 0,0053 \text{ grad}^{-1}, T_0 = 300 \text{ K, iar } R_0 = 0,9 \Omega$$

reprezintă rezistența la temperatura „rece” a filamentului (valorile ridicate ale temperaturii filamentului permit aceste aproximații)

- * Se completează tabelul următor:

Tabel 1

U [V]	I [A]	P [W]	ln P	R [Ω]	T [K]	ln T
6						
8						
10						
12						
14						
16						
18						
20						

- * Se reprezintă grafic $\ln P = f(\ln T)$
- * Se aleg doua puncte de pe grafic (cat mai îndepărtate dar in domeniu de reprezentare), se coboară perpendicularele pe axe, iar din triunghiul dreptunghic rezultat se calculează panta graficului $\Delta(\ln P)/\Delta(\ln T)$ si se compara cu valoarea teoretica 4, apreciindu-se corectitudinea verificării legii lui Stefan-Boltzmann.