

Radiația termică. Legea Stefan-Boltzmann

1 Considerații teoretice

Orice sistem fizic, indiferent de temperatura la care se găsește, schimbă energie cu mediul înconjurător sub formă de căldură prin radiație termică. Considerăm o incintă vidată în peretele căreia s-a efectuat un orificiu prin care este transmisă incintei radiație termică. După un interval de timp radiația termică ajunge la echilibru cu pereții incintei. Radiația termică este de natură electromagnetică și este caracterizată de *densitatea de energie (energia unității de volum a sistemului)*, w ,

$$w = \frac{1}{2}(\vec{E}\vec{D} + \vec{H}\vec{B}), \quad (1)$$

unde am notat cu \vec{E} intensitatea câmpului electric, \vec{D} inducția câmpului electric, \vec{H} intensitatea câmpului magnetic, respectiv \vec{B} inducția câmpului magnetic. Radiația termică este formată din suprapunerea unui număr extrem de mare de radiații monocrome, astfel că putem scrie pentru densitatea ei energetică expresia

$$w = \int_0^{\infty} w_{\omega} d\omega, \quad (2)$$

unde cu w_{ω} am notat *densitatea energetică spectrală*, mărime ce joacă pentru radiația termică un rol asemănător rolului funcției de distribuție din fizica statistică. Acum să discutăm câteva mărimi cu ajutorul cărora putem caracteriza sistemul fizic radiație termică.

1.1 Mărimi caracteristice radiației termice

Dintre mărimile ce caracterizează radiația termică enumerăm:

- *energia radiantă*, ε , definită ca energia emisă, transmisă sau detectată într-un proces radiativ

$$\varepsilon = \int_V w dV \quad (3)$$

- *puterea radiantă*, P , sau *fluxul radiant*, Φ , definită ca energia ce traversează în unitatea de timp o suprafață oarecare

$$P = \Phi = \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (4)$$

- *flux spectral*, Φ_ω , definit ca fluxul radiant corespunzător unității de pulsație

$$\Phi_\omega = \frac{d\Phi}{d\omega} \implies \Phi = \int_0^\infty \Phi_\omega d\omega \quad (5)$$

- *radianța*, R , *puterea emisivă* sau *luminanța energetică* definită ca energia emisă în unitatea de timp de unitatea de suprafață a sursei de radiație normal pe aceasta (*Figura 1(a)*)

$$R = \frac{d\Phi}{dS} \quad (6)$$

Radianța și densitatea energetică sunt legate prin relația

$$R = \frac{c}{4} w \quad (7)$$

- *intensitatea*, I , definită ca densitatea de flux energetic ce cade pe unitatea de suprafață, normal pe aceasta (*Figura 1(b)*)

$$I = \frac{d\Phi}{dS} \quad (8)$$

- *Intensitatea radiantă*, I_R , definită ca fluxul energetic emis în unitatea de unghi solid

$$I_R = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (9)$$

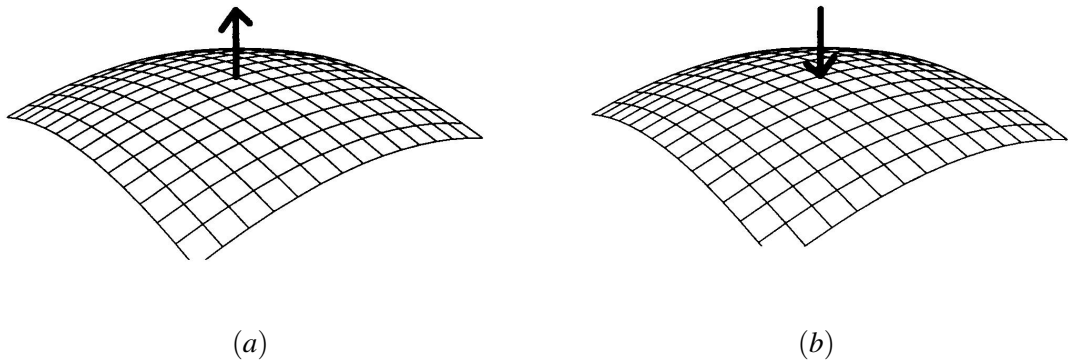
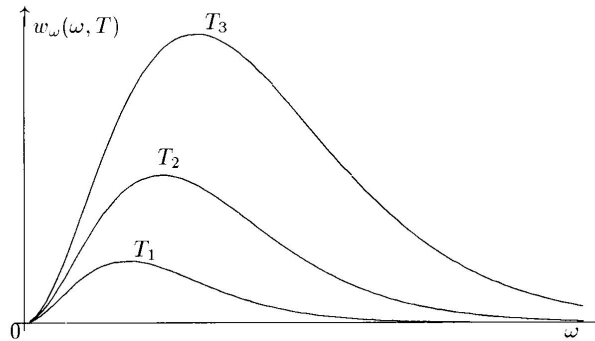


Figura 1

Pentru densitatea spectrală a radiației termice s-a determinat experimental o curbă de forma celor din *Figura 7.2*, unde prezentăm curbele pentru trei valori, $T_1 < T_2 < T_3$, ale temperaturii sursei de radiație termică. Observăm că aceste curbe prezintă un maxim pentru fiecare valoare a temperaturii, maxim ce se deplasează spre pulsații mai mari odată cu creșterea temperaturii.

Existența maximului denotă că pentru fiecare temperatură sunt emise preferențial radiații de o anumită pulsație. La valori mai mari sau mai mici ale pulsației este emisă energie mai puțină.

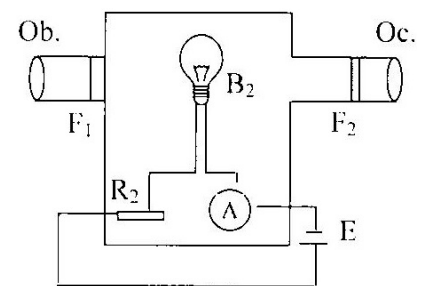
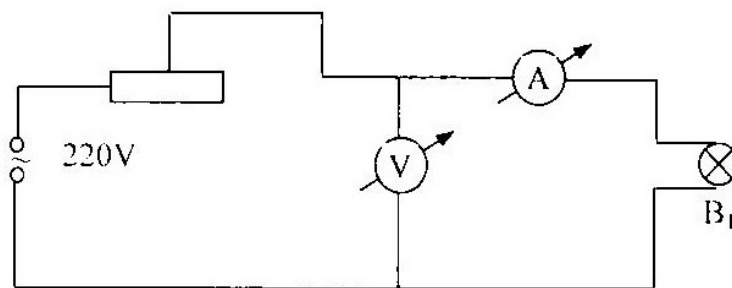
Tot din forma graficelor observăm creșterea ariei delimitată de grafic odată cu creșterea temperaturii.



2 Prezentarea instalației experimentale

Instalația experimentală este compusă din două circuite :

- *circuitul 1 sau circuitul corpului negru*, un bec de 25 [W] alimentat la tensiunea de 220 [V] prin intermediul unui reostat, circuit prezentat în Figura 3a;
- *circuitul 2 sau circuitul de măsură* constituit dintr-un piranometru, circuit prezentat în Figura 3b.



(a)

(b)

Figura 3

3 Modul de lucru

1. Scopul lucrării îl constituie determinarea constantei Stefan-Boltzmann din studiul radiației filamentului becului B_1 , considerat aici corp negru.

2. Se identifică componentele din schema experimentală.
3. Schimbând poziția cursorului reostatului din circuitul 1 se modifică tensiunea ce alimentează becul din acest circuit, implicit curentul prin filament și puterea de emisie.
4. Se așează piranometrul în fața becului din circuitul 1. Se compară strălucirea becului B_2 cu strălucirea filamentului becului B_1 . Pentru aceasta se modifică rezistența reostatului R_2 din circuitul piranometrului până când nu se mai observă vârful filamentului becului B_1 .
5. În Tabelul 1 se trec pentru fiecare măsurătoare valorile tensiunii electrice, în coloana 1, și ale curentului electric, în coloana 2, citite la instrumentele adecvate din circuitul 1. Valorile temperaturii citite pe scala piranometrului se trec în coloana 3 a Tabelului 1.

4 Prezentarea rezultatelor

Se completează Tabelul 1 în modul următor:

1. Valorile din coloana 4 se obțin din valorile coloanei 3 adunând fiecareia valoarea 273.15;
2. Valorile din coloana 6 sunt obținute cu relația $P = U \cdot I$;
3. Valorile din coloana 7 se obțin cu relația $R = \frac{P}{S}$ unde $S = 1.08 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$;
4. Valorile din coloana 8 se obțin din relația $R = \sigma T^4$;
5. Se completează toate coloanele Tabelului 1;
6. Se reprezintă grafic, pe hârtie milimetrică sau utilizând un soft adecvat, datele din coloana 7 în funcție de datele din coloana 5. Datele se înscriu pe o dreaptă. Din panta dreptei determinăm valoarea constantei Stefan-Boltzmann.
7. Se compară valorile constantei Stefan-Boltzmann obținute prin cele două metode.

Tabelul 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nr. crt.	U [V]	I [A]	t [°C]	T [K]	T ⁴ [K ⁴]	P [W]	R [Wm ⁻²]	σ_i [Wm ⁻² T ⁻⁴]	$\langle \sigma \rangle$ [Wm ⁻² T ⁻⁴]	$\Delta\sigma_i$ [Wm ⁻² T ⁻⁴]	σ_σ [Wm ⁻² T ⁻⁴]	$\langle \sigma \rangle \pm \sigma_\sigma$ [Wm ⁻² T ⁻⁴]
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												