

# I. NOȚIUNI FUNDAMENTALE DE ILUMINAT

## 1. NATURA LUMINII

Câmpul electromagnetic este o formă de materie distinctă de substanță. Sistemul fizic constituit din câmpul electromagnetic, cu toate fenomenele care îl caracterizează (de exemplu este capabil să schimbe, să acumuleze și să transporte energie) poartă numele de radiație electromagnetică.

Radiația electromagnetică are un caracter dual, de corpuscul și de undă, fiind caracterizată concomitent de proprietăți corpusculare și ondulatorii. Propagarea luminii poate fi descrisă cel mai bine prin teoria electromagnetică a luminii, în timp ce interacțiunea cu substanța din procesele de emisie și absorbție se explică prin natura corpusculară.

Conform teoriei ondulatorii, radiația se propagă în spațiu sub formă de unde electromagnetice, cu o viteză finită  $c$  [m/s]. Undele electromagnetice, spre deosebire de undele elastice, se propagă și în vid. Într-un mediu cu indicele de refracție  $n$ , viteza de propagare a radiațiilor electromagnetice este dată de formula:

$$c = \frac{c_0}{n}$$

în care  $c_0$  este viteza luminii în vid și reprezintă viteza maximă de propagare a undelor electromagnetice. Viteza luminii în vid este o constantă fundamentală în natură și are valoarea  $c_0 \approx 3 \cdot 10^8$  m/s.

Relația între viteza  $c$  [m/s] de propagare a undelor, lungimea de undă  $\lambda$  [m] și frecvența  $\nu$  [Hz] este:

$$c = \lambda \nu$$

Trebuie remarcat faptul că atât viteza cât și lungimea de undă sunt dependente de mediul în care se propagă radiația; mărimea care se conservă fiind frecvența.

Lungimea de undă  $\lambda$  a radiațiilor electromagnetice este cuprinsă într-un interval de valori extrem de larg ( $10^{-13} \dots 10^9$  m), dar radiațiile luminoase (radiațiile percepute de un ochi normal ca o senzație vizuală) ocupă numai puțin din acest spectru (380..760 nm).

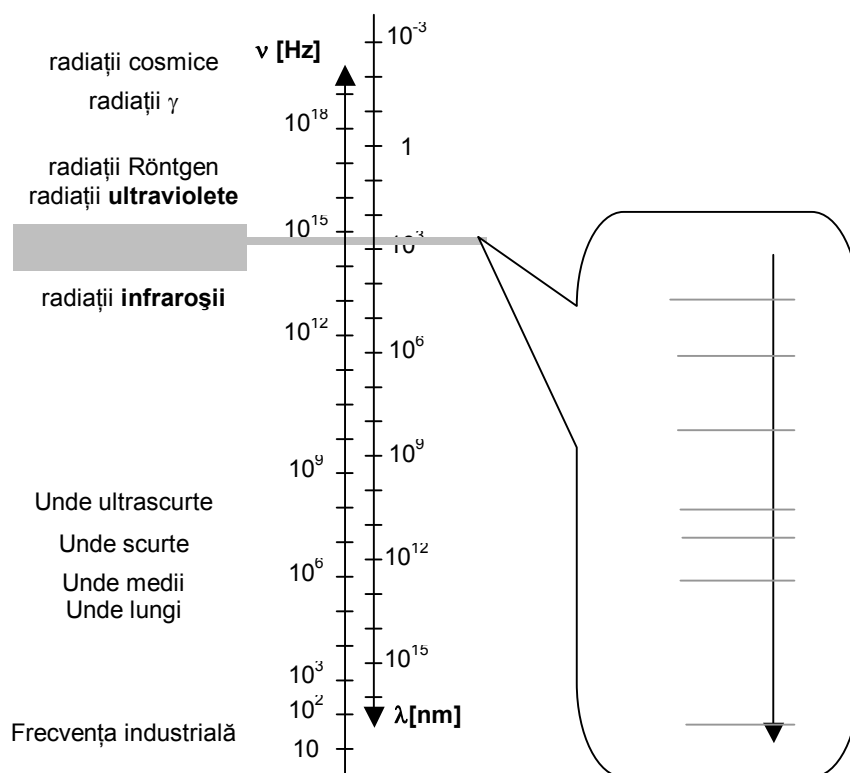


Fig.1.1 Încadrarea radiațiilor vizibile în spectrul radiațiilor luminoase

Radiația poate fi monocromatică (corespunde unei singure frecvențe) sau complexă (sau policromatică, compusă din mai multe radiații monocromatice). Radiațiile luminoase monocromatice dau senzația unei anumite culori, iar suma radiațiilor monocromatice vizibile dă senzație de „culoare” albă.

## 2. NATURA CORPUSCULARĂ A LUMINII ȘI CUANTIFICAREA CÂMPULUI ELECTROMAGNETIC.

Începând cu anul 1900, prin contribuțiile lui Max Planck și apoi ale lui Albert Einstein, se pun bazele mecanicii cuantice, potrivit căreia lumina, (și în general radiația electromagnetică) este emisă de sursă sub forma unor cantități discrete, numite "cuante". Radiația spectrală emisă (corespunzătoare unei lungimi de undă bine precizate) nu are deci toate energiile posibile, ci multipli întregi ai energiei corespunzătoare unui "foton". Energia fiecărei foton  $W[J]$  este dată de formula:

$$W = h\nu = h \frac{c_0}{\lambda_0}$$

în care  $h$  este o constantă fundamentală în natură (denumită constanta lui Planck), și are valoarea  $h=6,626176 \cdot 10^{-34}$  [J.s]),  $\nu_0$  [Hz] este frecvența și  $\lambda_0$  [m] lungimea de undă (în vid) a radiației, iar  $c_0$  [m/s] este viteza luminii în vid.

În concordanță cu teoria cuantică, radiația electromagnetică poate fi privită ca un pachet de particule care părăsește sursa emițătoare. Acestea nu au masă, dar energia lor poate fi pusă în evidență experimental.

Pe măsură ce lungimea de undă este mai mică caracterul cuantic al radiațiilor electromagnetice este mai pregnant și ca o consecință, la măsurarea acestor radiații se utilizează contori (numărători) de particule.

## 3. MĂRIMI ENERGETICE

Lumina, fiind o radiație electromagnetică, înglobează energie și deci poate fi caracterizată prin mărimi energetice, evaluate prin unități de măsură energetice.

### Fluxul radiant

Fluxul radiant este o mărime energetică (sau radiometrică) care reprezintă energia emisă, transmisă sau primită sub forma de radiație, într-o unitate de timp. Denumirile sinonime ale fluxului radiant sunt: flux energetic sau putere radiantă și se simbolizează prin  $\Phi_e$ ,  $\Phi$ ,  $P$ . Unitatea de măsură în SI: watt-ul [W]. Fluxul radiant este compus din radiații electromagnetice.

Pentru a evidenția fluxul energetic ce corespunde unei anumite lungimi de undă, se folosește noțiunea de flux energetic spectral (putere spectrală) definită prin:

$$\Phi_{e\lambda}(\lambda) = \lim_{\Delta\lambda} \frac{\Delta\Phi_e}{\Delta\lambda} = \frac{d\Phi_e}{d\lambda} \quad [W/m]$$

Notă: Mărimile energetice care se modifică în funcție de lungimea de undă conțin în denumirea lor și cuvântul "spectral". Reprezentarea unei mărimi "spectrale" în funcție de lungimea de undă poartă numele de spectru de radiații.

### Corpul negru

Un corp la o temperatură absolută  $T > 0$  se caracterizează prin oscilația componentelor încărcate electric (atomi, electroni, ioni) cu amplitudini și faze distribuite statistic. Consecința acestui fapt este emisia de radiații electromagnetice care, în acest caz particular se numesc radiații termice. La temperaturi foarte mari  $T \gg 0$  apare și radiația luminoasă, corpul devenind incandescent.

În studiul radiațiilor termice este convenabil să considerăm un radiator ideal cunoscut sub denumirea de "corp negru". Un corp negru absoarbe întreaga energie care ajunge la el (factorul de absorbție este egal cu unu) indiferent de lungimea de undă și direcția din care ajung radiațiile. Factorii de transmisie și de reflexie sunt nuli.

Se poate imagina și realiza o incintă goală cu o singură deschidere de dimensiuni reduse. Radiația care pătrunde prin această deschidere se reflectă succesiv de pereții incintei până este absorbită în totalitate, fără să mai părăsească incinta. Deschiderea apare, "absolut neagră".

Deoarece corpul negru este un absorbant perfect, el este la temperaturi înalte și un radiator perfect: pereții incintei devin incandescenti. Un corp negru, numit și radiator integral, radiază mai multă energie pentru fiecare lungime de undă și mai multă energie totală decât orice sursă de radiații cu incandescență (realizabilă tehnic) având aceeași suprafață și funcționând la aceeași temperatură.

**Notă:** Radiatorul integral nu este un obiect vopsit în culoare neagră, ci este un corp ideal caracterizat prin temperatura la care este încălzit. În funcție de această temperatură corpul emite radiații electromagnetice după legi bine precizate. Corpul negru nu este asociat în mod expres cu un anumit material. De exemplu, teoretic o bară încălzită la 2500K va avea aceeași nuanță de culoare roșiatică, indiferent dacă este confecționată din Wolfram, Thorium, Tantal, Molibden, oxid de magneziu sau grafit.

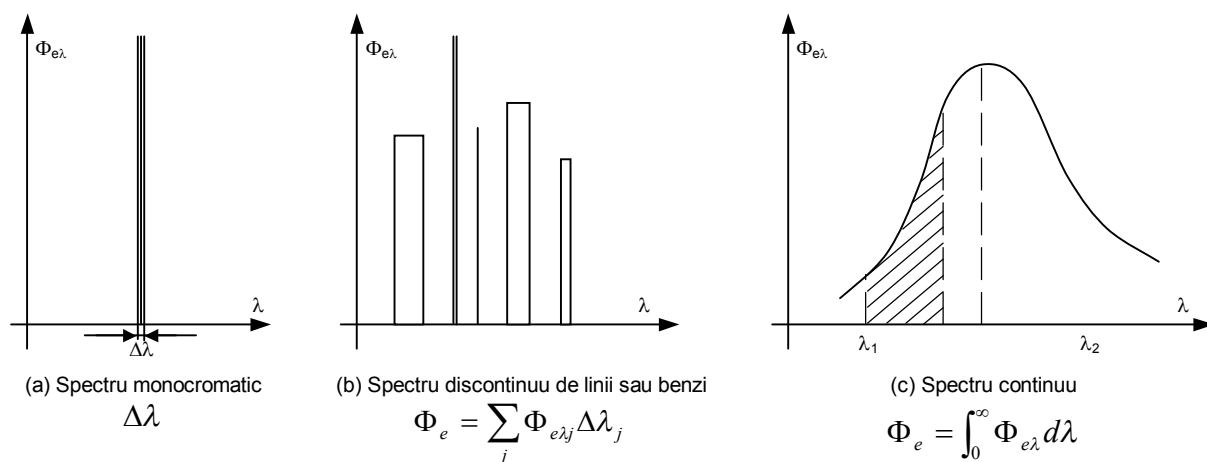
Comportarea corpului negru este descrisă de câteva legi ale radiațiilor termice, care vor fi prezentate în ultima parte a cursului, referitoare la electrotermie.

### Temperatura de culoare

Temperatura de culoare a unui radiator selectiv este temperatura corpului negru care dă aceeași senzație de culoare ca și corpul considerat. Temperatura de culoare a metalelor greu fuzibile este mai mare decât temperatura lor reală ceea ce face ca eficacitatea lor luminoasă să fie mai mare decât a corpului negru la aceeași temperatură.

### Linii și benzi spectrale.

Radiațiile electromagnetice pot fi monocromatice (caracterizate de o singură lungime de undă) sau policromatice. Ultimele pot avea fie un spectru continuu, fie un spectru discontinuu de linii sau benzi.



**Fig.1.2** Spectre de radiații electromagnetice

Liniile spectrale sunt concentrate în intervale extrem de mici, valoarea tipică fiind  $\Delta\lambda = 10^{-2}; 10^{-3}$  nm (în cazul laserelor He-Ne,  $=10^{-5}$  nm).

Spectrul continuu caracterizează sursele de lumină cu incandescență, fiind dependent de temperatura acestora. Spectrul sub formă de linii sau benzi caracterizează descărcările luminescente, puterea radiată de astfel de surse nu depinde numai de temperatura acestora ci și de mulți alți factori de influență.

Exemple:

- Lămpile cu descărcare în vapori de sodiu la joasă presiune au un spectru format din linii.
- Lămpile fluorescente au un spectru mixt; un spectru continuu peste care se suprapun zone cu linii sau benzi spectrale.

### Emitanța energetică

Emitanța energetică (radianță, excitantă energetică) este o mărime ce caracterizează proprietățile radiante ale unui punct de pe suprafața unei surse, definindu-se ca o densitate de suprafață a fluxului energetic emis:

$$M_e = \frac{d\Phi_e}{dS}, [W/m^2]$$