

## Constanta solara. Temperatura soarelui.

### **a. Corpul negru**

Sursele secundare de lumina nu reflecta toata lumina incidenta ci numai o parte a acesteia si, de regula, mai ales o anumita componenta (culoare); toate corpurile absorb o parte, mai mare sau mai mica, a luminii incidente.

Astfel, de exemplu, corpurile albe reflecta puternic toate componentele luminii, in timp ce corpurile negre absorb puternic toate aceste componente. De fapt, "albul" si "negrul" nici nu sunt culori propriu-zise (componente ale luminii), ci sunt nume ale proprietatilor amintite. Despre componentele luminii vom discuta in alta parte; aici vom retine doar faptul ca un corp de culoare neagra absoarbe puternic toate componentele luminii.

Se numeste CORP NEGRU un corp care absoarbe, in intregime, toate componentele luminii.

Evident, definit in acest fel, corpul negru este un corp ideal, dar se pot realiza diferite corpuri reale ale caror proprietati sa se apropie sensibil de ale acestuia. Un prim exemplu, usor de realizat, il constituie orice corp acoperit cu vopseaua numita "negru de fum".

Viata cotidiana ne ofera insa o sugestie mai interesanta: este vorba - surprinzator, poate - de orice camera obisnuita, de locuit! Intr-adevar, privite din exterior, in plina zi, toate camerele de locuit par intunecoase, chiar daca, intrand intr-o astfel de camera, constatam ca ea este, de fapt, luminoasa!

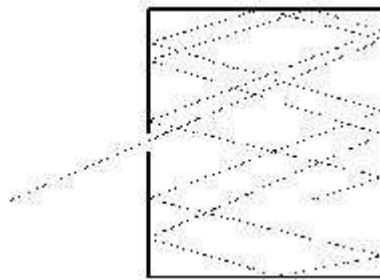


Figura 1.6

Explicatia este relativ simpla (fig. 1.6): lumina intrata in camera este reflectata de pereti, lumina reflectata de pereti este din nou reflectata de alti pereti s.a.m.d., doar o mica parte din lumina "reusind" sa iasa din camera. Fiecare reflexie este insotita si de o absorbtie partiala, deci o asemenea incapere se apropie, intr-adevar, de ideea de corp negru.

Pentru ca apropierea sa fie si mai pronuntata, nu avem decat sa vopsim cu negru de fum peretii interiori si sa reducem fereastra camerei; evident, o astfel de camera nu va mai fi "de locuit", dar un model la scara redusa poate constitui un exemplu eficient de realizare a exigentelor corpului negru.

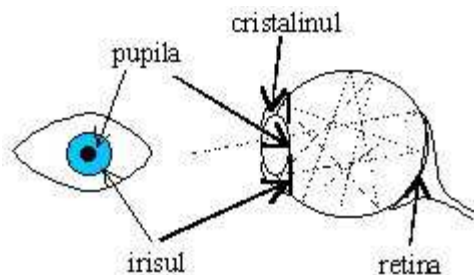


Figura 1.7

Chiar si ochiul omenesc actioneaza, in buna masura, ca un corp negru de acest tip (fig. 1.7). Globul ocular are, in partea lui frontala, o mica "lentila" (cristalinul) care formeaza pe partea foto-sensibila din spate (numita retina) imaginea obiectelor privite. In fata cristalinului se afla o "diafragma" colorata (irisul), prin a carei deschidere centrala (numita pupila) lumina este lasata sa patrunda in ochi. La fel ca in cazul incintei unui corp negru, lumina intrata in ochi prin pupila nu mai poate iesi decat in foarte mica masura; efectul este ca "vedem" pupila ochiului omenesc ca pe o mica pata neagra asezata in centrul irisului!

Diametrul pupilei este variabil, asigurand - prin micșorarea sa reflexa - protectia retinei impotriva luminii prea puternice si contribuind - prin marirea sa, tot reflexa - la cresterea sensibilitatii vazului in intuneric; la pisica, de exemplu, pupila este variabila in limite mai largi decat la om, asigurand o foarte buna vedere de noapte. Sa mai retinem, in incheiere, ca diametrul mediu al pupilei este de 5 mm.

## **b. Energia luminoasa; alte forme de energie**

Varietatea formelor de energie a dus la definirea mai multor unitati de masura pentru energie; pentru fiecare forma de energie a parut sa fie mai potrivita o anumita unitate de masura, legata de efectul cel mai direct masurabil al energiei respective. De exemplu, pentru energia calorica (termica) s-a definit o unitate de masura legata de specificul fenomenelor termice:

CALORIA este, prin definitie, cantitatea de energie care produce cresterea temperaturii unui gram de apa cu un grad Celsius.

Definitia de mai sus sugereaza, de fapt, ca energia termica absorbita sau cedata de o cantitate de apa este proportionala cu masa apei, precum si cu variatia (cresterea sau scaderea) temperaturii. Intr-adevar, experientele de laborator arata ca aceste proportionalitati sunt reale, in limite de precizie satisfacatoare.

Daca notam cu  $m$  masa apei si cu  $\Delta t$  variatia de temperatura - care poate fi pozitiva (la incalzire) sau negativa (la racire) - cantitatea de energie absorbita (sau cedata) de masa de apa, exprimata in calorii, va fi

$$\Delta E = m \cdot \Delta t \quad (1.7)$$

Principiul conservării energiei, aplicat la diversele cazuri concrete de transformare a energiei dintr-o formă în alta, ne dă posibilitatea de a stabili relațiile dintre diversele unități de măsură specifice. Pe baza acestor relații, toate cantitățile de energie pot fi exprimate într-o aceeași unitate - aleasă prin convenție - pentru a putea compara direct energiile respective.

Am reamintit aici definiția caloriei deoarece dorim să ne ocupăm în continuare de cea mai cunoscută sursă primară de lumină, Soarele; după cum știm încă din copilărie, "Soarele ne dă lumina și căldura". De fapt, energia termică acumulată de corpurile expuse la Soare rezultă tocmai din transformarea în căldură a energiei radiante provenite de la Soare. Aplicând în acest caz principiul conservării energiei putem măsura - indirect - energia adusă pe Pământ de lumina solară; pentru aceasta, vom măsura cantitatea de energie termică acumulată de un corp negru prin expunerea sa la Soare.

### **c. Despre măsurători și funcții**

Termometrul este un instrument care ne permite să asociem fiecărei stări termice un număr numit temperatura corpului. Măsurarea temperaturii este, deci, ca orice altă măsurătoare, un procedeu de asociere a unui număr fiecărei stări termice; mulțimii stărilor posibile îi corespunde o mulțime de numere (temperaturi), obținute prin procedeul de "măsurare" a temperaturii.

Dar asocierea - printr-un procedeu bine definit - la fiecare element dintr-o mulțime, a câte unui element din altă mulțime (nu neapărat de numere), este tocmai ceea ce se numește o "funcție". Orice operație de măsurare definește o funcție cu valori numerice; domeniul de definiție este o mulțime oarecare, dar "rezultatul" măsurării este un număr, deci domeniul valorilor este o mulțime de numere.

De exemplu, în cazul temperaturii unui corp, mulțimea de definiție este mulțimea stărilor termice posibile ale corpului, iar mulțimea valorilor este  $\mathbb{R}$ .

Orice caracteristică a unui corp sau sistem, care poate fi măsurată, mai poartă și numele generic de "mărimă".

Relația (1.7), poate fi privită ca fiind relația de definiție a unei funcții:

$$\Delta E(\Delta t) = m \cdot \Delta t$$

Un alt exemplu de funcție uzuală: aria sferei este funcție de raza ei:

$$S(r) = 4 \cdot \pi \cdot r^2$$

### **d. Constanta solară**

CONSTANTA SOLARA este, prin definitie, cantitatea de energie pe care o primeste intr-un minut, de la Soare, o suprafata plana de  $1 \text{ cm}^2$  asezata la distanta medie Soare - Pamant, perpendicular pe directia razelor solare.

Problema determinarii constantei solare prin observatii (masuratori) face obiectul unui capitol numit actinometrie; instrumentele utilizate in acest scop se numesc actinometre.

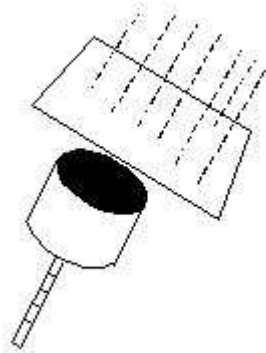


Figura 1.8

Cel mai simplu astfel de instrument este actinometrul lui Pouillet; el consta (fig. 1.8) dintr-o cutie cilindrica etansa de tabla, avand una din bazele exterioare vopsita cu negru de fum. In interiorul cutiei se pune apa distilata si rezervorul unui termometru cu mercur, al carui tub iese din cutie prin cea de a doua baza.

La inceputul determinarii, instrumentul este protejat un timp de razele solare cu ajutorul unui paravan (ecran) opac; dupa stabilizarea temperaturii, se citeste temperatura  $t_0$  (care va fi aceea a aerului inconjurator). Se inlatura apoi ecranul, se orienteaza baza neagra perpendicular pe directia spre Soare (reducand la minimum aria umbrei lasate de actinometru) si se lasa ca razele solare sa ilumineze fata innegrita. Dupa  $t$  minute, timp in care temperatura apei a crescut vizibil, se citeste aceasta temperatura,  $t_1$ .

Daca notam cu  $A$  aria bazei innegrite (exprimata in  $\text{cm}^2$ ), cu  $M$  masa apei din cutie (exprimata in grame) si cu  $q$  constanta solara, putem scrie o relatie calorimetrica simpla, care exprima faptul ca energia absorbita de actinometru prin baza sa in intervalul dat de timp ( $\tau$ ) este egala cu variatia energiei calorice a masei de apa din aparat:

$$A \cdot \tau \cdot q = M \cdot (t_1 - t_0) \quad (1.8)$$

din (1.8) se poate obtine imediat constanta solara  $q$ :

$$q = \frac{M \cdot (t_1 - t_0)}{A \cdot \tau} \quad (1.9)$$

Evident, pentru a obtine o determinare foarte precisa, calculul constantei solare va fi ceva mai complicat, deoarece trebuie sa se tina seama de pierderea de caldura din actinometru, precum si de absorbtia de catre actinometru a radiatiei din atmosfera. De asemenea, este

evident ca masuratorile ar trebui sa fie efectuate la o inaltime cat mai mare, eventual in afara atmosferei.

Cele mai sigure determinari ale constantei solare au dat valoarea:

$$q = 1,97 \pm 0,01 \text{ calorii / cm}^2 \text{ / min} \quad (1.10)$$

adica aproximativ doua calorii pe cm<sup>2</sup> si pe minut.

### e. Consecinte ale cunoasterii constantei solare

Sa notam cu  $a$  distanta de la Soare la Pamant; daca cunoastem constanta solara  $q$ , atunci putem calcula imediat cata energie radianta ajunge intr-un minut peste tot in spatiu, la distanta  $a$  de la Soare.

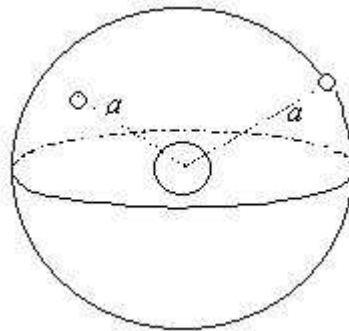


Figura 1.9

Deoarece punctele la care ne referim se afla pe o sfera de raza  $a$ , cu centrul in centrul Soarelui, energia care traverseaza intreaga sfera de raza  $a$  intr-un minut este:

$$E = 4 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot q \quad (1.11)$$

Toata aceasta energie isi afla obarsia in Soare; ea reprezinta, de fapt, cantitatea de energie emisa in spatiu de Soare intr-un minut. Dar, pentru a cunoaste efectiv valoarea acestei energii, trebuie sa cunoastem valoarea distantei  $a$  de la Soare la Pamant.

Iata, deci, ca intalnim o situatie obisnuita in procesul de modelare matematica a fenomenelor naturale: nu putem culege "roadele" modelului pana nu determinam un parametru introdus pe parcursul modelarii. Ca si in cazul de fata, determinarea acestuia poate fi destul de complicata; noi vom amana rezolvarea problemei - asa cum s-a intamplat si in istoria astronomiei - pana vom dispune de mai multe elemente, dar, in acelasi timp, vom extinde aria consideratiilor lipsite de concretizari valorice imediate.

Energia E este produsa de Soare intr-un minut si este emisa in spatiu de el, mai precis de suprafata sa, care este tot o sfera, de raza  $R_s$  ; aria suprafetei solare este  $S_s = 4 \cdot \pi \cdot R_s^2$ .

In consecinta, cantitatea de energie radiata in unitatea de timp de unitatea de suprafata a Soarelui este data de relatia:

$$E_u = \frac{E}{S_s} = \frac{E}{4 \cdot \pi \cdot R_s^2} = \frac{4 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot q}{4 \cdot \pi \cdot R_s^2} = q \cdot \frac{a^2}{R_s^2} = q \cdot \left( \frac{a}{R_s} \right)^2 \quad (1.12)$$

Dar, pe de alta parte, legea lui Stefan-Boltzmann arata ca energia totala radiata in unitatea de timp de unitatea de suprafata a unui corp negru este functie de temperatura efectiva (absoluta) a acestuia:

$$E_u = \sigma \cdot T^4, \text{ unde } \sigma = 5,6698 \cdot 10^{-5} \text{ erg/cm}^2/\text{s}.$$

Prin urmare, cunoasterea acestei marimi ( $E_u$ ) ar permite ca, uzand de legea lui Stefan-Boltzmann, sa evaluam temperatura suprafetei solare, parametru de stare care ar constitui, evident, un punct de pornire pentru orice incercare de a cunoaste fizica Soarelui.

Din pacate, ca si in cazul relatiei (1.11), in (1.12) nu cunoastem decat constanta solara!

## f. Si totusi, ... se poate !

Intre relatiile (1.11) si (1.12) exista o deosebire importanta; se poate remarca faptul ca in relatia (1.12) apare, de fapt, patrutul raportului dintre distanta Soare-Pamant si raza Soarelui. Ori, notate acolo cu  $d$  si  $r$ , cele doua marimi apareau si in relatia (1.4) din tema precedenta, care se referea la diametrul unghiular al Soarelui!

In consecinta, raportul  $a/R_s$  rezulta imediat din (1.4), exprimat in functie de semi-diametrul unghiular al Soarelui:

$$\frac{a}{R_s} = \frac{206\,265}{u''/2} \quad (1.13)$$

Prin urmare, pentru cantitatea de energie emisa de unitatea de suprafata a Soarelui in unitatea de timp gasim

$$E_u = \left( \frac{206\,265}{u''/2} \right)^2 \quad (1.14)$$

de unde deriva un rezultat substantial: determinarea temperaturii suprafetei Soarelui este posibila pe baza a doua masuratori elementare: a constantei solare si a diametrului unghiular al Soarelui.

## 2. Activitati practice

(1) Utilizand un calorimetru de la laboratorul de fizica si indicatiile din paragraful d, determinati constanta solara;

(2) Folosind determinarile facute de voi pentru diametrul unghiular al Soarelui, calculati cantitatea de energie emisa de unitatea de suprafata a Soarelui in unitatea de timp;

(3) Calculati temperatura suprafetei Soarelui, pe baza determinarilor voastre pentru constanta solara si pentru diametrul unghiular al Soarelui; bineinteles, utilizati legea lui Stefan-Boltzmann;

(4) Luand  $q = 2 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$  si  $a = 150.000.000 \text{ km}$ , calculati energia emisa de Soare in fiecare secunda; exprimati-o in calorii, precum si in celelalte unitati cunoscute pentru energie;

(5) Utilizand valoarea de  $30'$  pentru diametrul unghiular al Soarelui si luand  $q = 2 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ , calculati temperatura superficiala a Soarelui, pe baza legii Stefan-Boltzmann.

## 3. Intrebarea saptaminii

Se considera ca orbitele planetele mari din Sistemul Solar sunt circulare, avand Soarele in centrul lor comun; luand ca unitate de masura pentru lungimi raza orbitei Pamantului, razele orbitelor planetare sunt: Mercur - 0.387; Venus - 0.723; Terra - 1.000; Marte - 1.523; Jupiter - 5.203; Saturn - 9.555; Uranus - 19.218; Neptun - 30.110; Pluto - 39.439.

Stiind ca aici, pe Pamant, ati obtinut pentru constanta solara valoarea de  $2 \text{ calorii/cm}^2/\text{minut}$ , ce valoare ati fi obtinut pentru aceasta constanta daca ati fi facut determinarile respective pe Mercur? Dar pe Marte ?

Stiind ca pe Pamant ati obtinut pentru diametrul unghiular al Soarelui valoarea de  $30'$ , ce valoare ati obtine pentru aceasta marime pe cele doua planete amintite?

Verificati ca pentru temperatura suprafetei Soarelui ati obtine aceeasi valoare, oricare ar fi planeta pe care ati face masuratorile!