

Spectrul solar și petele solare

Alexandre Costa, Beatriz García, Ricardo Moreno

*Uniunea Astronomică Internațională,
Școala Secundară Loulé (Portugalia),*

*Universitatea Tehnologică Națională (Mendoza, Argentina),
Școala Retamar (Madrid, Spania)*



Obiective

- Să înțeleagă ce este spectrul solar.
- Să înțeleagă generarea spectrului solar.
- Să înțeleagă ce sunt petele solare.
- Să înțeleagă semnificația istorică a operei lui Galilei relativ la petele soolare.



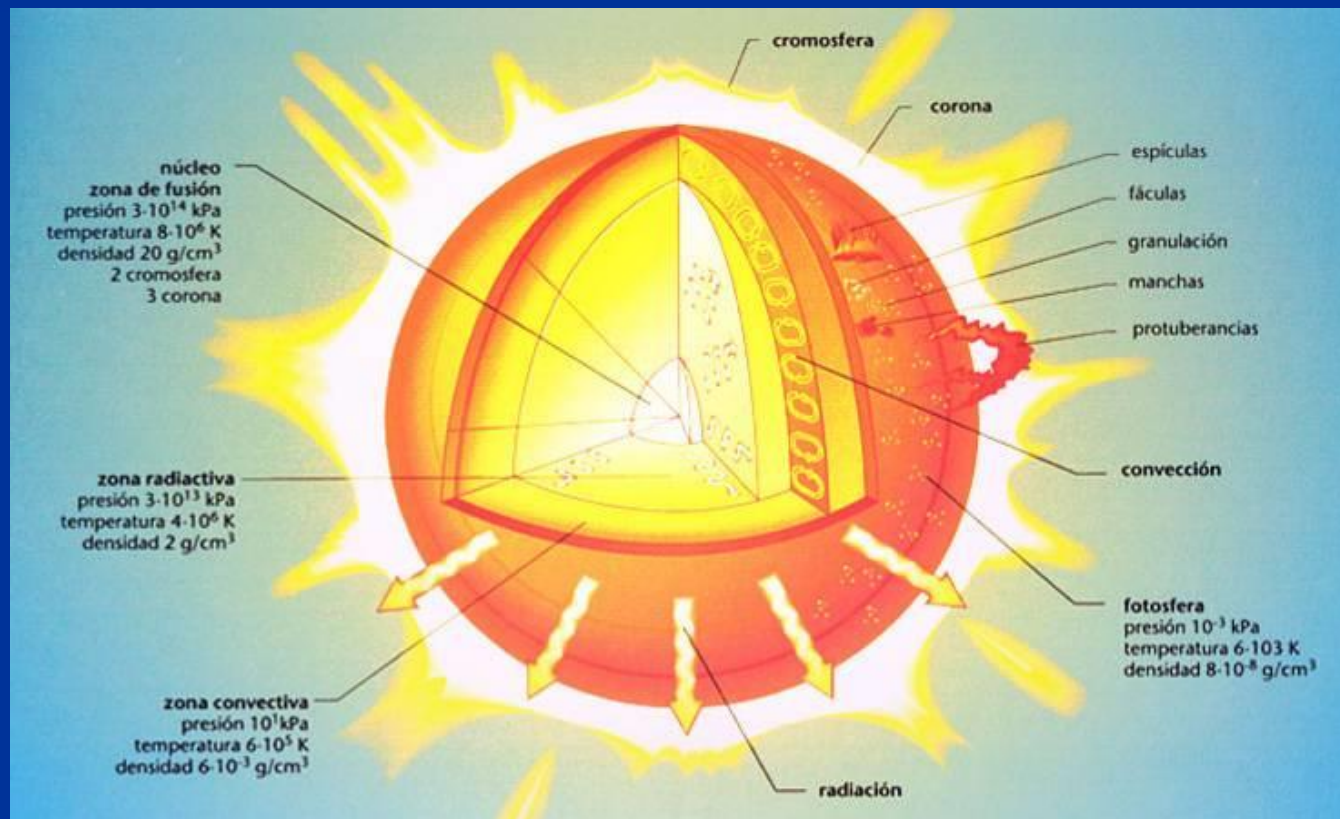
Radiația Solară

Aroape toată energia (lumină, căldură),
pe care o folosim pe Pământ provine de la Soare



Radiația Solară

Această radiație este creată în interiorul Soarelui, la o presiune foarte ridicată și la o temperatură de 15 milioane de grade. Radiația este produsă prin reacții de fuziune nucleară.



Radiația Solară

4 protoni (nuclee de H) se unesc pentru a forma un atom de heliu (fuziune), 2 pozitroni, 2 neutrini și 2 fotoni gamma:



Masa rezultată este mai mică decât masa inițială a celor 4 protoni; restul de masă se transformă în energie:

$$E=mc^2$$

În fiecare secundă, 600 milioane de tone de H sunt convertite în 595,5 tone heliu, iar restul de masă se transformă în energie.

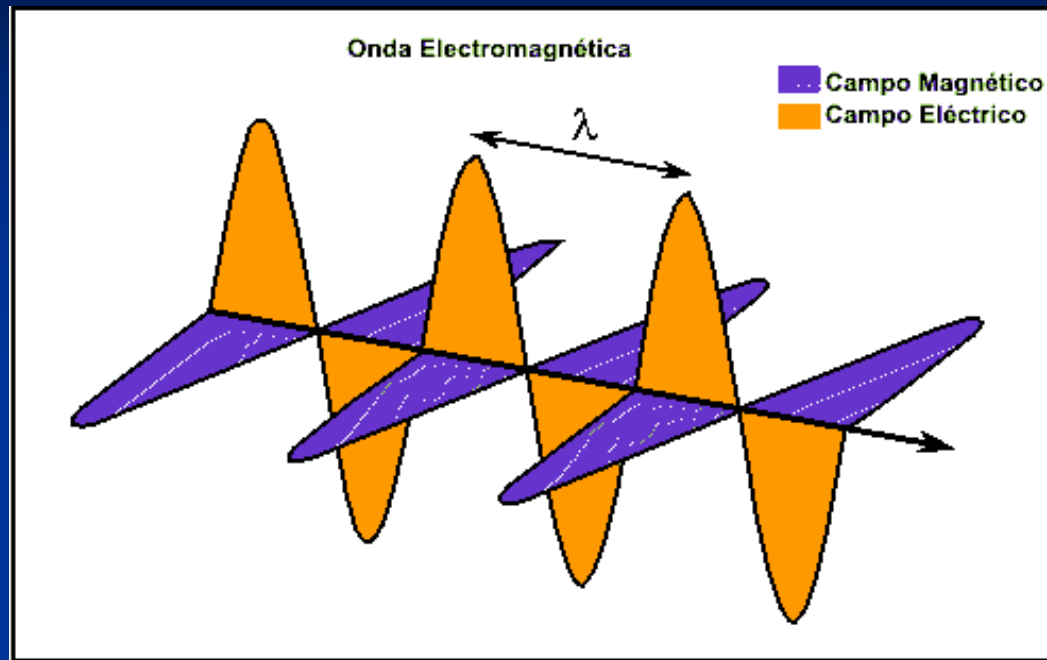
Soarele este atât de masiv, încât, chiar dacă pierde masă cu această viteză, va putea trăi așa timp de miliarde de ani.

Radiația Solară

După ce a fost emisă de Soare, energia este transportată cu viteza de $299,793 \text{ km/s}$. Sunt necesare 8 minute și 20 secunde pentru a ajunge pe Pământ.



Spectrul solar: Radiația

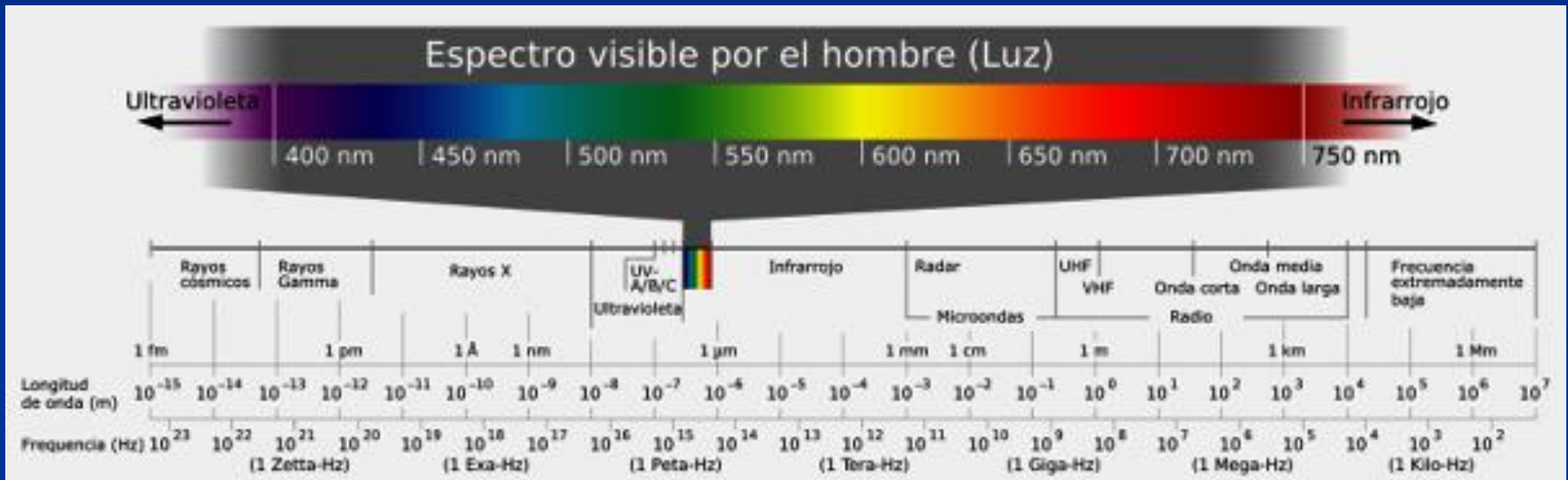


Lungimea de undă λ , frecvența ν și viteza de propagare c ale undelor electromagnetice sunt legate prin ecuația:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Spectrul solar: Radiația

Spectrul electromagnetic



Gamma



Raze X



Vizibil



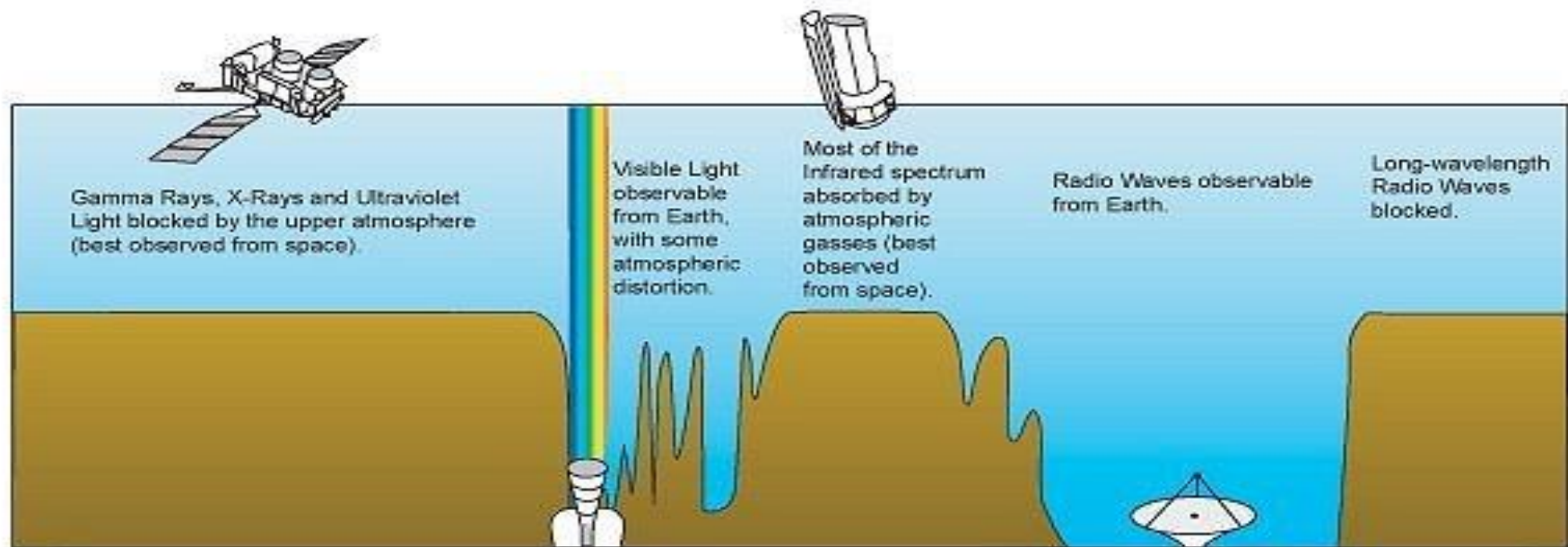
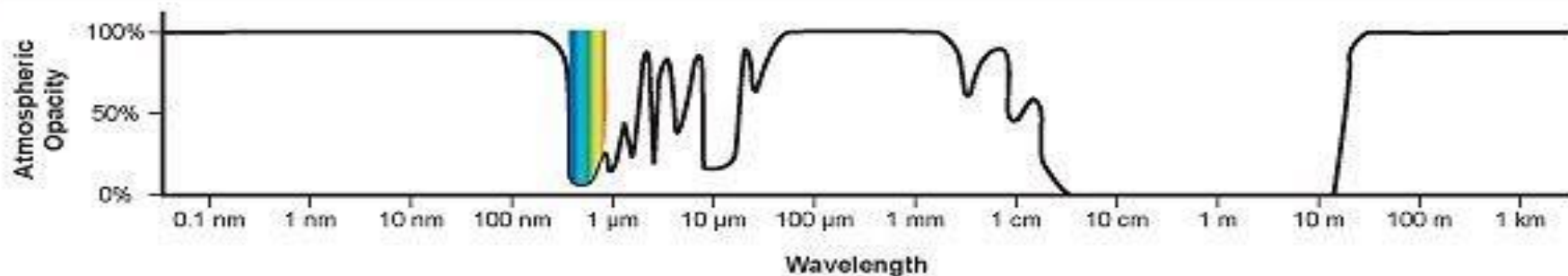
Infraroșu



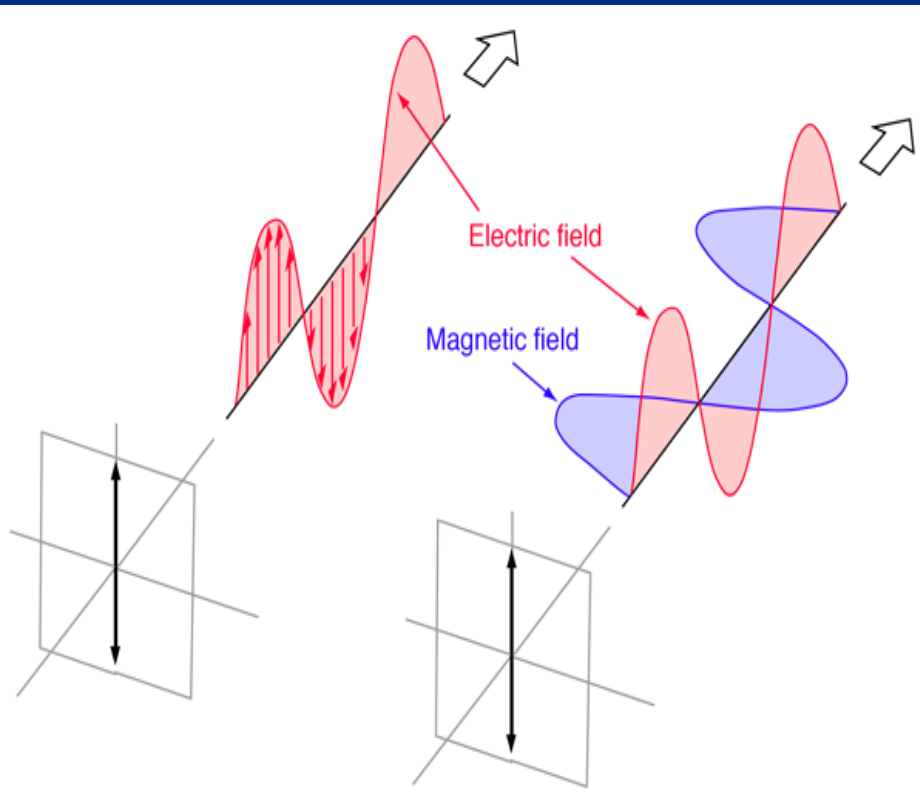
Radio

Spectrul solar: Radiația

Atmosfera Pământului este opacă pentru cele mai multe lungimi de undă ale radiației



Spectrul solar: Polarizarea

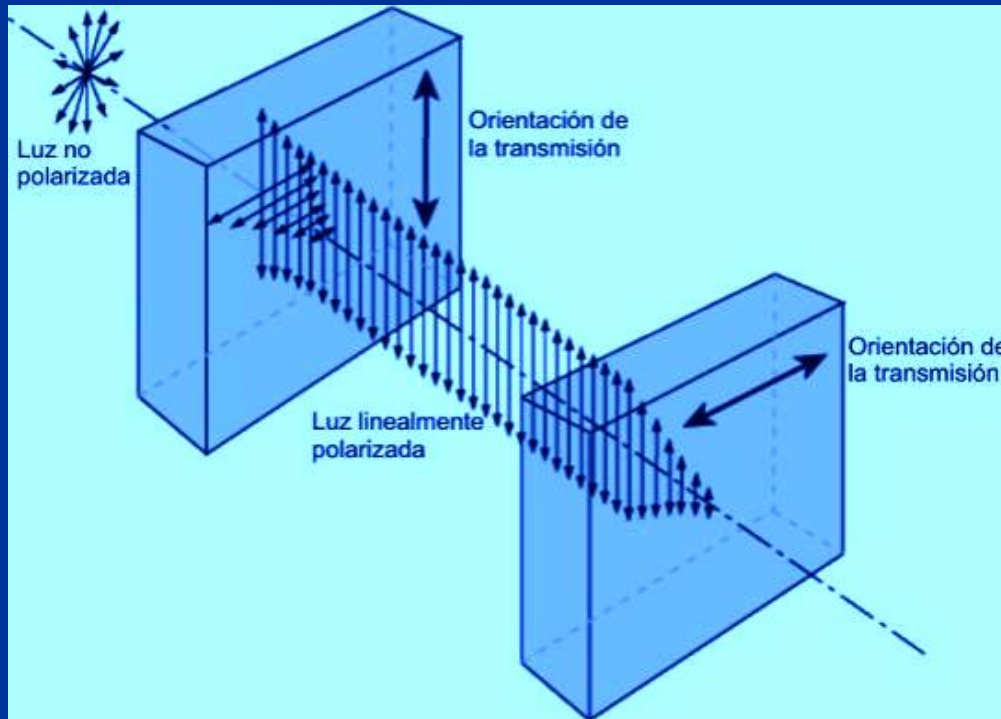


- Radiația electromagnetică are un profil, așa ca în figură.
- Există o direcție de vibrație pentru câmpul electric și o alta pentru cel magnetic.
- Această undă este polarizată liniar. În acest caz este polarizată vertical.
- Lumina Soarelui nu are nici o direcție privilegiată de vibrație.

Spectrul solar: Polarizarea

Lumina solară poate fi polarizată prin:

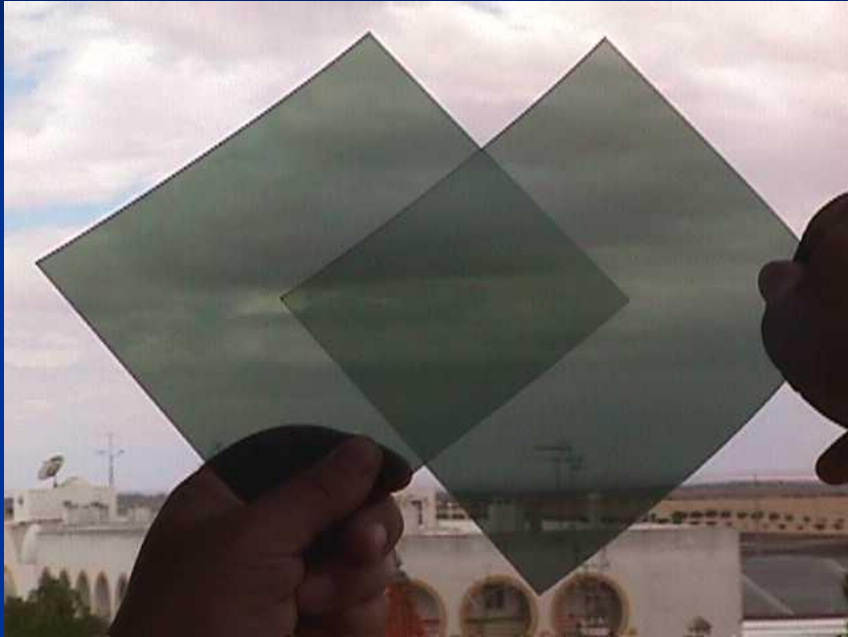
- Reflexie
- Refracție – trecerea printr-un filtru polarizant



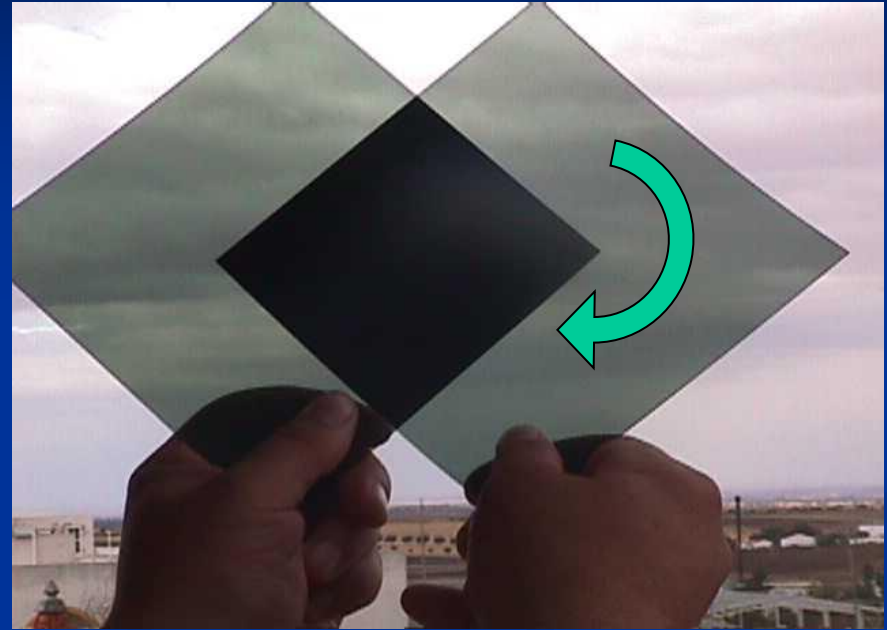
Când cele două filtre polarizante au direcțiile de polarizare paralele, lumina trece prin ele.

Dacă direcțiile lor sunt perpendiculare, lumina care trece prin primul filtru este blocată de al doilea și astfel lumina nu mai poate să treacă.

Activitatea 1: Spectrul solar - Polarizarea



Dacă filtrele au aceeași orientare, atunci lumina trece prin ele.



Dacă un filtru este rotit cu 90° , atunci lumina este blocată.

Activitatea 1: Spectrul solar - Polarizarea



Moleculele filtrelor au aceeași orientare, astfel încât lumina trece printre ele.



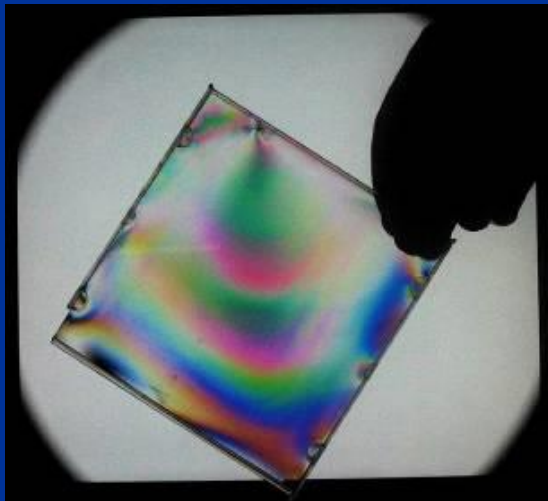
Dacă unul dintre filtre este rotit cu 90° , lumina este blocată.

În astrofizică, polarizarea luminii ne permite să studiem orientarea și dimensiunea boabelor de praf interstelar.

Activitatea 1: Spectrul solar - Polarizarea

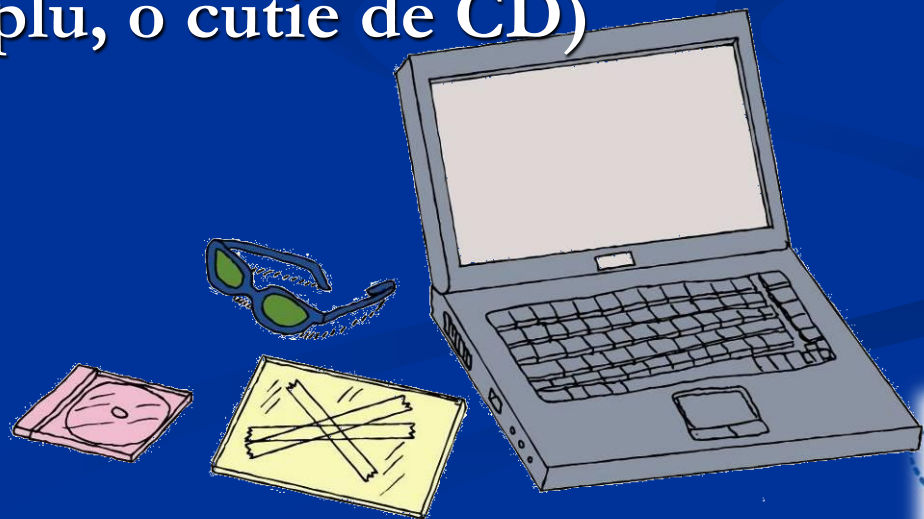


- Lumina poate fi, de asemenea, polarizată prin reflexie.
- Ochelarii de soare polarizați vă ajută să evitați reflexiile.
- Polarizarea este folosită în fotografie și inginerie pentru a vizualiza tensiunile interne în materiale.

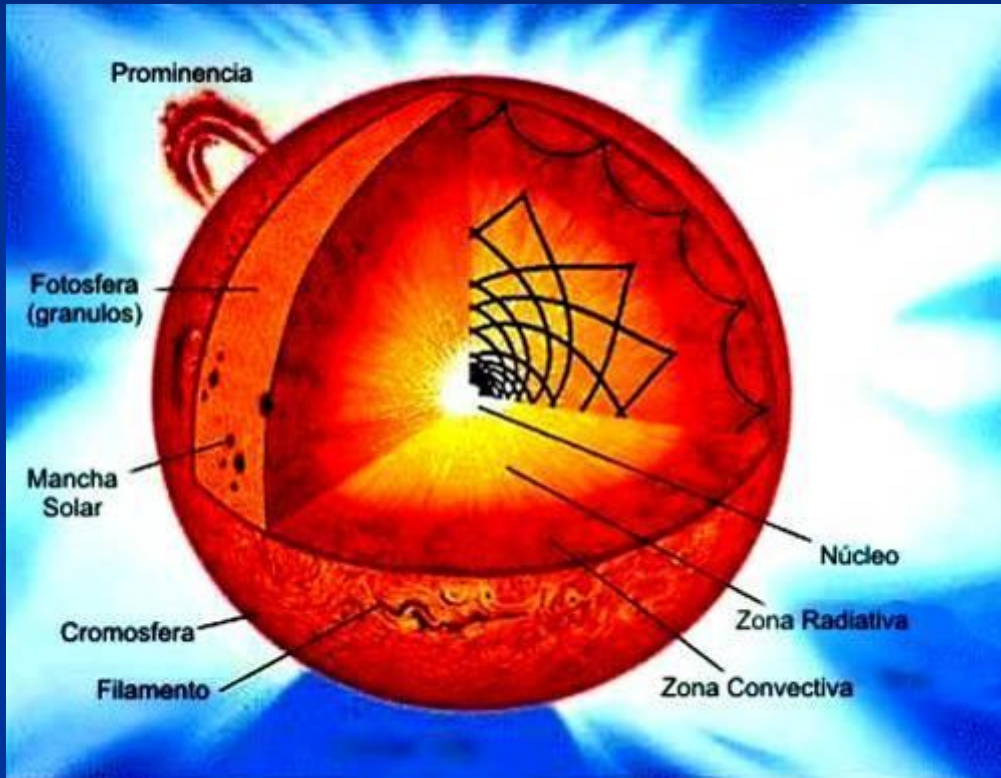


Activitatea 2: Polarizarea luminii

- Ecranul laptopului sau telefonului mobil emite lumină polarizată.
- Observați planul de polarizare cu ochelari de soare polarizați.
- Unele obiecte rotesc planul de polarizare: bandă transparentă lipită pe plastic
- Observați tensiunile interne într-o bucată de plastic transparent (de exemplu, o cutie de CD)



Structura Soarelui



- Nucleu:

15 milioane K

- Zona radiativă:

8 milioane K

- Zona de convecție:

500 000 K.

Există convecție

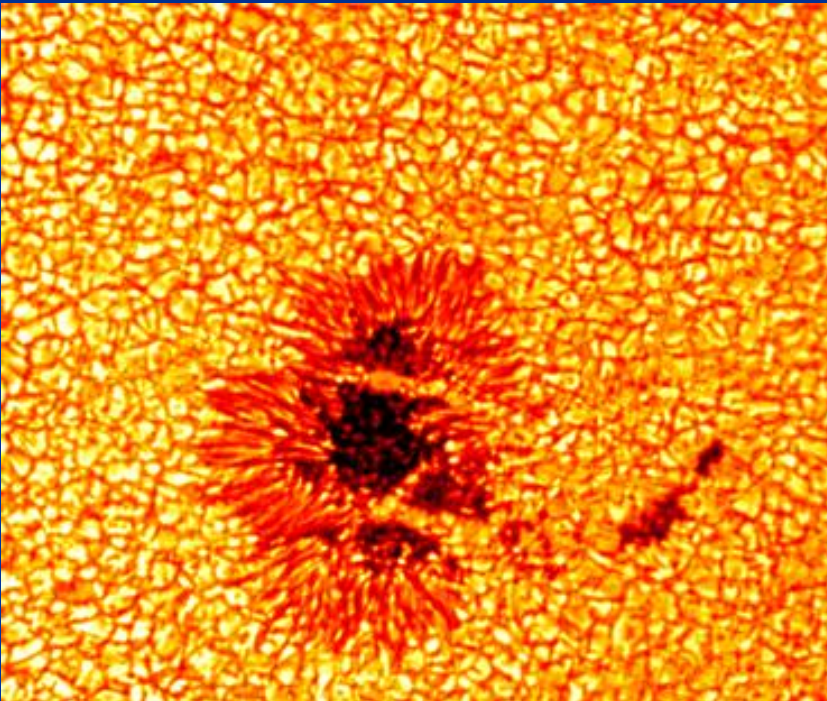
(mișcare a materiei) în straturile exterioare ale Soarelui.

Structura Soarelui

- Fotosfera:

6.400-4.200 K,
este "suprafața" Soarelui

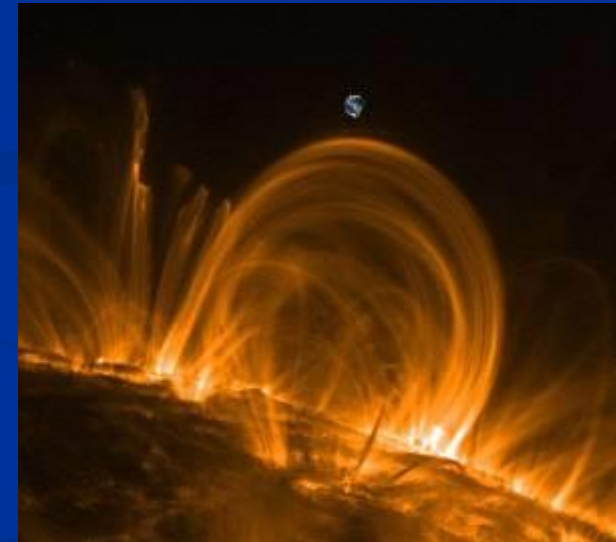
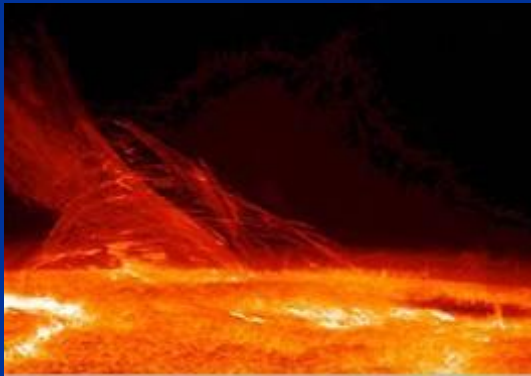
Conține granule cu
diametrul de ~ 1000 km



Structura Soarelui



- Cromosfera „preeria în flăcări”: $4.200 - 10^6$ K.
- Există protuberanțe (proeminențe) și jeturi de gaze

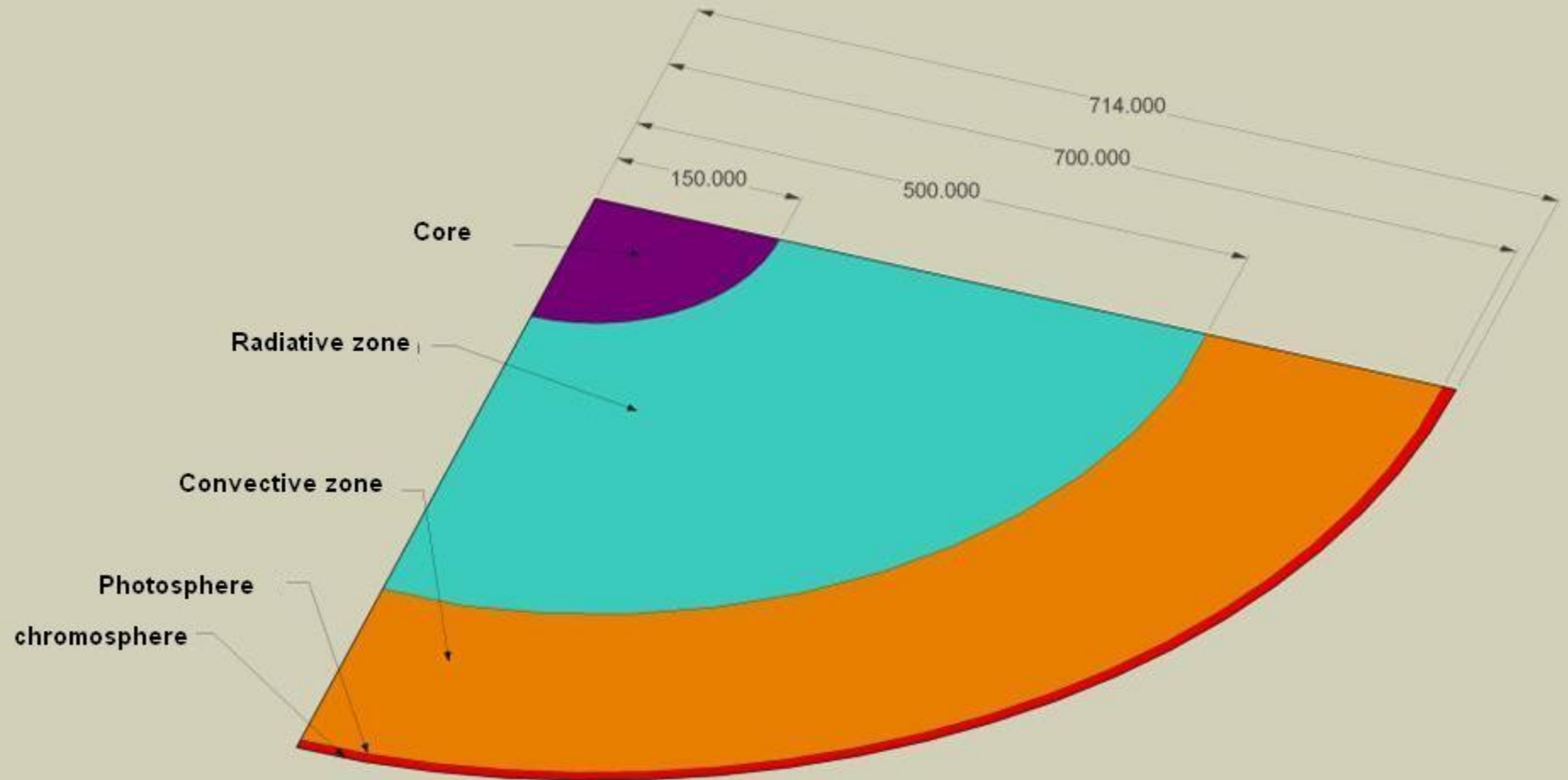


Structura Soarelui

- ❑ Coroana: vântul solar 10^6 - $2 \cdot 10^6$ K.
- ❑ Poate fi văzută doar la eclipse sau cu instrumente speciale (coronografe).



Structura Soarelui

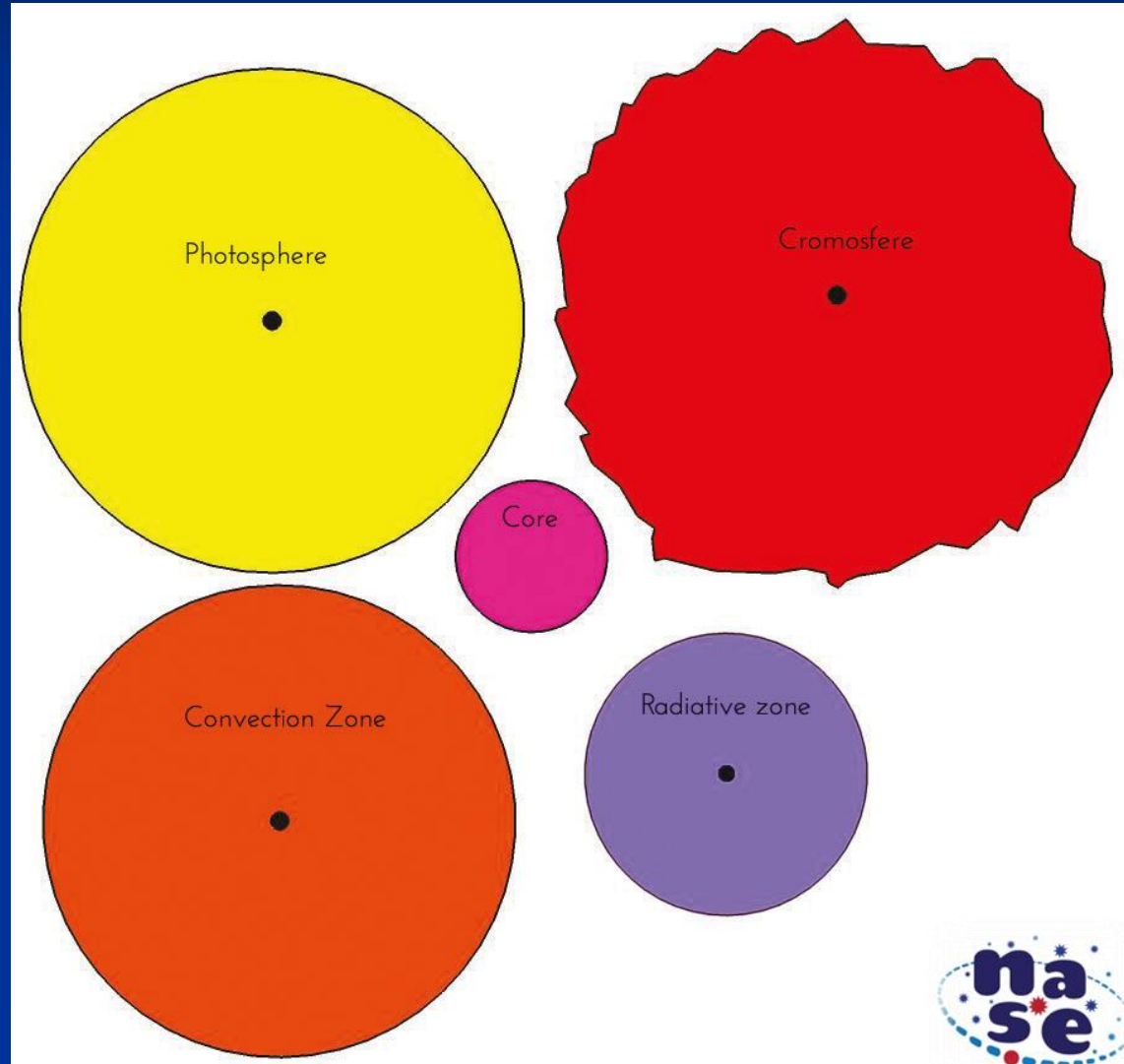


Activitatea 3: Structura Soarelui

Execută un model simplu al straturilor Soarelui.

Scopul este de a decupa diferitele forme.

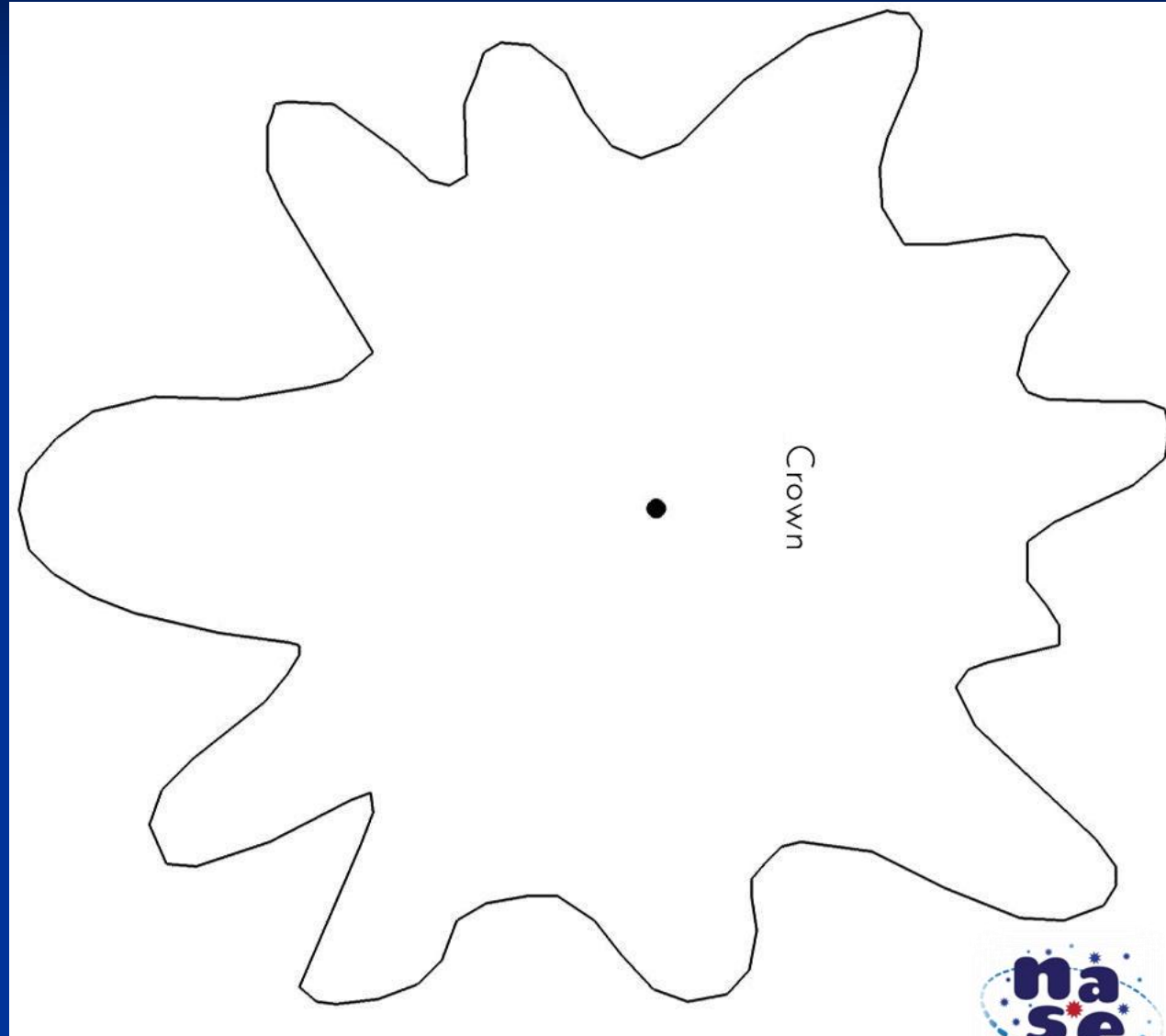
Ele pot fi desenate pe foi de hârtie diferit colorate sau pot fi pictate în aceste culori.



Activitatea 3: Structura Soarelui

Coroana poate fi făcută din folie transparentă pentru retroproiector.

În final, diferitele straturi pot fi lipite în ordinea corectă.



Activitatea 3: Structura Soarelui

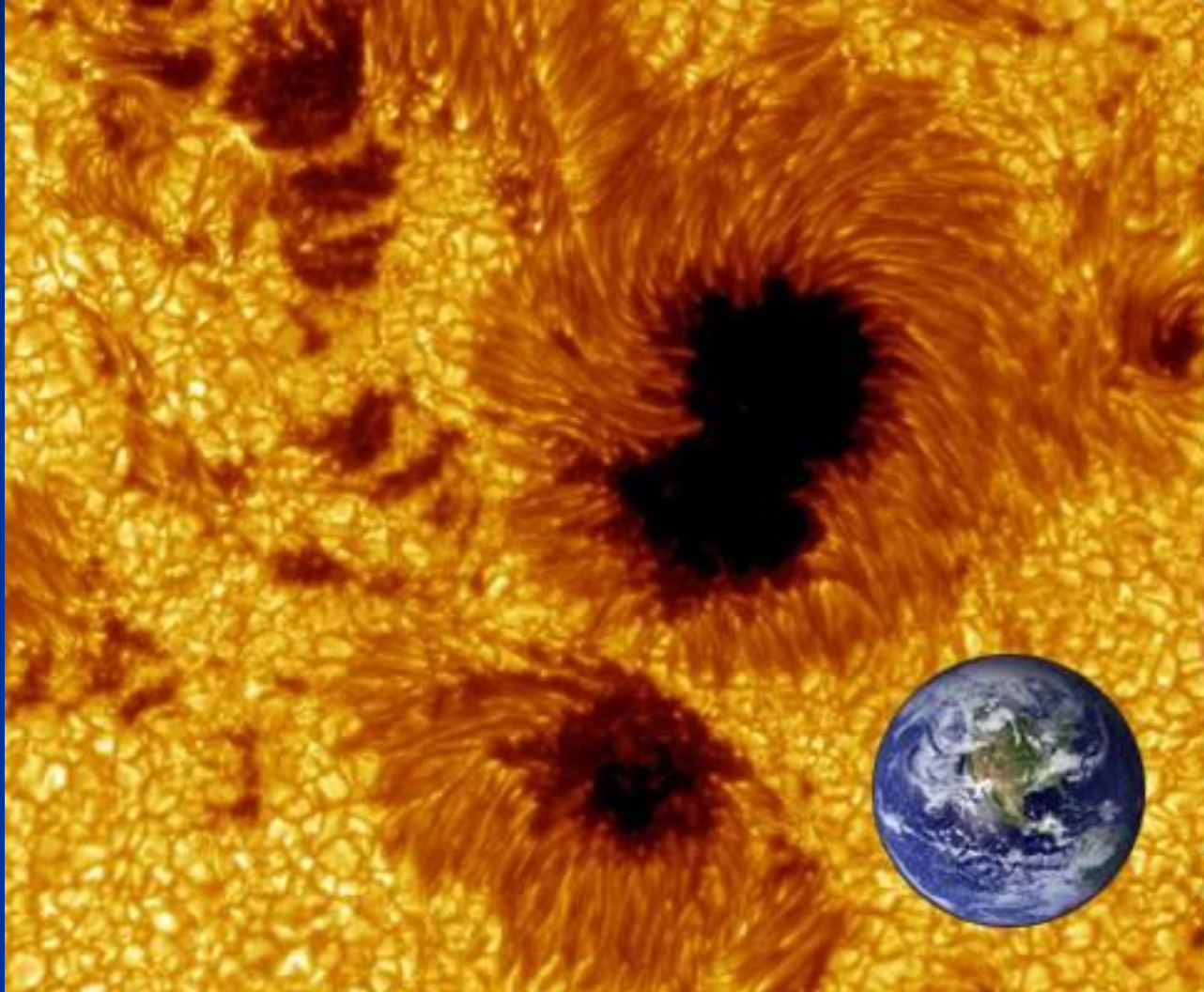


Petele solare

- Pete întunecate pe fotosferă, care au ~ 4200 K în loc de 6000 K.
- Fiecare pată solară are două regiuni: Umbra (zona centrală) și Penumbra (zona periferică).

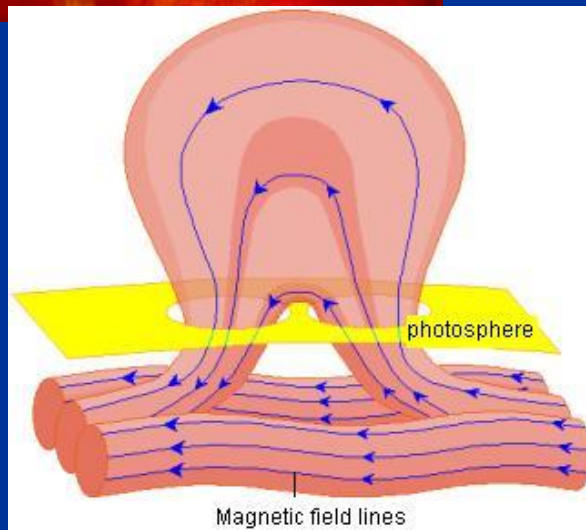


Petele solare

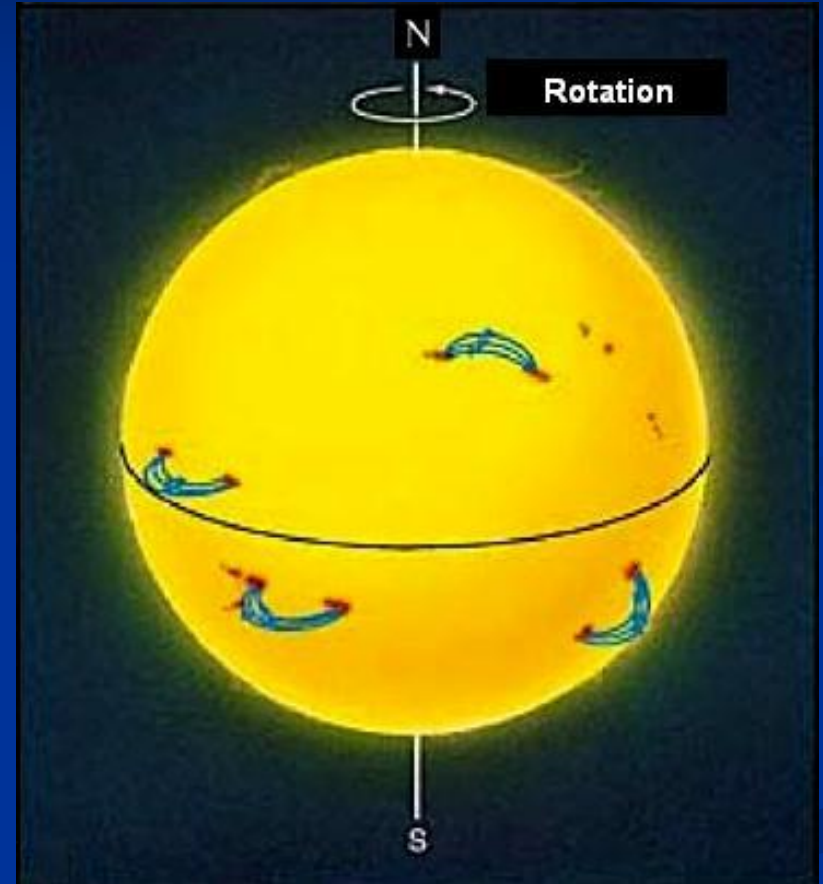
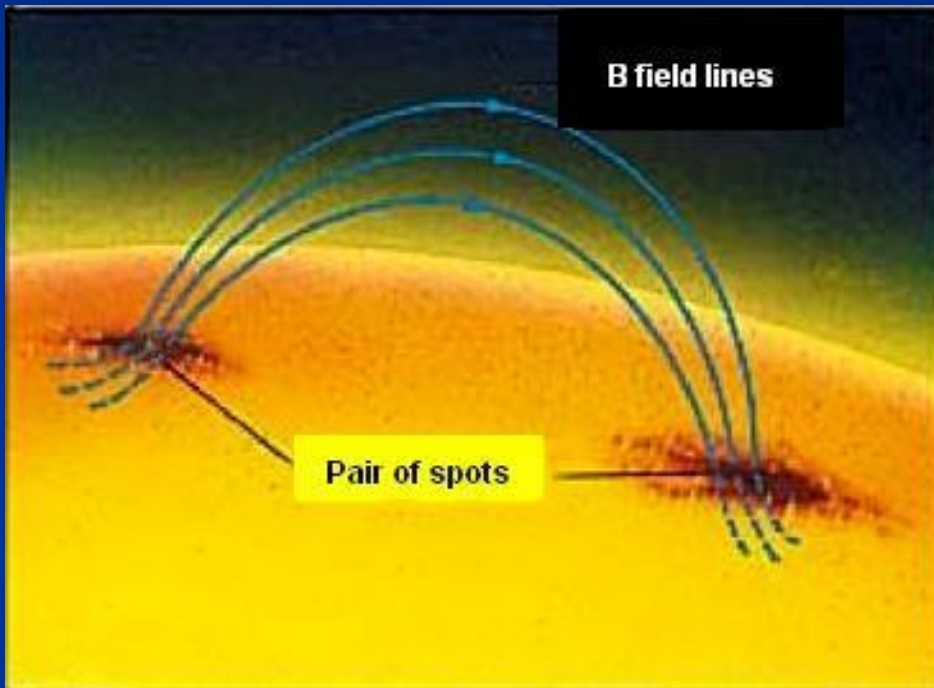


Petele solare

- În pete există câmpuri magnetice puternice.
- Petele apar prin evadarea liniilor câmpului magnetic. Aici vedeți o buclă ce crește din interior.

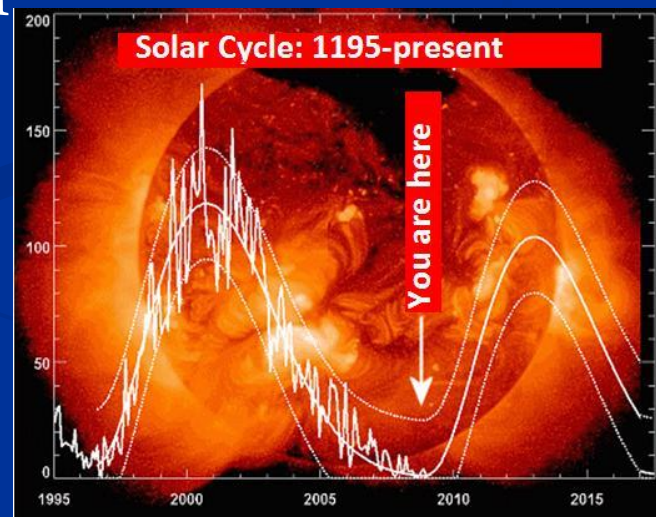
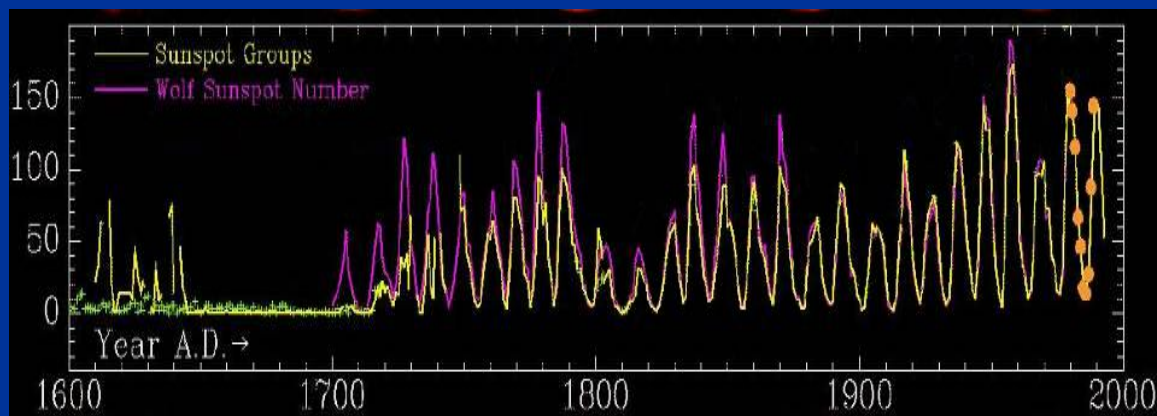


Petele solare



Petele solare

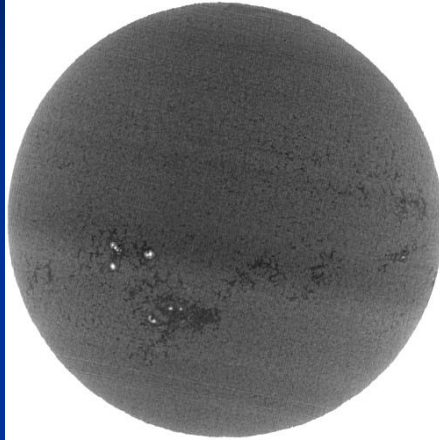
- Numărul de pete solare indică „activitatea solară”
- Numărul Wolf = $10 G + F$
(G = numărul grupurilor de pete; F = numărul total de pete solare)
- Există un ciclu de 11 ani pentru petele solare. de



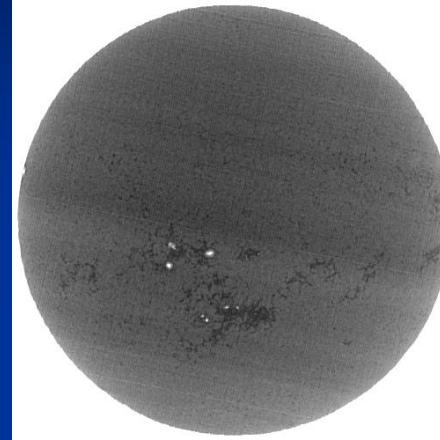
În 2008 a existat un minim de activitate a Soarelui, care a durat mai mult decât de obicei.

Petele solare: rotația solară

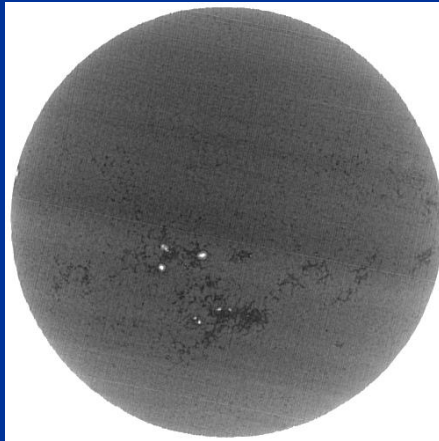
21 noiembrie 1992



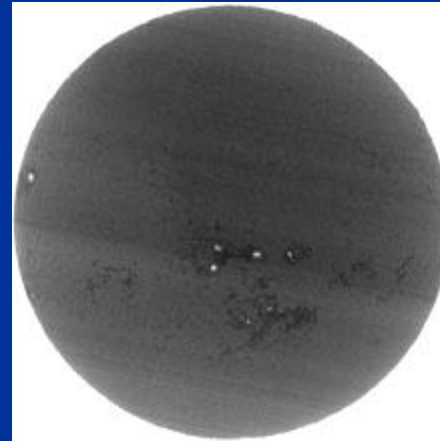
22 noiembrie 1992



23 noiembrie 1992



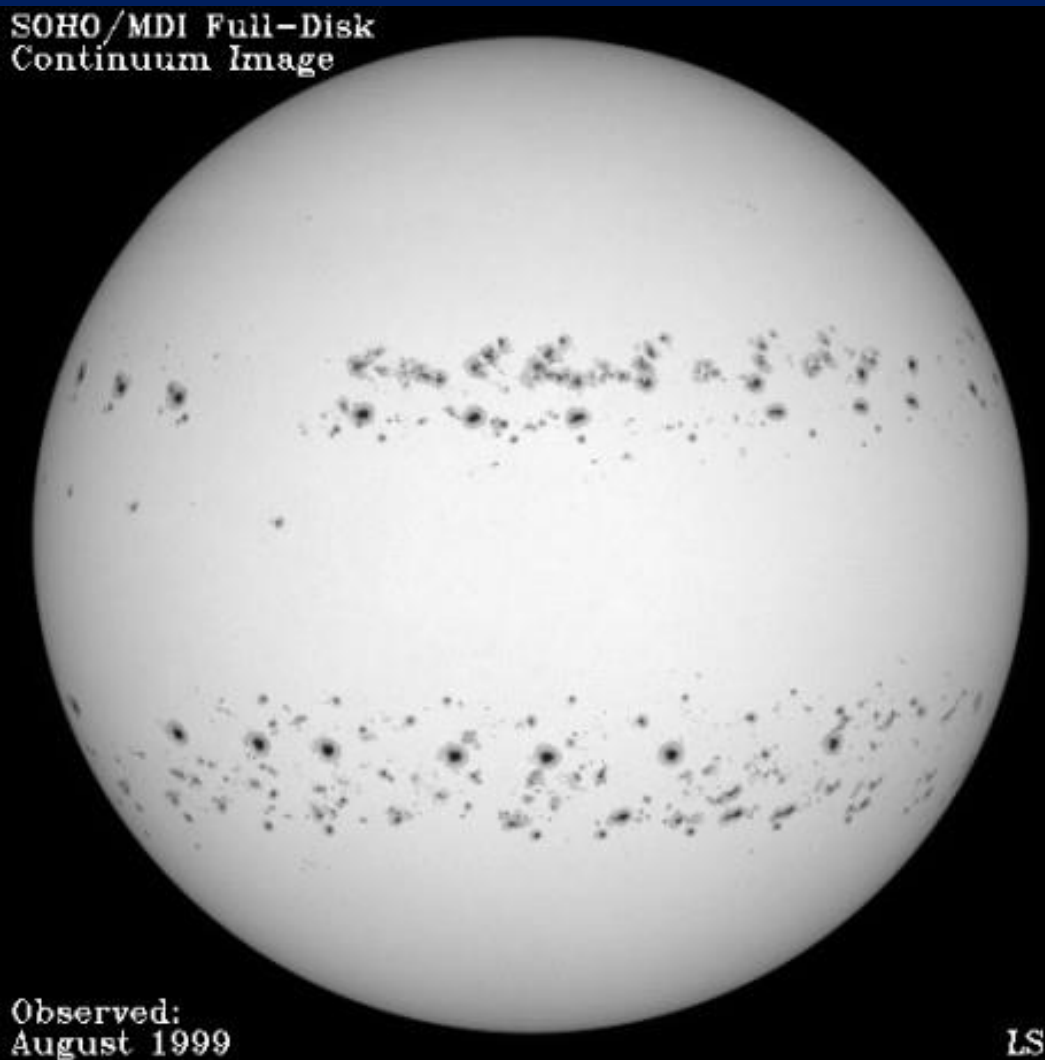
24 noiembrie 1992



Credit pentru imagini: Observatorul Astronomic al Universității din Coimbra



Petele solare și rotația Soarelui



- Petele solare pot fi folosite pentru a măsura rotația solară.
- Galileo a fost unul dintre primii care au văzut pete solare cu ajutorul unui telescop, el le-a folosit pentru a măsura perioada de rotație solară.
- Perioade de rotație diferite: de la 25 zile la ecuator până la 34 zile la poli.



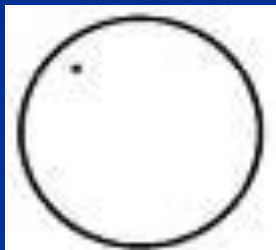
Activitatea 4: Determinarea perioadei de rotație a Soarelui

- Observarea Soarelui trebuie să fie făcută întotdeauna prin proiecție cu un telescop sau un binoclu. **Niciodată direct.**

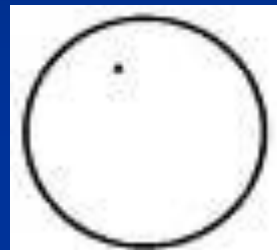


Activitatea 4: Determinarea perioadei de rotație a Soarelui

- Petele solare sunt desenate în câteva zile, în intervalul de timp t (exprimat în zile).



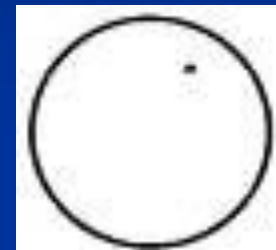
Zi 1



Zi 4

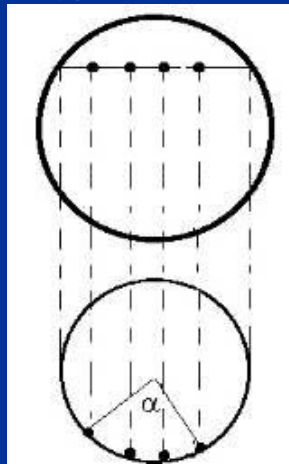


Zi 6



Zi 8

- Desenați traseul, circumferința și unghiul α . Apoi perioada P poate fi calculată în zile.

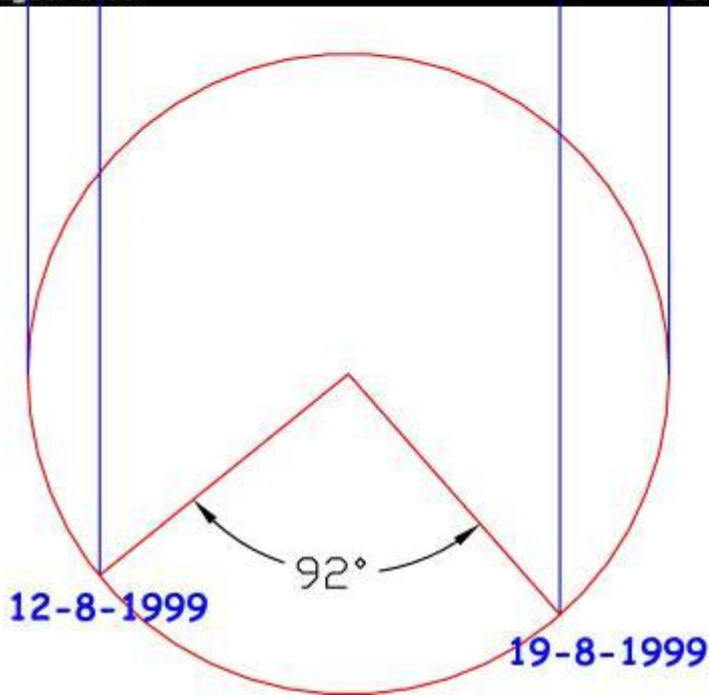


$$\frac{360^\circ}{\alpha^\circ} = \frac{T}{t}$$



Activitatea 4: Determinarea perioadei de rotație a Soarelui

$$T = \frac{360^\circ \times 7 \text{ zile}}{92^\circ} = 27,3 \text{ zile}$$



Radiația solară

- Soarele este un mare reactor nuclear, care produce fotoni, fiecare cu o frecvență (culoare) ν și o energie $E=h\cdot\nu$
- Luminozitatea Soarelui (puterea în wați) este enormă: în fiecare secundă emite echivalentul a mii de miliarde de bombe atomice.
- Energia este transmisă în spațiu ca o bulă tot mai mare și mai mare în timp.
- Suprafața bulei de energie este $4\cdot\pi\cdot R^2$.
- La distanța R de la Soare, energia care ajunge în fiecare secundă pe o suprafață de 1 m^2 este:

(unde P este puterea totală a Soarelui).

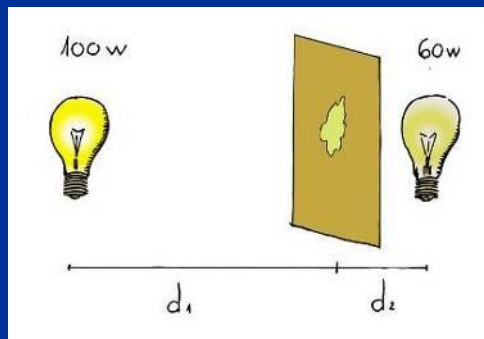
$$\frac{P}{4\pi R^2}$$



Activitatea 3: Măsurări luminozitatea Soarelui

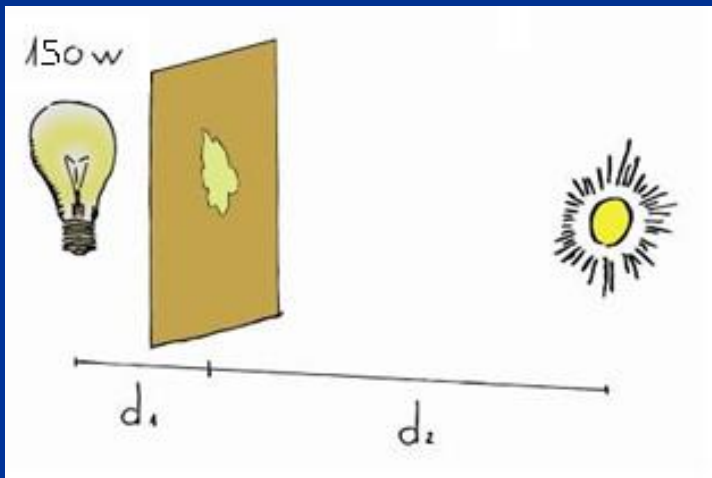
- Energia transmisă depinde de inversul distanței la pătrat. Dacă știm distanța de la Soare, putem calcula puterea.
- Facem un fotometru cu o pată de ulei. Când ambele fețe ale hârtiei sunt la fel luminate, pata nu se mai vede, adică aceeași energie a ajuns pe ambele părți.
- Atunci:

$$\frac{P_1}{4 \cdot \pi \cdot d_1^2} = \frac{P_2}{4 \cdot \pi \cdot d_2^2}$$



Activitatea 5: Măsurări luminozitatea Soarelui

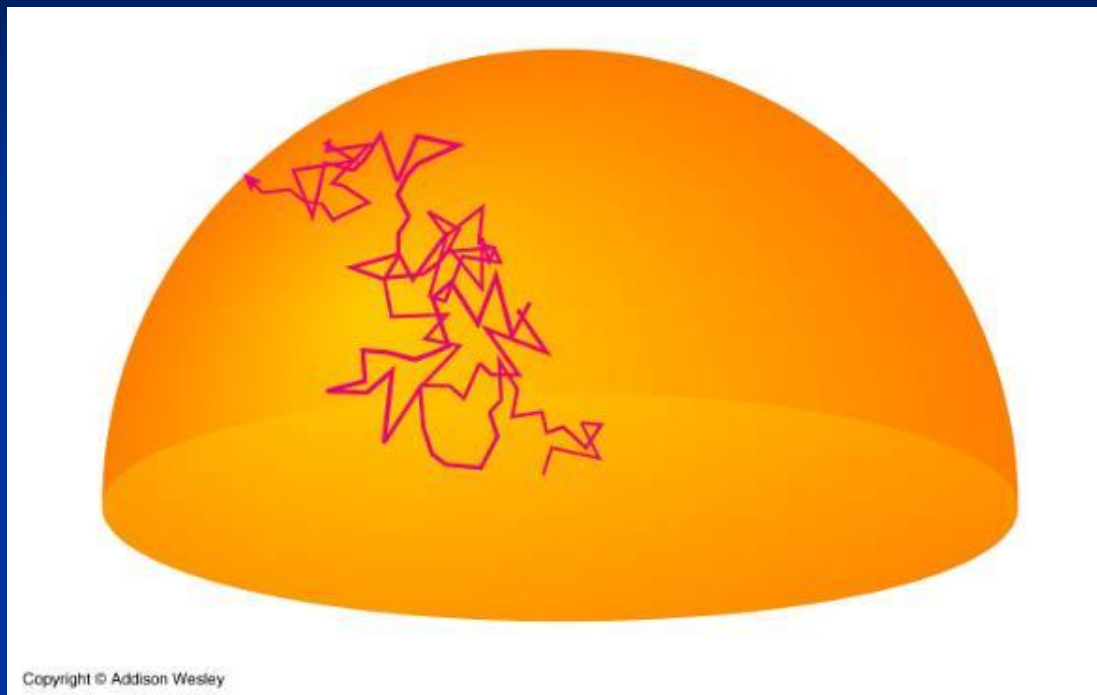
Comparăm un bec de 150 W cu Soarele, care este la 150 milioane km ($1,5 \cdot 10^{11}$ m) și măsurăm P.



$$\frac{150W}{d_1^2} = \frac{P}{d_2^2}$$

• Rezultatul trebuie să fie aproximativ de $3.8 \cdot 10^{26}$ W

Spectrul solar: Opacitate



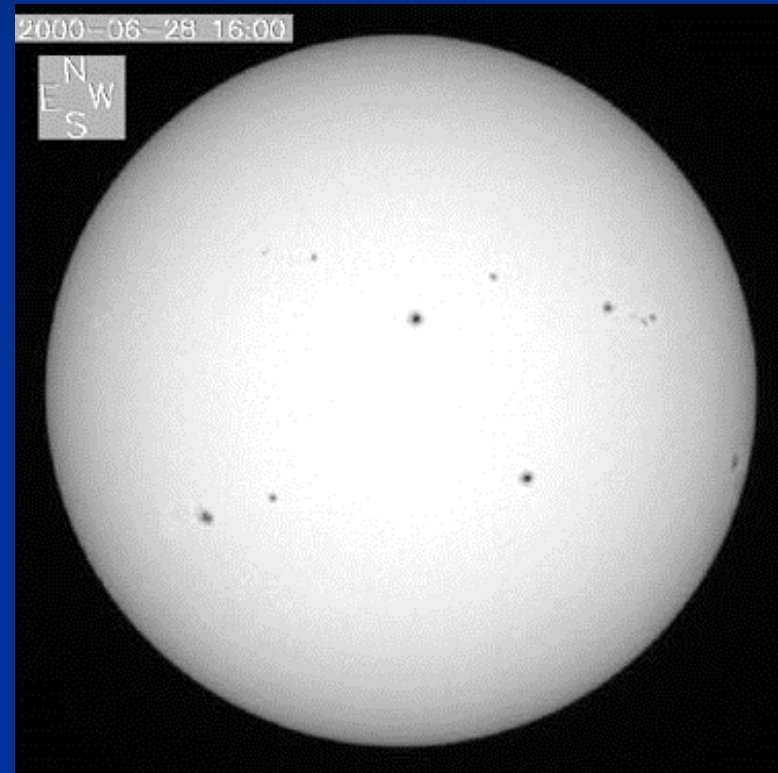
Fotonii sunt produși în partea cea mai adâncă a Soarelui și interacționează cu materialul foarte dens din acea regiune. Unui foton produs în miezul Soarelui îi trebuie până la 1 milion de ani pentru a ajunge la fotosferă.

Spectrul solar: OPACITATE

Părțile interioare ale Soarelui sunt opace (sunt multe interacțiuni ca într-un solid)

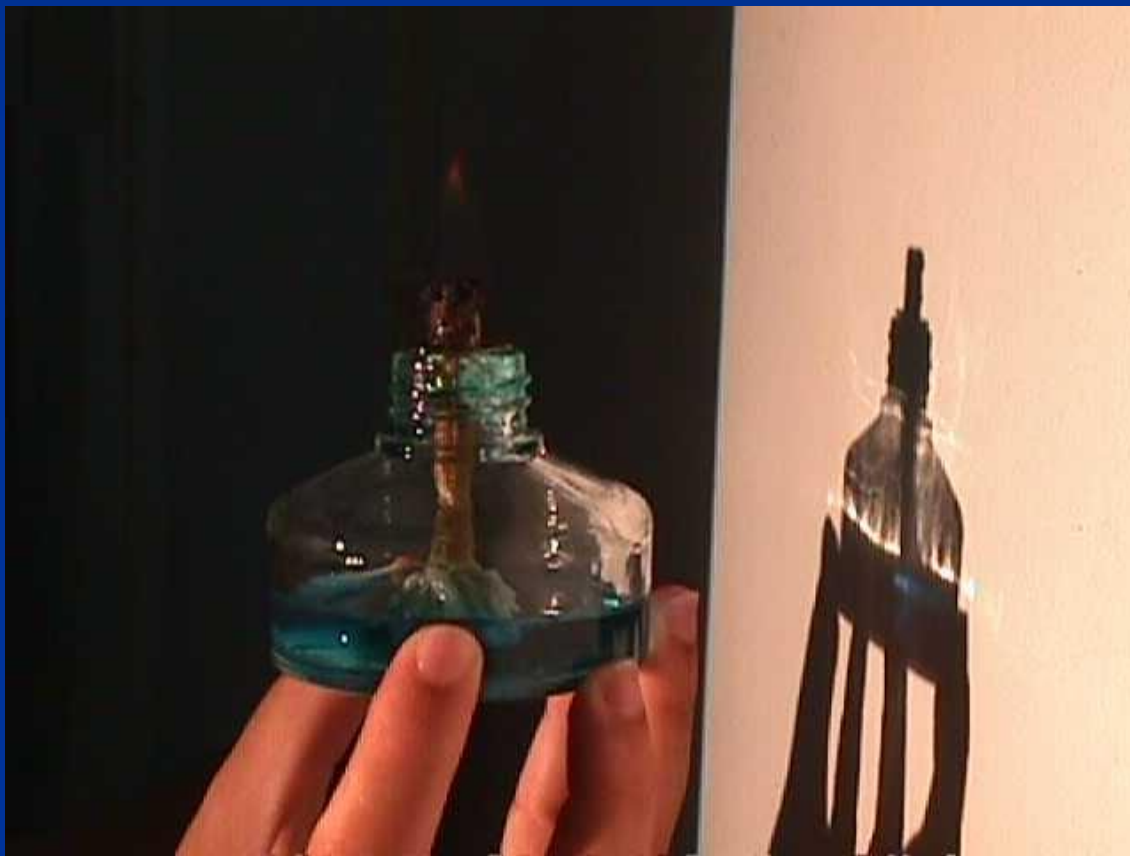
Părțile exterioare sunt transparente.

Dovezi: întunecarea exteriorului - la margine, Soarele este mai puțin luminos, deoarece este mai transparent.



Activitatea 6: Transparență și opacitate

Transparent nu este același lucru cu invizibil



Spectrul



Fuente: Deutsche Bundespost 1993



În 1701, Newton a folosit o prismă și a descompus lumina Soarelui în culorile componente.

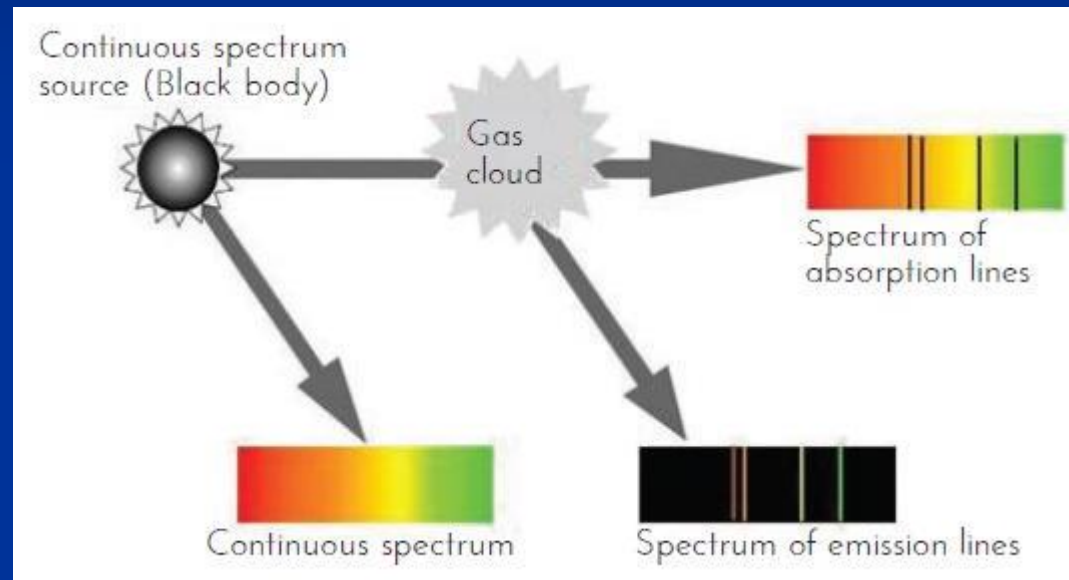
Orice lumină poate fi descompusă cu o prismă sau cu o rețea de difracție. Ceea ce veți obține este un spectru.



Legile lui Kirchoff și Bunsen

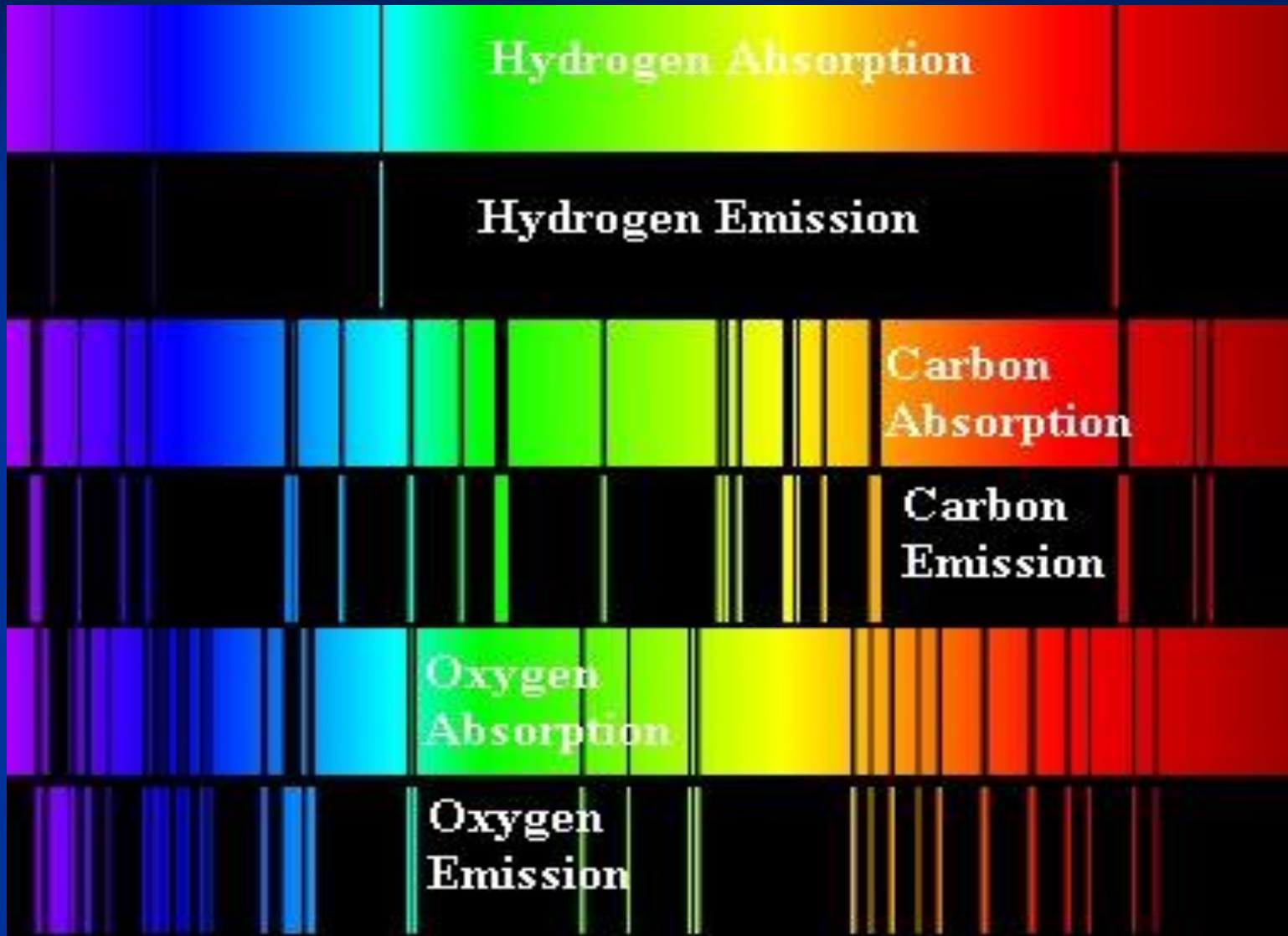
Legea 1 - Un obiect solid și incandescent produce lumină cu un spectru continuu.

Legea 2 - Un gaz fierbinte rarefiat produce lumină doar cu anumite lungimi de undă, care depind de compoziția chimică a gazului.



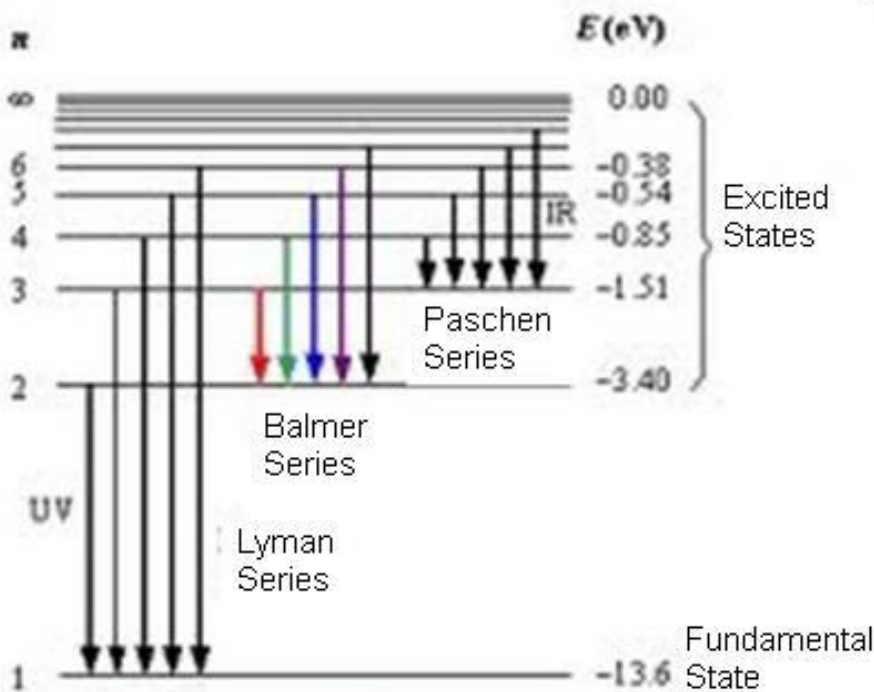
Legea 3 - Un obiect solid incandescent, înconjurat de un gaz de joasă presiune, produce un spectru continuu din care lipsesc lungimile de undă ale căror poziții corespund cu cele ale Legii 2.

Spectral



Spectrul

Linii de emisia și cele de absorbție se formează ca urmare a salturilor de electroni între două niveluri de energie cuantificată.

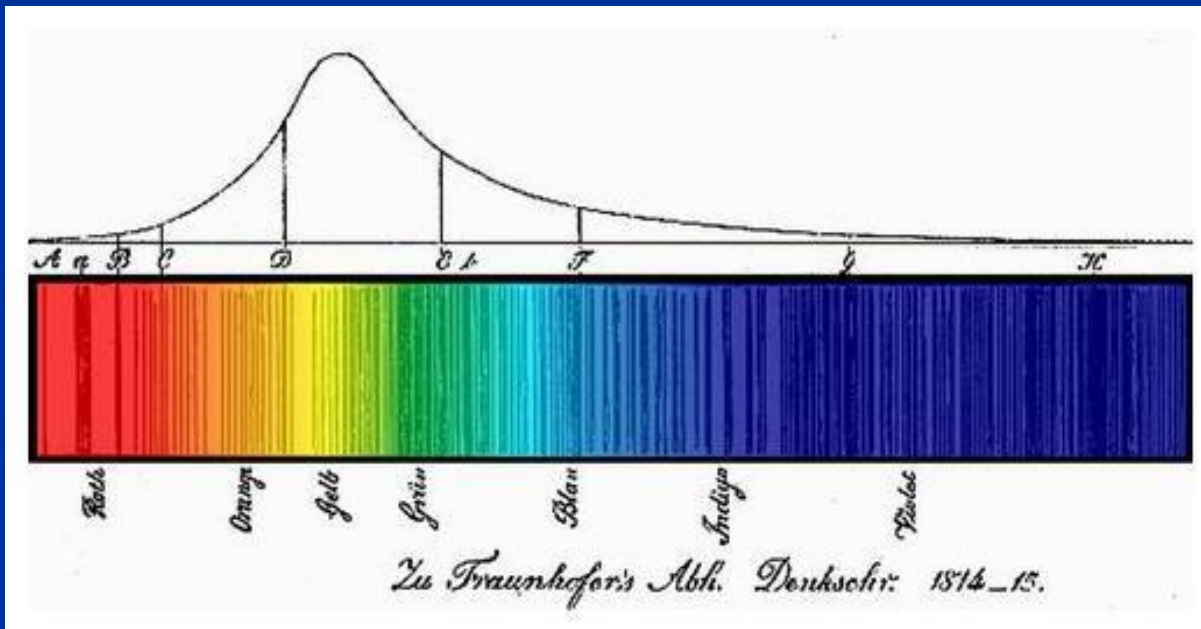
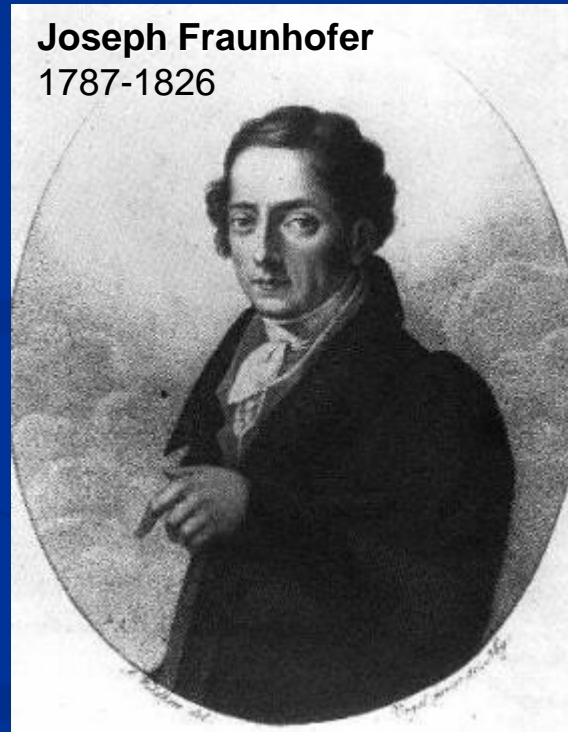


Energy levels of the hydrogen atom, with some of the transitions which produce the spectral lines indicated

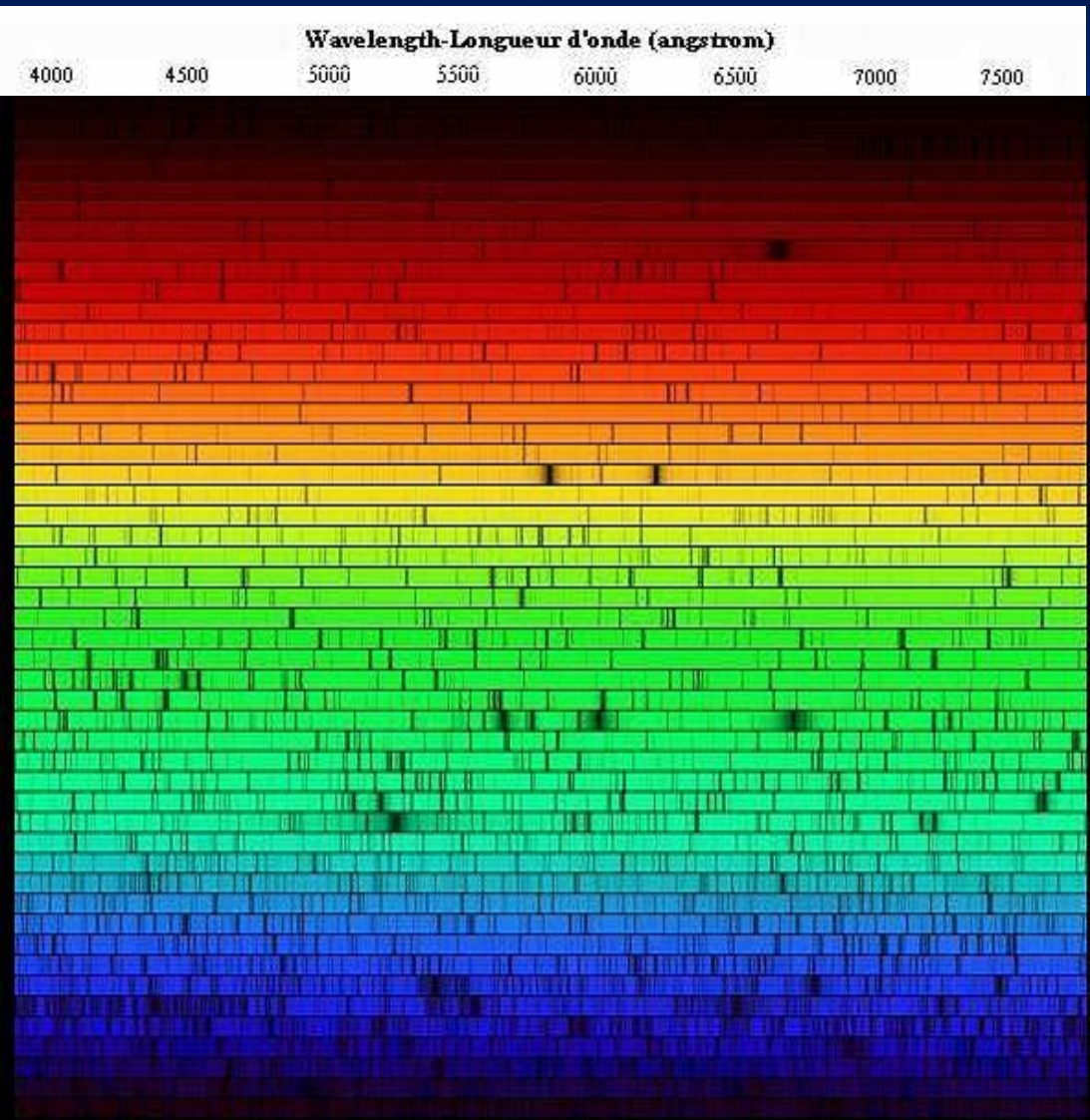
Spectrul solar: Spectrul de absorbție

În 1802, William Wollaston a observat linii negre pe spectrul solar.

În 1814, Joseph Fraunhofer a studiat sistematic spectrul Soarelui și a detectat aproximativ 700 de linii întunecate.



Spectrul solar: Spectrul de absorbție



- Liniile întunecate apar datorită prezenței gazelor mai reci chiar deasupra suprafeței Soarelui.
- Putem ști din ce este făcut Soarele fără a intra în interior
- Astăzi, spectrele de înaltă definiție prezintă mult mai multe linii.

Radiația corpului negru



Atunci când fierul este încălzit treptat într-un cuptor emite lumină după cum urmează:

- roșie
- galbenă
- albă
- albăstruie.

Radiația corpului negru

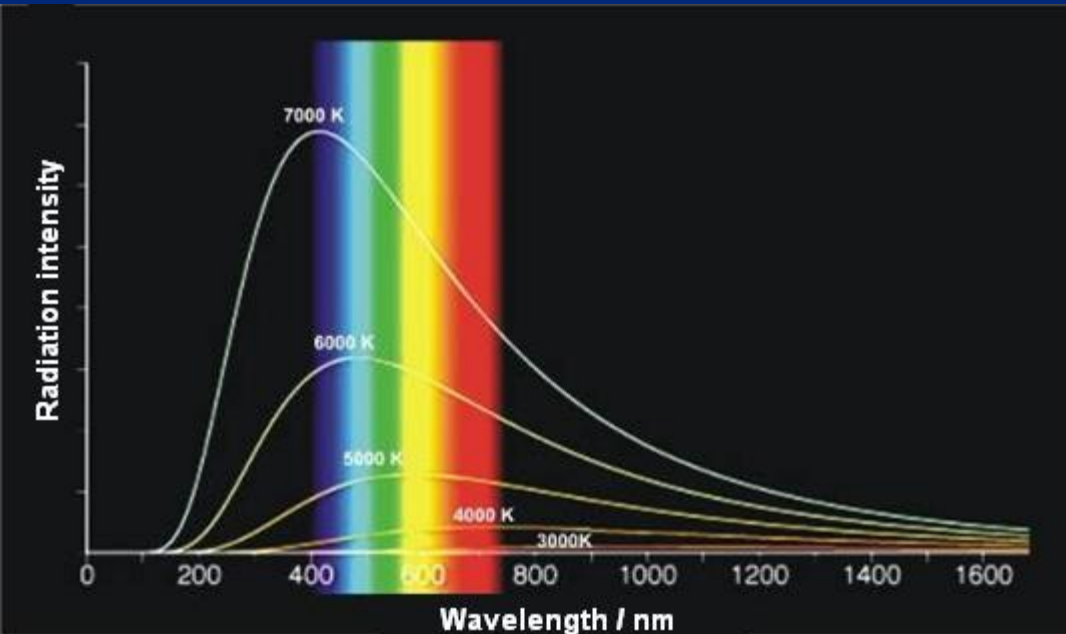
Când un "corp negru", este încălzit, emite radiații cu mai multe lungimi de undă.

Există λ_{\max} la care energia este maximă. Această λ_{\max} depinde de temperatura T :

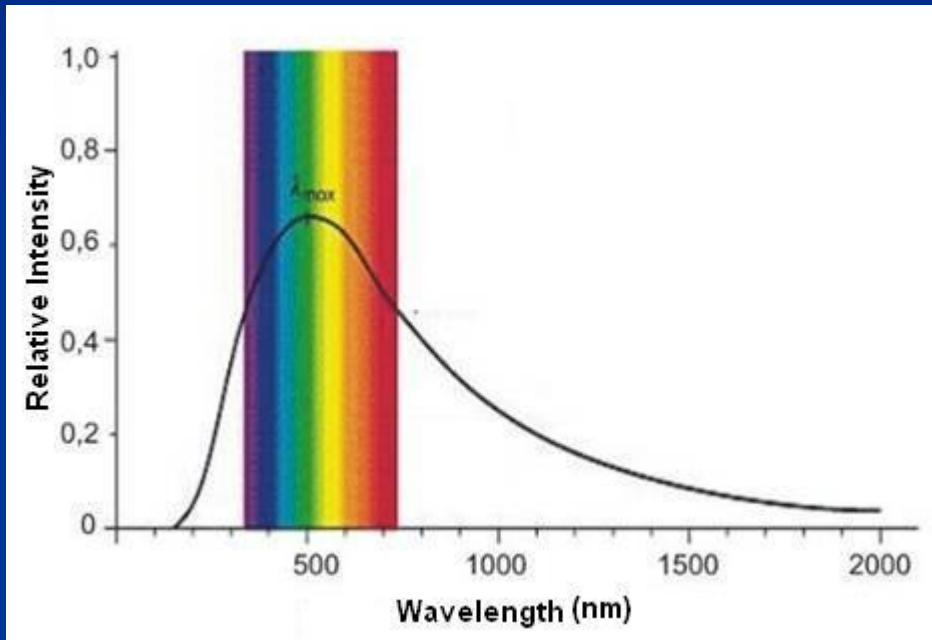
$$\lambda_{\max} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{T} \quad (\text{m})$$

Prin studierea radiației unui obiect îndepărtat, putem măsura temperatura lui, fără să mergem acolo.

Legea lui Wien



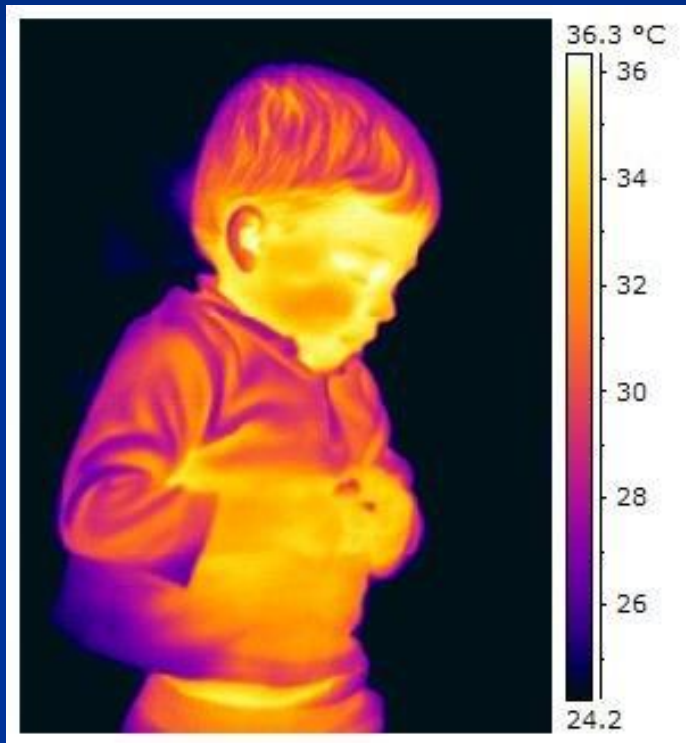
Radiația corpului negru



Soarele are $\lambda_{max} = 500$ nm.

Aceasta înseamnă că temperatura la suprafața Soarelui este de 5800 K.

Radiația corpului negru



Organismul uman are o temperatură de

$$T = 273 + 37 = 310 \text{ K.}$$

Un corp uman emite cea mai multă energie la $\lambda_{\text{max}} = 9300 \text{ nm}$. Aceasta este în infraroșu îndepărtat.

Dispozitivele cu vizibilitate nocturnă folosesc această lungime de undă.



Difuzia luminii



- În cazul în care lumina albă trece printr-un gaz cu particule mari, toate culorile vor fi la fel dispersate (nor alb).
- Dacă dimensiunile particulelor sunt mult mai mici decât lungimile de undă ale fotonilor incidenți, atunci fotonii cu lungimi de undă mai mici vor fi împrăștiați mai mult decât cei cu lungimi mai mari. (Rayleigh).
- În atmosfera noastră, fotonii albaștri sunt împrăștiați mai mult decât cei roșii și astfel cei albaștri vin din toate direcțiile. Prin urmare, vom vedea cerul albastru.

La apus de soare, lumina parcurge un drum mai lung prin atmosferă și devine astfel mai mult galbenă-roșie.

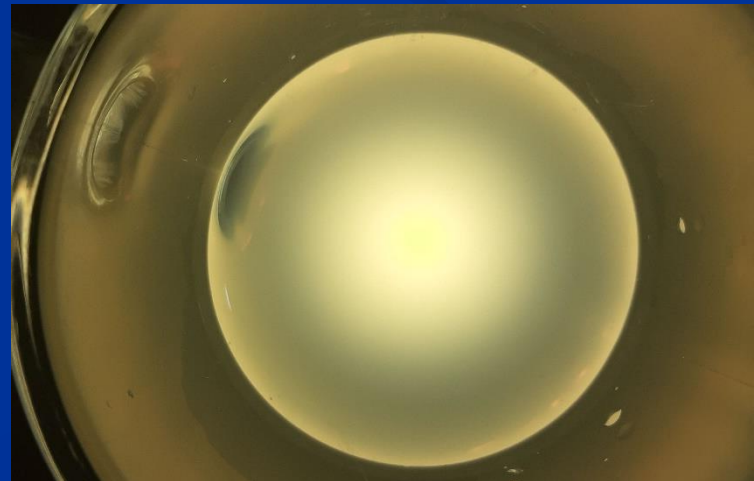


Activitatea 7: Dispersia luminii

- Într-un pahar înalt puneți apă și câteva picături de lapte. Lumina de la o lanternă apare colorată diferit:

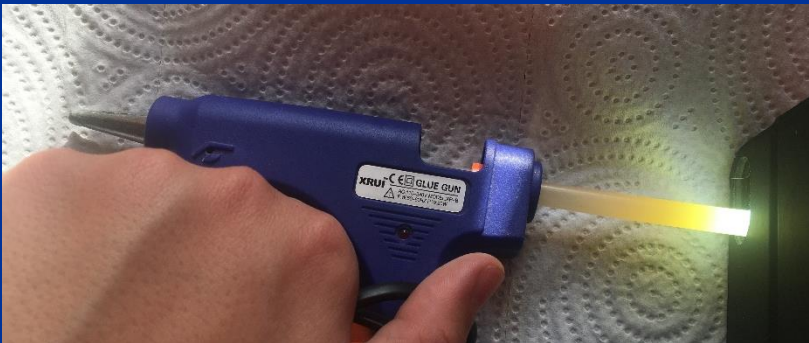


- - albăstruie, dacă lumina trece transversal prin paharul cu lichid
- - roșiatică, dacă lumina trece vertical prin paharul cu lichid și noi privim din partea de sus a paharului.



Activitatea 7: Dispersia luminii

- Bară din silicon utilizată la pistolul pentru lipit
- Lanterna unui telefon mobil
- În imediata apropiere a luminii, culoarea barei de silicon este albăstrui.
- În zona mai îndepărtată de lumina lanternei, culoarea barei devine gălbuie și apoi roșiatică.



Vă mulțumesc foarte
mult pentru atenție!

