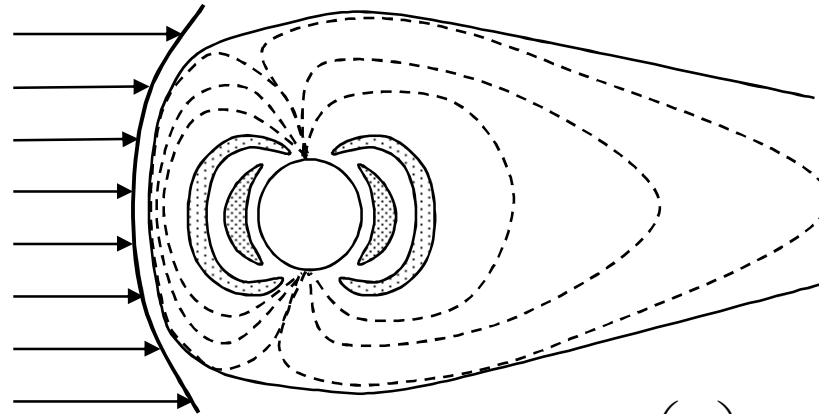


# Magnetosfera

Fluxul de plasmă solară se deplasează în spațiul interplanetar cu viteze de la 250 km/s până la peste 1000 km/s (**viteze superalfvenice**) determinând **vântul solar**.

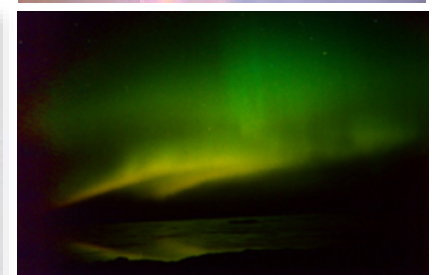
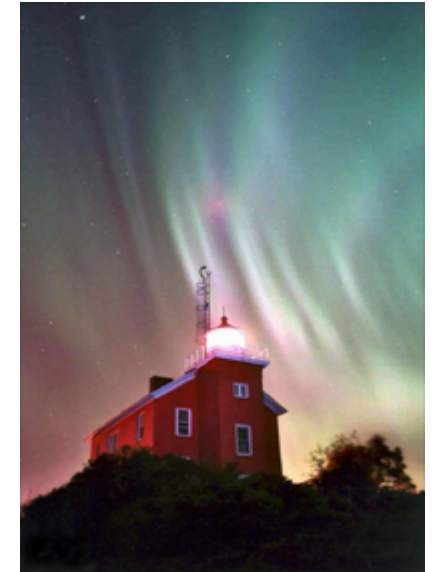
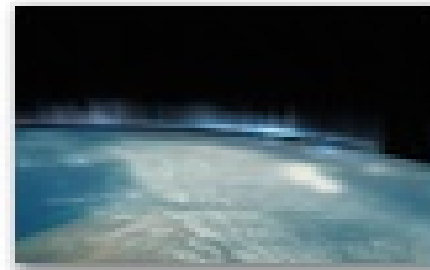


$$\vec{f}_L = q\vec{V} \times \vec{B} \quad d\vec{L} = \vec{f}_L d\vec{r} = (q\vec{V} \times \vec{B})\vec{V}dt; \quad dL = f_L dr \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$$

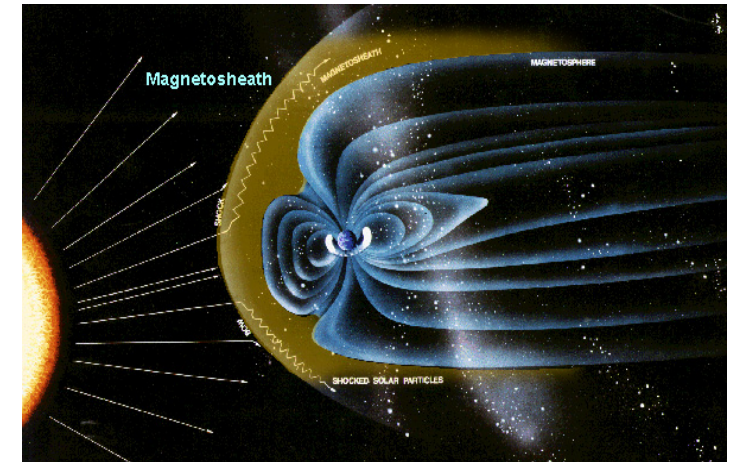
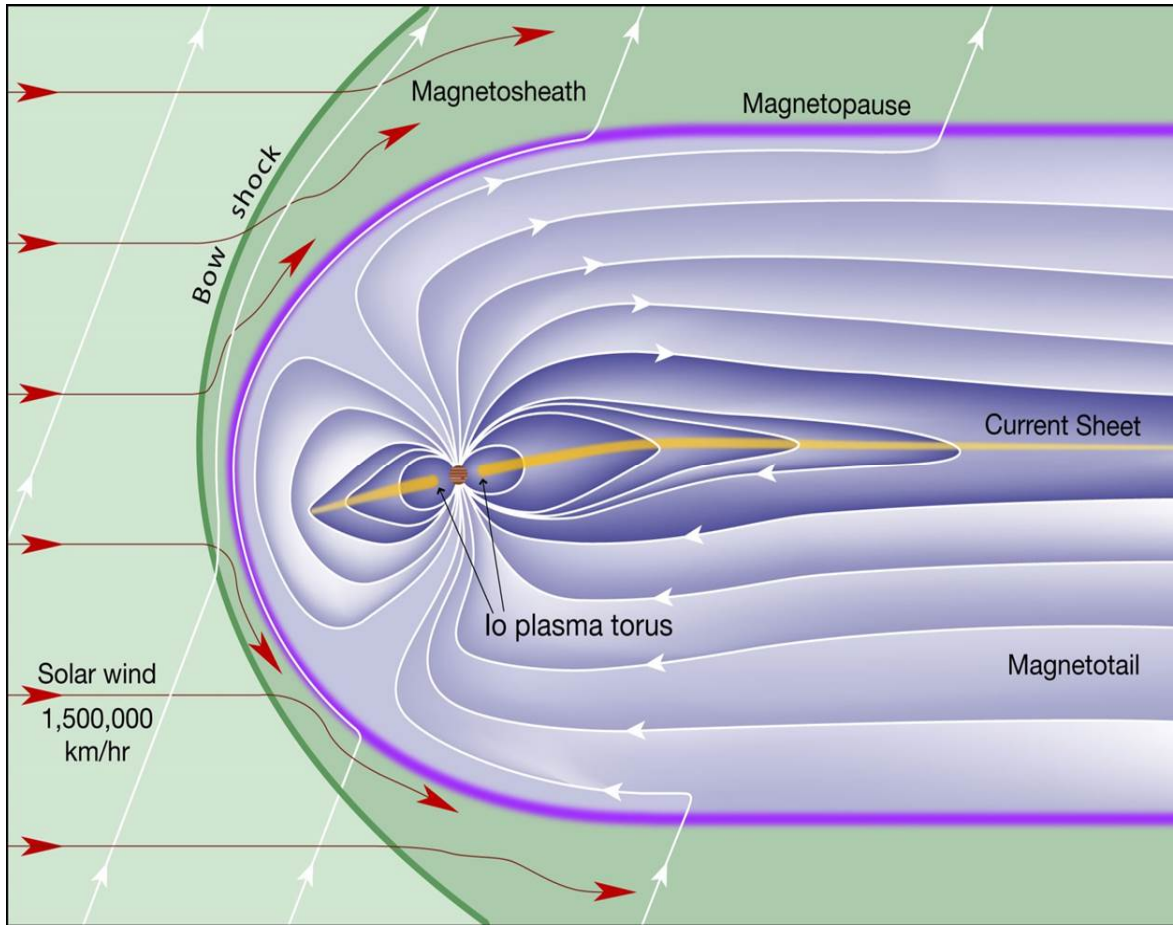
$$\Delta Ec = L \Rightarrow \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = L_{f_L} = 0 \Rightarrow v = v_0$$

**Forța Lorentz nu modifică energia particulelor, ci doar schimbă direcția vitezei.**

Fluctuațiile vitezei vântului solar și cele ale densității plasmei solare (legate de **activitatea solară**, de **erupții solare**) determina în câmpul magnetic al Pământului **aurorile boreale** și **furtunile magnetice**.



# Magnetosfera

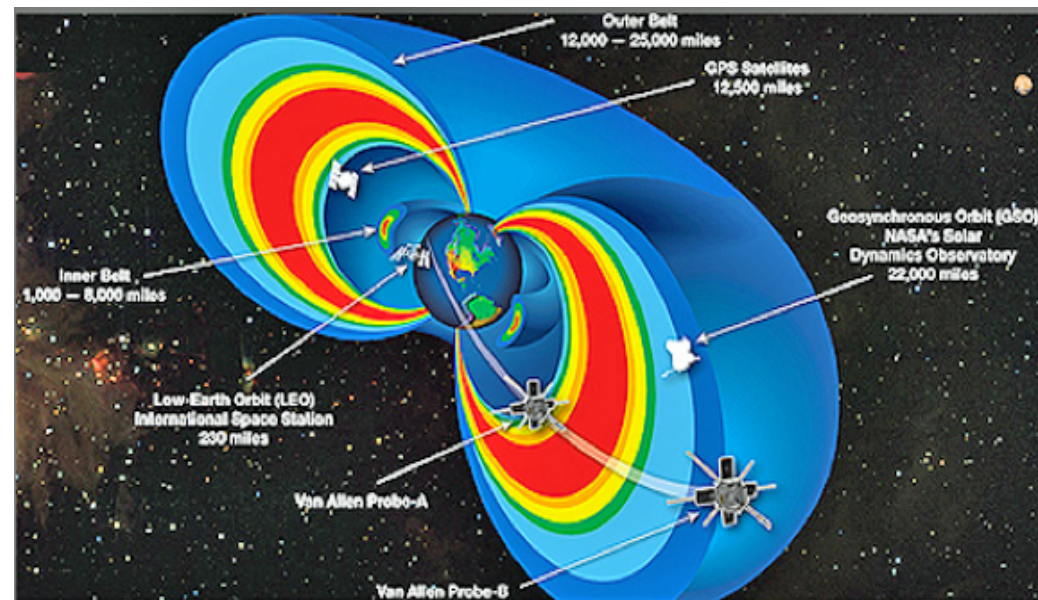
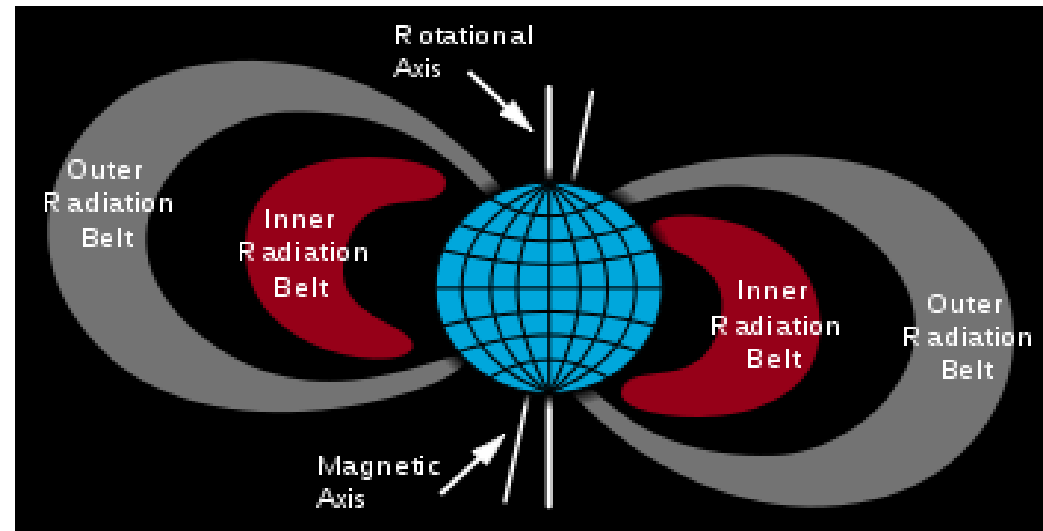


Teaca magnetica este regiunea din spațiu dintre unda de șoc a vantului solar și magnetopauza.

# Centurile van Allen

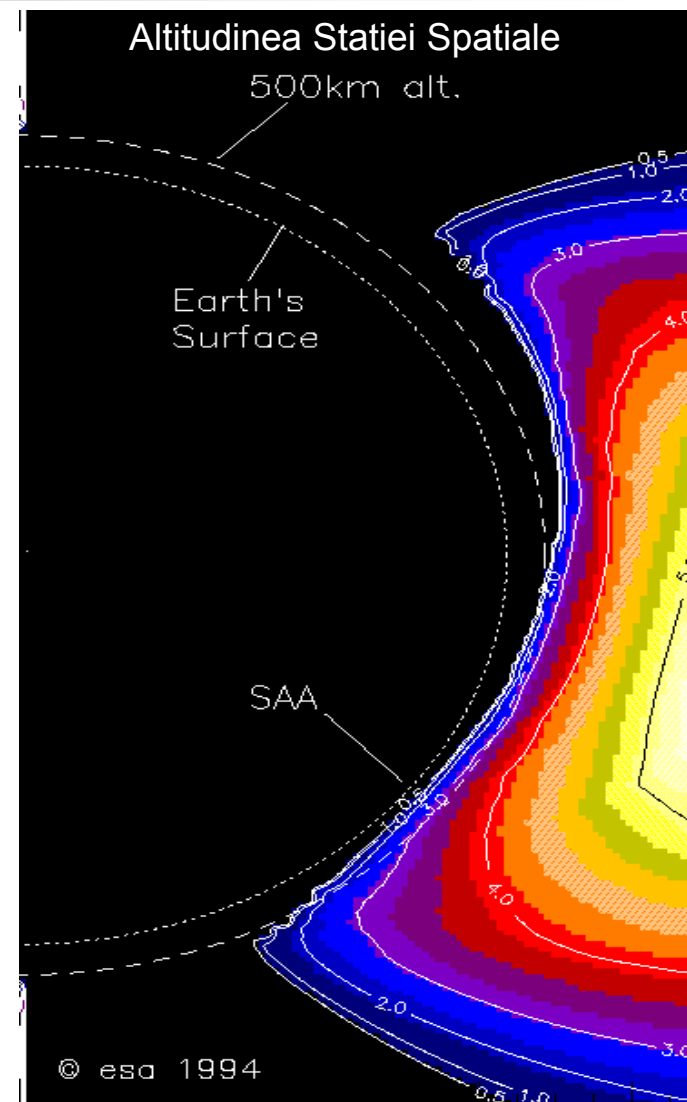
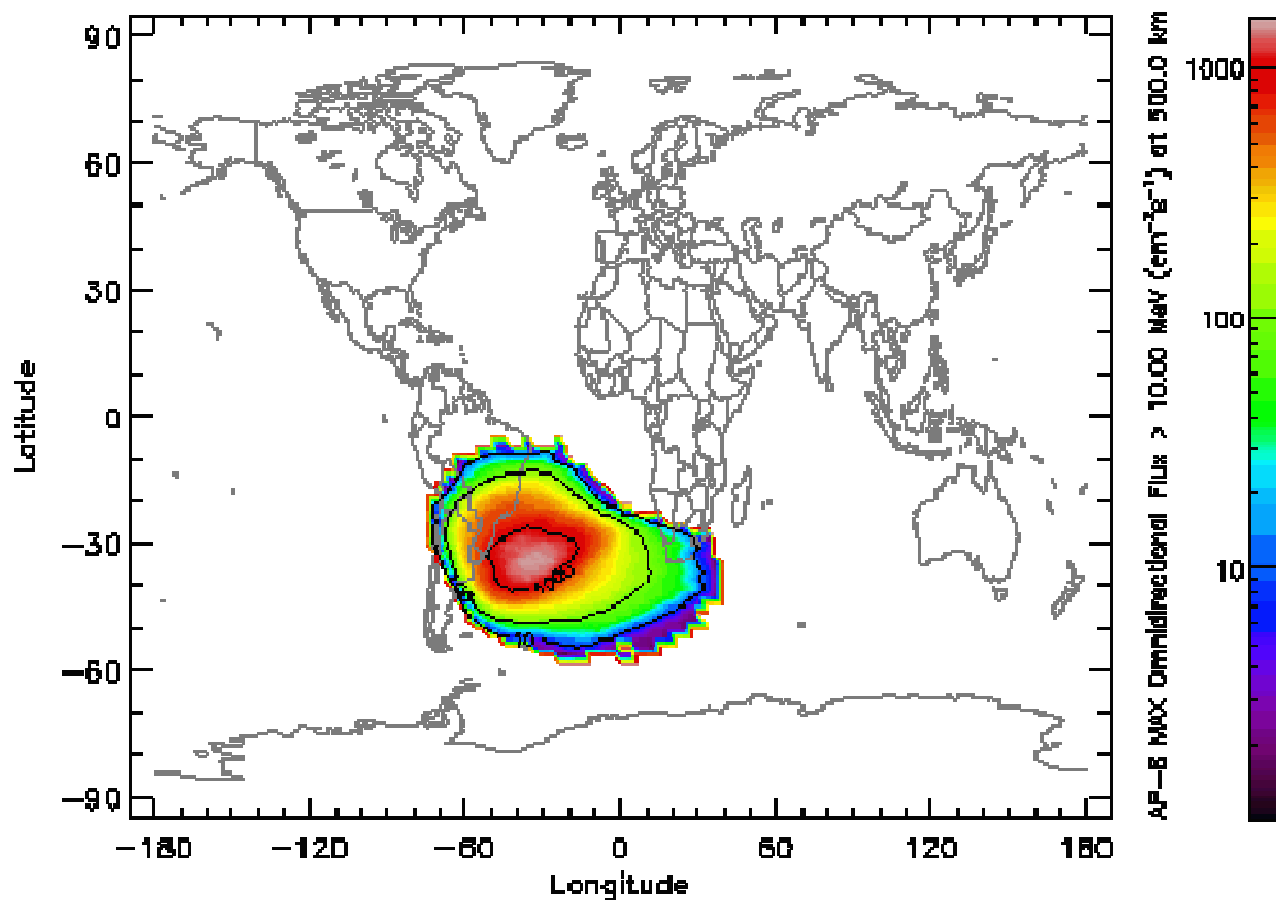


**prof.**  
**James Alfred Van Allen**  
(7.09.1914 - 9.08. 2006)  
**Universitatea din Iowa**  
specializat în spațiul cosmic.





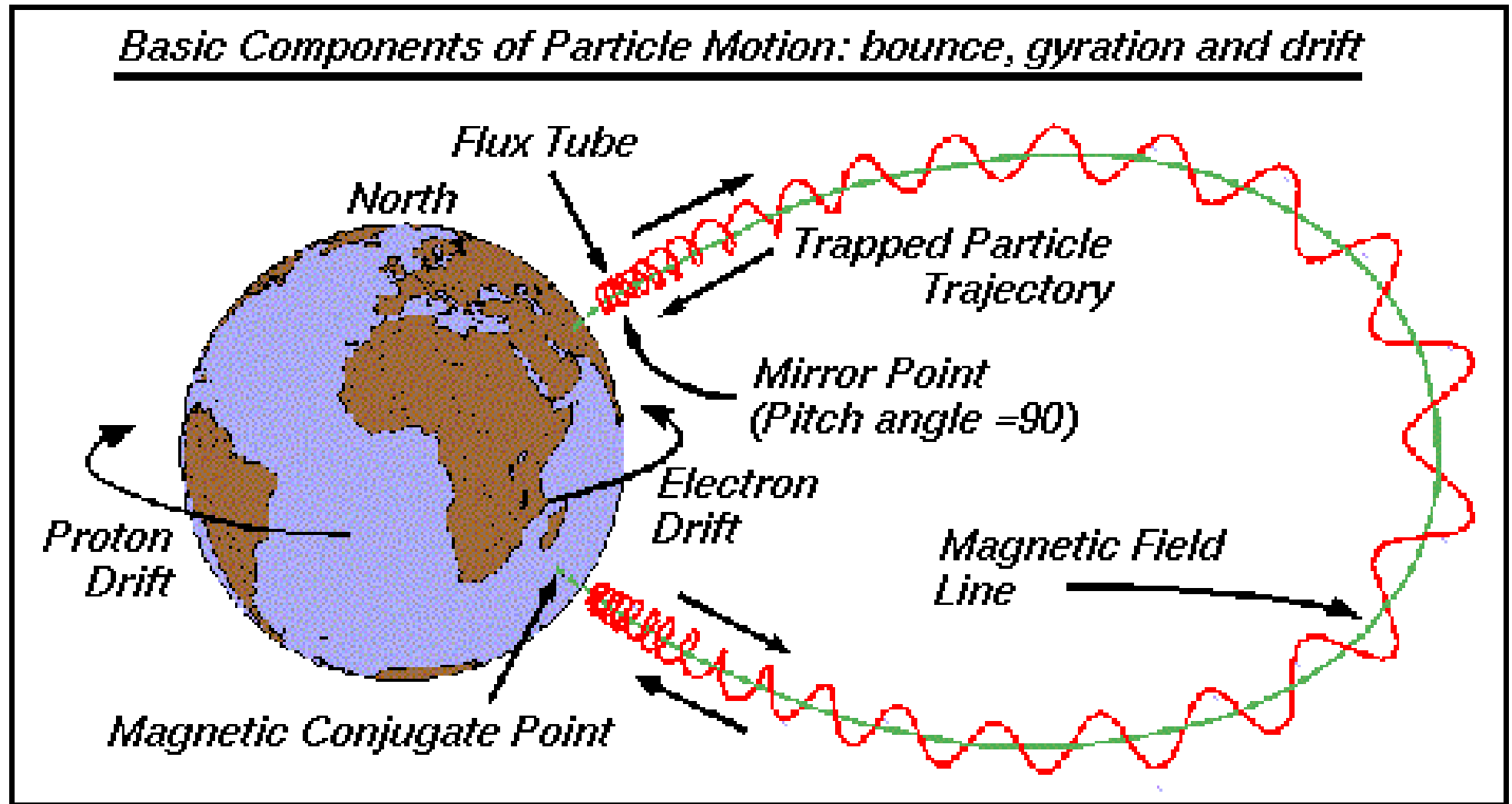
# Anomalia Magnetica a Atlanticului de Sud



Radiatia la altitudinea Statiei Spatiale Orbitale.

**SAA - South Atlantic Anomaly**

# Centurile magnetice - oglinzi magnetice



# Centurile van Allen

- Particulele încărcate electric captate de magnetosferă se concentrează în două regiuni, una **îngustă** situate la o distanță 2600 km și alta **extinsă** între 13000 și 19000 km. Aceste zone sunt numite **Centuri Van Allen**.
- Prezența centurilor a fost confirmată de misiunile **Explorer I** la 31 ianuarie 1958 și **Explorer III**, sub conducerea dr James Van Allen de la Univ. din Iowa.
- Primele înregistrări au fost făcute de către sateliții **Sputnik 3**, **Explorer IV**, **Pioneer III** și **Luna I**.
- Câteodată există **trei** sau chiar **patru** centuri de radiații care înconjoară Pământul:
- În 1990 nava **Combined Release and Radiation Effects Satellite (CRRES)** a descoperit o a treia centură între cea interioară și cea exterioară.
- În 1998 au fost înregistrate o serie de perturbații în Soare care au condus la formarea unei noi centuri în jurul Pământului, între cele două centuri. Cea de-a patra centură a dispărut o dată cu încetarea activității solare.
- Cunoașterea pozițiilor și structurilor acestor centuri este foarte importantă pentru **navigația cosmică**.
- Oponenți ai proiectului **Apollo** au susținut că nu este posibilă călătoria pe Lună datorită acestor centuri de radiații care ar putea ucide astronautul sau să îl facă incapabil de a mai acționa.



## Starfish Prime - o noua centura



Test nuclear exoatmosferic, ce a avut loc la 9 iulie 1962, orele 09:00:09 UTC, cu lansare din Insula Johnston.

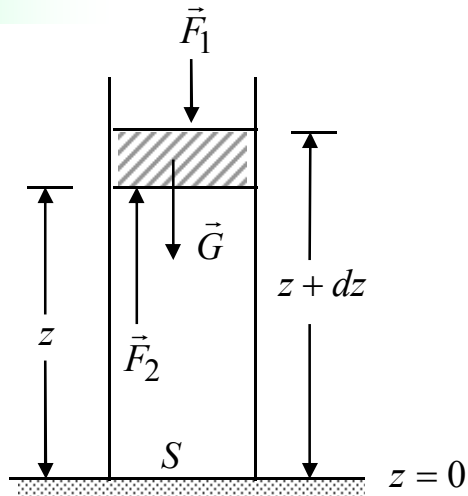
Altitudine de detonare: 400 km.  
Echivalent: 1.4-1.6 megatone TNT

### Efecte

- Crearea unei noi centuri de radiație;
- EMP care a afectat funcționarea echipamentelor electrice și electronice în Honolulu, Hawaii, Samoa, Mauna Loa



# Modelul hidrostatic al atmosferei



$$\vec{F}_2 + \vec{G} + \vec{F}_1 = 0$$

$$(p + dp)S + \rho g S dz - pS = 0$$

$$dp = -\rho g dz$$

ecuația staticii atmosferei

$$dp = -\rho(T(z))g(z)dz$$



$T(z)$  – *tipuri de atmosfera*  
 $g(z)$  – *extinderea atmosferei*

## Variatia acceleratiei gravitationale cu inaltimea

Legea atractiei universale:  $\vec{F} = k \frac{M_P \cdot m}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$

$$k = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2 \quad M_P \cong 5,96 \times 10^{24} \text{ kg}$$

Intensitatea campului gravitacional:  $\vec{\Gamma} = \frac{\vec{F}}{m}$

$$\Gamma_P(z) = k \frac{M_P}{(R_P + z)^2} = g(z) \quad R_P = 6370 \text{ km}$$

$$g(z) = k \frac{M_P}{R_P^2} \cdot \frac{R_P^2}{(R_P + z)^2} = \frac{g_0}{(1 + z/R_P)^2}$$

$$g_0 = \Gamma_P(0) = k \frac{M_P}{R_P^2} = 9.81 \text{ m/s}^2$$



# Tipuri de atmosfera

$$p_0 = - \int_0^{\infty} \rho(z) \cdot g(z) dz = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ presiunea atmosferică normală}$$

## Ipoteze:

- atmosfera statică în care nu există mișcări pe orizontală;
- variația accelerației gravitaționale este nesemnificativă în troposferă

$$g(z) = g_0 \frac{1}{(1 + z/R_P)^2} = g_0 \left( 1 - 2 \cdot \frac{z}{R_P} \right) \cong g_0 = 9.81 \text{ m/s}^2$$

=====

- **Atmosferă izotermă ( temperatura nu variază cu înălțimea )**

$$pV = \frac{m}{\mu} RT_0 \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{p\mu}{RT_0} \quad dp = -\rho g dz \quad \frac{dp}{p} = -\frac{g_0\mu}{RT_0} dz \quad \ln p = -\frac{\mu g_0}{RT_0} z + C$$

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{\mu g_0}{RT_0} z\right) \text{ formula hipsometrică a atmosferei izoterme.}$$

# Tipuri de atmosfera

- **Atmosfera omogenă (densitatea aerului nu variaza cu înălțimea)**

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} = \frac{p_0 \mu}{RT_0}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{p \mu}{RT}$$

$$\frac{p_0}{p} = \frac{T_0}{T}$$

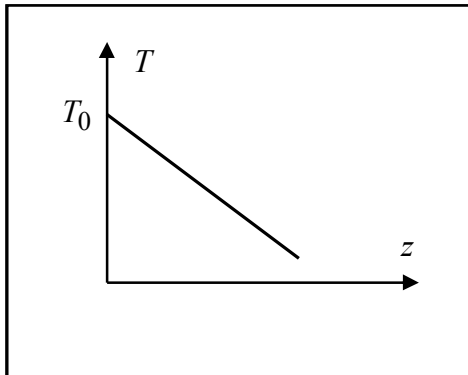
$$p(z) = p_0 \frac{T(z)}{T_0}$$

formula hipsometrică pentru atmosferă omogenă.

$$H_0 = RT_0 / \mu g_0$$

**Inaltimea atmosferei omogene: 7990 m pentru și accelerația gravitațională de la nivelul mării la latitudinea de 45°.**

- **Atmosfera politropa (temperatura aerului scade liniar cu înălțimea)**



$$T(z) = T_0 - \Gamma z \quad \Gamma \quad \text{gradientul vertical al temperaturii}$$

$$dp = -\rho(z)g_0 dz = -\frac{p\mu}{R(T_0 - \Gamma z)} g_0 dz \Rightarrow \frac{dp}{p} = -\frac{\mu g_0}{R} \cdot \frac{dz}{T_0 - \Gamma z}$$

# Atmosfera politropa

$$\ln p = \frac{\mu g_0}{\Gamma R} \ln(T_0 - \Gamma z) + C$$

la nivelul solului  $z = 0$  presiunea este  $p_0$



$$p(z) = p_0 \left( \frac{T(z)}{T_0} \right)^{\frac{\mu g_0}{\Gamma R}}$$

*ecuația hipsometrică pentru atmosfera politropă*

## OBSERVATIE

Pentru  $\frac{\mu g_0}{\Gamma R} = 1$  - obținem formula hipsometrică a atmosferei omogene

DAR valoarea gradientului termic este mult prea mare:  $\Gamma = \frac{\mu g_0}{R} = \frac{28.9 \times 9.81}{8310} = 0.034 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$

$\Gamma_t = 0.0065 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{m}$  - valoarea gradientului termic vertical dintr-o atmosferă reală .

# Formule barometrice

## Formula lui Laplace:

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{\mu g_0}{RT_0} z\right) \quad z = H \ln \frac{p_0}{p} = \frac{RT}{\mu g_0} \ln \frac{p_0}{p} = \frac{R\left(t_m + \frac{1}{\alpha}\right)}{\mu g_0} \ln \frac{p_0}{p} = B(1 + \alpha t_m) \lg \frac{p_0}{p}$$

$$B = \frac{RT_0 \ln 10}{\mu g_0} = \frac{8310 \times 273.15 \times 2.3}{28.9 \times 9.81} = 18414.64 \text{ m} \quad \text{constanta barometrică}$$

## Formula Laplace - Rullmann

(ia în considerare influența umezelii aerului și a variației accelerației gravitaționale cu latitudinea)

$$z = B(1 + \alpha t_m)(1 + 0.377E)[1 + 0.0026 \cos(2\varphi)] \lg \frac{p_0}{p} \quad E = \frac{1}{2} \left( \frac{e_0}{p_0} + \frac{e}{p} \right)$$

$\varphi$  – latitudinea geografică

## Formula Babinet

$$z = 1600(1 + 0.0004t_m) \frac{p_0 - p}{p_0 + p}$$

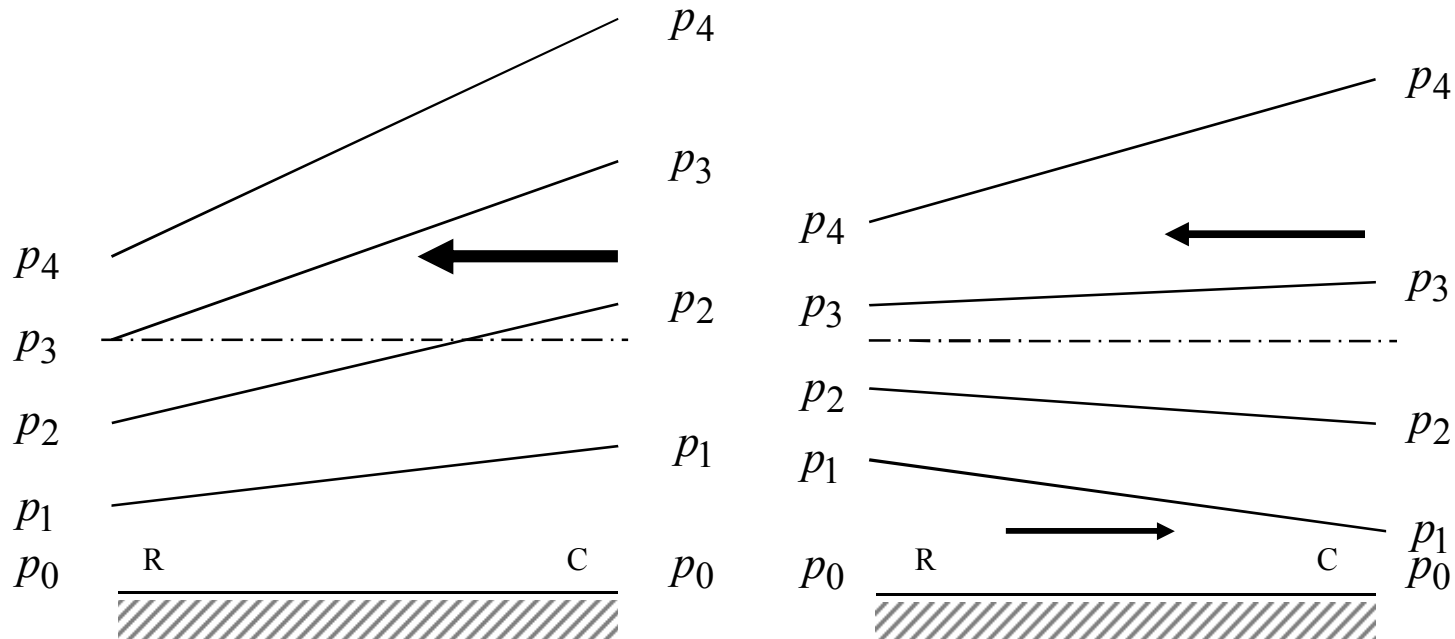


# Miscări pe orizontală ale atmosferei

$$dp = -\rho g dz$$

*treapta barică* - diferență de înălțime pe care presiunea variază cu  $100 \text{ N/m}^2$ .

$$\Delta z = \frac{\Delta p}{\rho_0 g_0} = \frac{100 \text{ N/m}^2}{1.23 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 9.81 \text{ ms}^{-2}} \cong 8.5 \text{ m} \quad \Delta z \in [6.5 \div 10.5 \text{ m}]$$



# Geopotențialul

**Geopotențialul** - energia potențială gravitațională a unității de masă (energia potențială specifică) aflată în câmpul gravitațional terestru la înălțimea  $z$ .

$$\Phi(z) = \int_0^z g dz \quad dp = -\rho d\Phi \quad dp = -\frac{p\mu}{RT} d\Phi \Rightarrow d\Phi = -\frac{RT}{\mu} \frac{dp}{p} = -\frac{RT}{\mu} d(\ln p)$$

$$\Phi(z) = -\frac{R}{\mu} \int_0^z T(z) \cdot d(\ln p)$$

## Diferența de geopotențial

$$\Delta\Phi = \Phi(z_2) - \Phi(z_1) = -\frac{R}{\mu} \left[ \int_0^{z_2} T(z) d(\ln p) - \int_0^{z_1} T(z) d(\ln p) \right] = -\frac{R}{\mu} \int_{z_1}^{z_2} T(z) d(\ln p) = \frac{R}{\mu} \int_{p_2}^{p_1} T(p) d(\ln p)$$

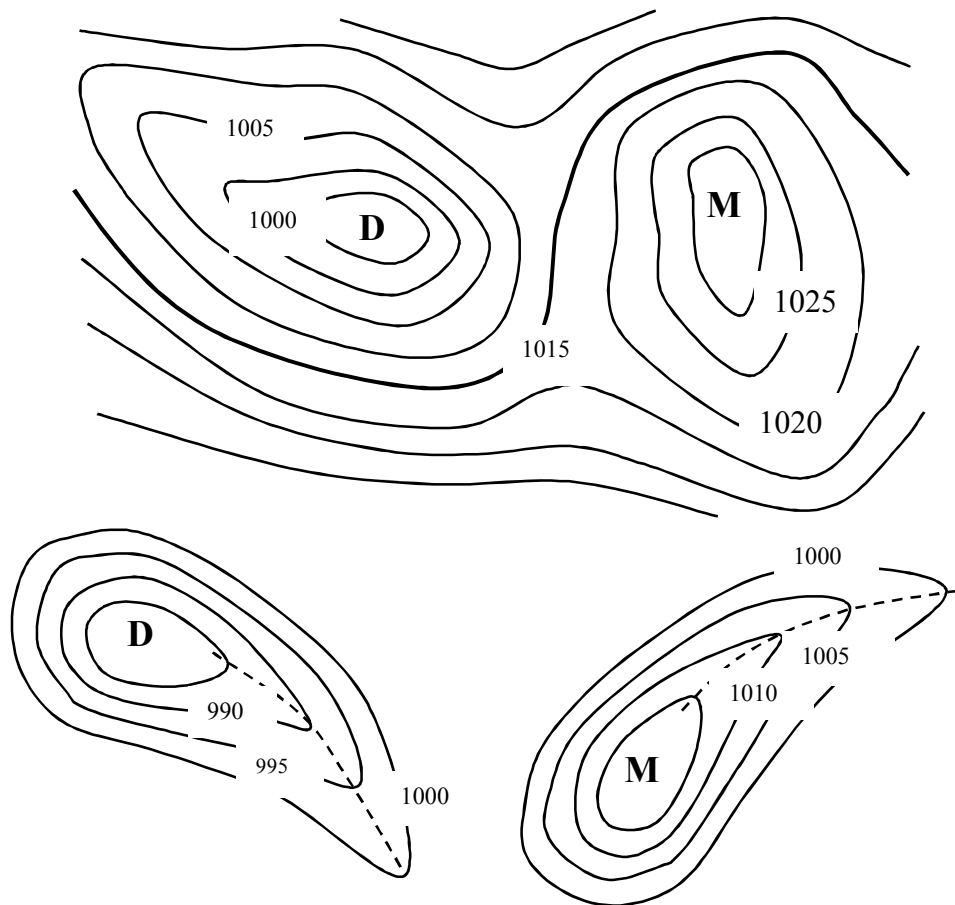
## Înălțimea de geopotențial

$$Z = \frac{\Phi(z)}{g_0} \quad \Delta Z = \frac{R}{\mu g_0} \bar{T} \int_{p_2}^{p_1} d(\ln p) = \frac{R\bar{T}}{\mu g_0} \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right)$$

# Reprezentarea câmpului baric

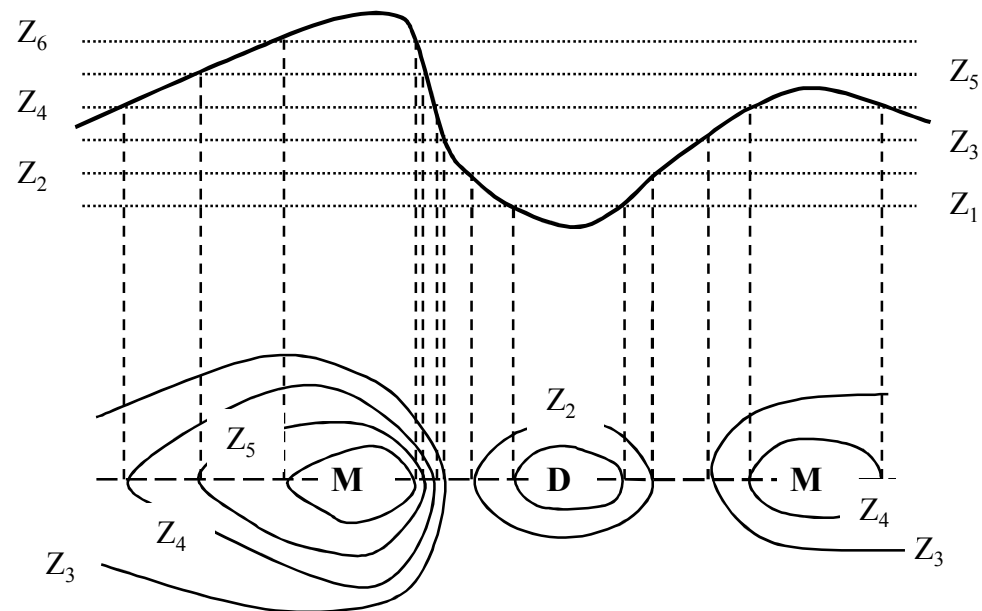
- Izobare

linii care unesc punctele cu aceeași presiune atmosferică



- Izohipse

linii care unesc punctele cu același geopotential



Topografie barica: - *absoluta*  
- *relativa*



# Legi ale radiației termice

## - empirice

- Legea lui Wien:  $M_{e\nu} \sim \nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right)$
- Legea Stefan-Boltzmann:  $M_e = \int_0^{\infty} M_{e\nu} d\nu = \int_0^{\infty} \nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right) d\nu = \sigma T^4$ ;  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$
- Formula lui Wien:  $M_{e\nu} = a_1 \nu^3 \exp\left(-a_2 \frac{\nu}{T}\right)$
- Legea de deplasare a lui Wien:  $\lambda_m T = b$ ;  $b = 2.8979 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$
- Formula lui Rayleigh-Jeans:  $M_{e\nu} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} k_B T$

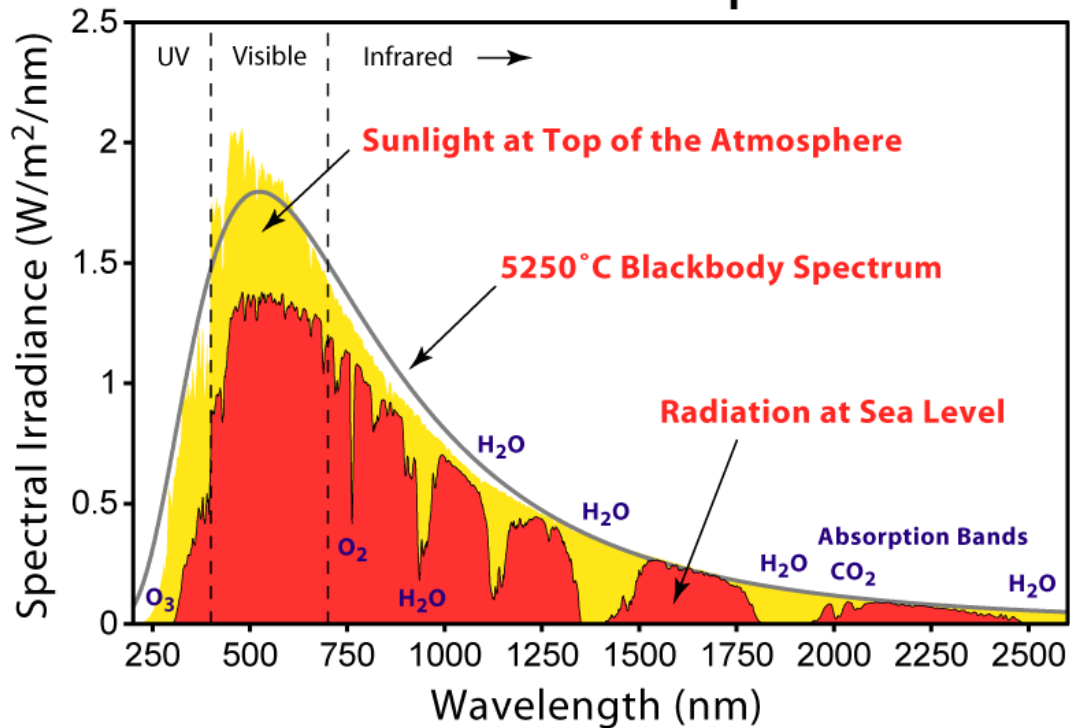
## - teoretice (formula Planck)

$$M_{e\nu} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \langle \varepsilon \rangle = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) - 1}$$
$$M_{e\lambda} = \frac{2\pi h c}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1}$$



# Radiatia solara

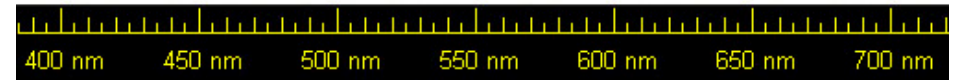
## Solar Radiation Spectrum



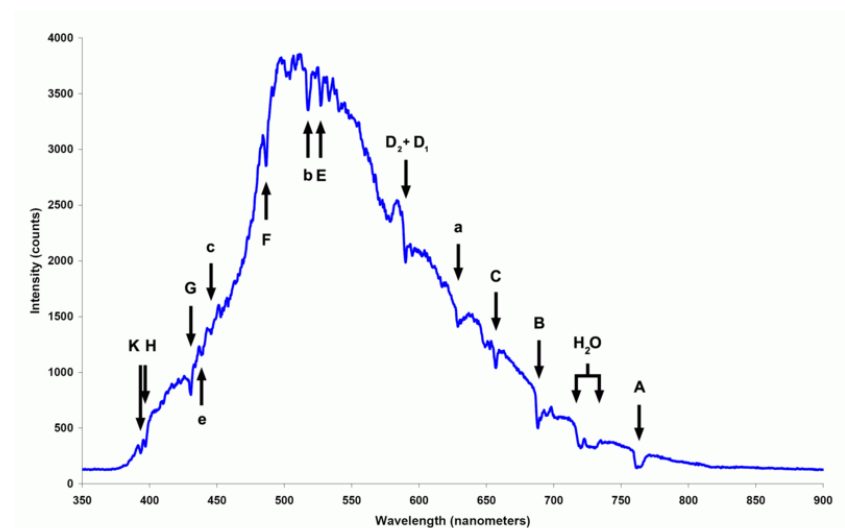
- *linii Fraunhofer (linii de absorbtie in coroana Soarelui)*
- *linii telurice (linii de absorbtie in atmosfera terestra)*



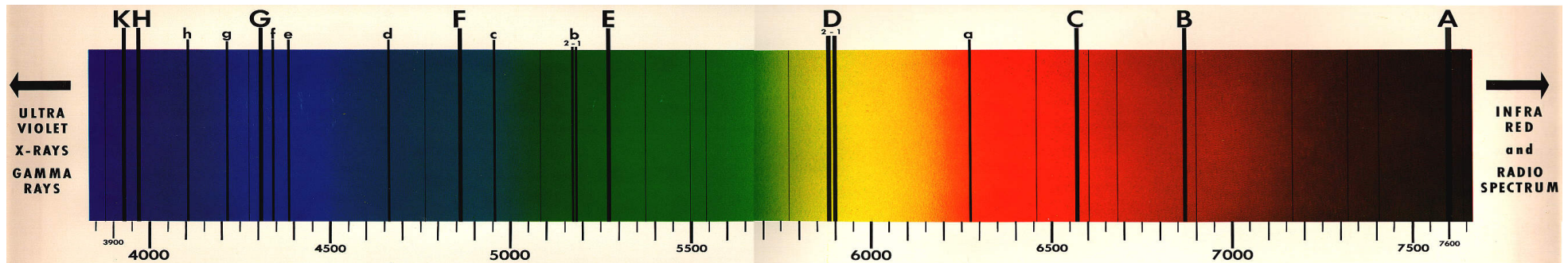
*Linii de absorbtie ale hidrogenului*



*Linii de emisie ale heliului*



# Linii Fraunhofer



Lines	Due To	Wavelengths
A - (band)	O <sub>2</sub>	7594 - 7621
B - (band)	O <sub>2</sub>	6867 - 6884
C	H	6563
a - (band)	O <sub>2</sub>	6276 - 6287
D - 1, 2	Na	5896 & 5890
E	Fe	5270
b - 1, 2	Mg	5184 & 5173
c	Fe	4958

Lines	Due To	Wavelengths
F	H	4861
d	Fe	4668
e	Fe	4384
f	H	4340
G	Fe & Ca	4308
g	Ca	4227
h	H	4102
H	Ca	3968
K	Ca	3934



**Joseph von Fraunhofer**  
06.03.1787-7.06.1826

# Interactia radiatiei solare cu atmosfera

## Interacții elastice

→ difuzia Rayleigh

$$I = \alpha^4 = \frac{a}{\lambda^4}; \quad \alpha = 2\pi \frac{r}{\lambda}$$

(efect Tindall)

→ difuzia Mie

Pentru valori mari ale parametrului  $\alpha$  dependența Mie de  $\lambda$  este slabă, componentele spectrale fiind difuzate la fel. Astfel difuzia Mie pe particulele de apă din nori sau ceață este **uniformă**, iar norii și ceața vor avea o **culoare albicioasă**. Dacă, în schimb, parametrul este mic, dependența difuziei de lungimea de undă este **oscilantă**, în unele cazuri fiind difuzate mai puternic razele roșii (lumina difuzată are tentă roșiatică), în alte cazuri cele albastre.



**Johann Heinrich Lambert**  
(26.08.1728 - 25.09.1777)

**matematician, fizician  
și astronom elvețian.**

## Interacții inelastice

→ difuzia prin fluorescență

→ difuzia Raman

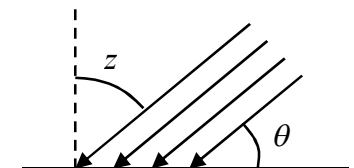
**Legea Lambert-Beer de atenuare a radiației solare:**  $I(z) = I_0 \exp(-kz)$

**Legea cosinusului (Legea Lambert):**  $I = I_0 \cos z = I_0 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right)$

$$I_0 = 1.98 \text{ cal} / \text{cm}^2 / \text{min} = 1379.4 \text{ Jm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

**constanta solară - intensitatea  
radiației solare în afara atmosferei,  
la o distanță medie între Pământ și  
Soare de 149000000 km.**

teta	90	60	30	10	5	1	0
m	1	1.2	2	5.6	10.4	27	34.4



# Albedoul terestru

## Albedo

raportul dintre intensitatea radiației reflectate și intensitatea radiației incidente

$$\alpha = \frac{I_r}{I_{incidenta}}$$

Albedoul terestru:  $\alpha = \alpha_P + \alpha_A + \alpha_0$   $\alpha_0 = 0.75\alpha$

$$\alpha = 36.7\%$$

Forcing radiativ: - pozitiv

- negativ

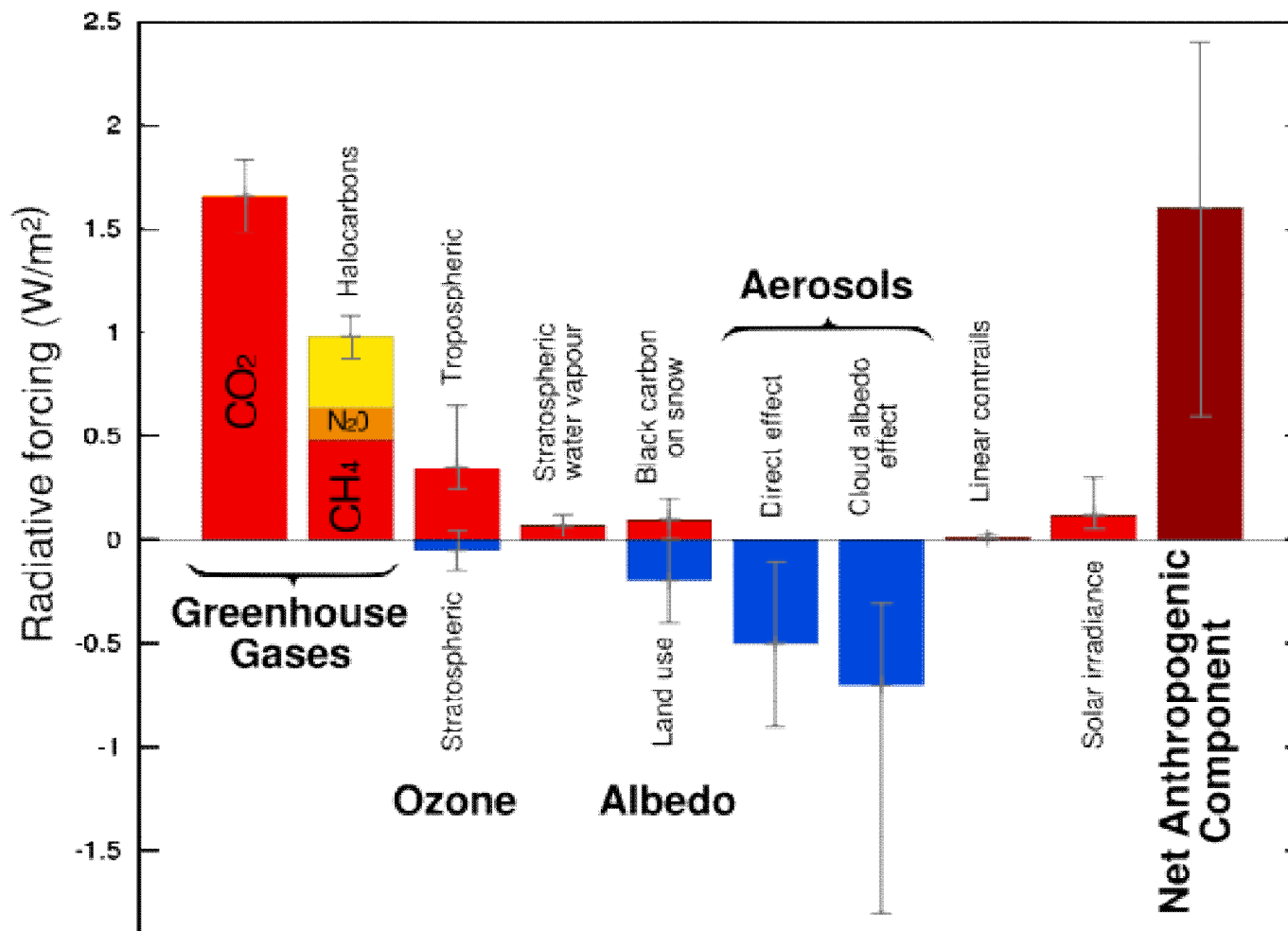
Observatie: “Intunecarea globala”

Natura suprafețelor	Albedo (%)
Zăpadă proaspătă, uscată	80-98
Zăpadă curată, umedă	60-70
Zăpadă impurificată	40-50
Gheață marină	30-40
Nori	50-80
Nisipuri deșertice	30-40
Stepa uscată	20-30
Pajiște verde	26
Pajiște uscată	19
Ogor uscat	8-12
Pădure de foioase	15-20
Pădure de conifere	10-18
Arături umede	5-15

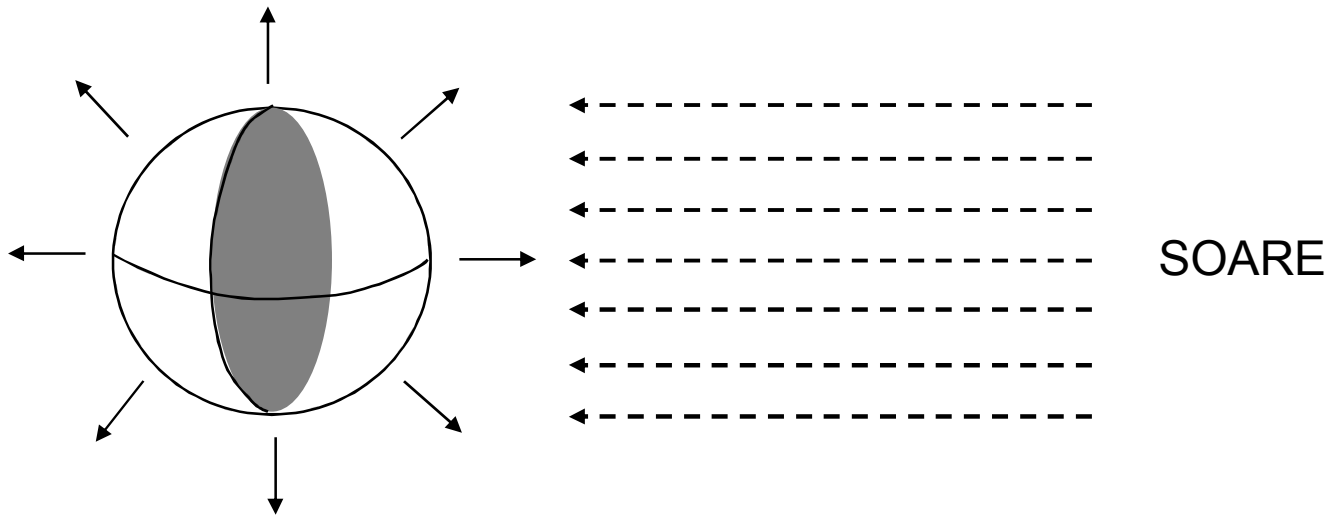


# Forcing radiativ

## Radiative Forcing Components



# Bilantul radiativ terestru



Fara albedo:  $\pi R^2 I_0 \tau = 4\pi R^2 \tau \sigma T^4$

$$\bar{T} = 4 \sqrt[4]{\frac{I_0}{4\sigma}} = 279 K \quad (\bar{t} = 6^{\circ} C)$$

Cu albedo:  $\pi R^2 I_0 (1 - \alpha) \tau = 4\pi R^2 \varepsilon \sigma T^4 \tau$

$$\bar{T} = 100 \cdot 4 \sqrt[4]{\frac{I_0 (1 - \alpha)}{4\varepsilon\sigma}} \quad \bar{T} = 249 K (t = -24^{\circ} C)$$

## OBSERVATIE

Temperatura la suprafața Pământului nu este de -24 grade Celsius ci de **+15°C** (după cum rezultă din observațiile climatologice). Diferența de aproape 39°C se datorează *efectului de seră* provocat de atmosferă.