

Generalità sull'atmosfera

Ottobre 2017

Outline

Gas in campo gravitazionale: equazione idrostatica

Gas biatomico in campo gravitazionale

Gas in campo gravitazionale: equazione idrostatica

Gas biatomico in campo gravitazionale

$$\Delta p = - \langle m \rangle n g \Delta z$$

Legge di stato dei gas perfetti:

Gas in campo gravitazionale: equazione idrostatica

Gas biatomico in campo gravitazionale

$$\Delta p = - \langle m \rangle n g \Delta z$$

Legge di stato dei gas perfetti:

$$P = nkT$$

Gas in campo gravitazionale: equazione idrostatica

Gas biatomico in campo gravitazionale

$$\Delta p = - \langle m \rangle n g \Delta z$$

Legge di stato dei gas perfetti:

$$P = nkT$$

Trasformazioni adiabatiche

$$PT^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} = \text{cost}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5}$$

per un gas biatomico

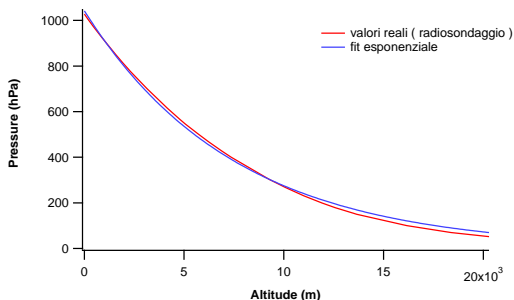
Variazione della pressione con la quota

Possiamo scrivere $\frac{dp}{dz} = -\frac{mg}{kT}p$

nei tratti in cui T si può considerare costante:

$$p(z) = p(z_0)e^{-\frac{z-z_0}{H}}$$

$$H(T) = \frac{kT}{mg}$$



Andamento della temperatura

La temperatura, come sappiamo, non e' costante con la quota. Supponendo che una particella d'aria segua una trasformazione adiabatica si deve avere, ponendo

$$\alpha = \frac{\gamma}{1 - \gamma} \quad (1)$$

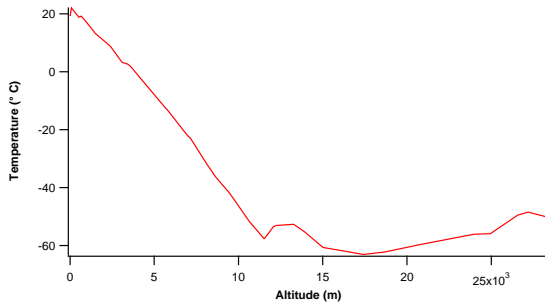
$$\frac{dP}{P} + \alpha \frac{dT}{T} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{dp}{p} = -\frac{mg}{kT} dz = -\alpha \frac{dT}{T} \quad (3)$$

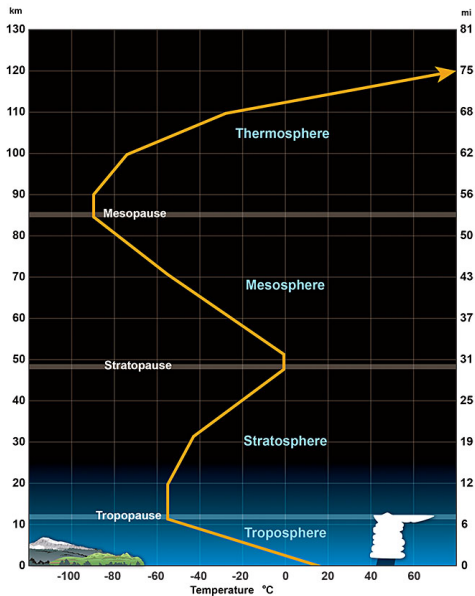
$$\frac{dT}{dz} = \frac{mg}{k\alpha} dz = \quad (4)$$

Andamento della temperatura

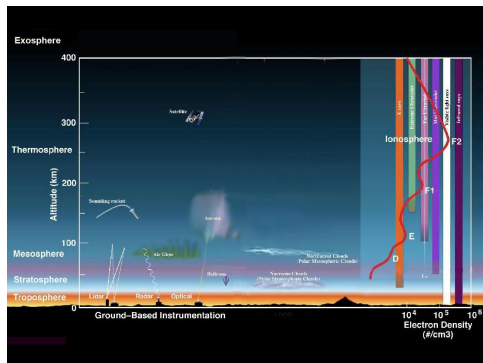
Andamento reale della temperatura:



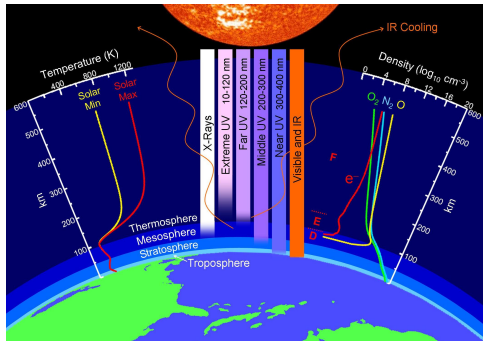
Strati dell'atmosfera



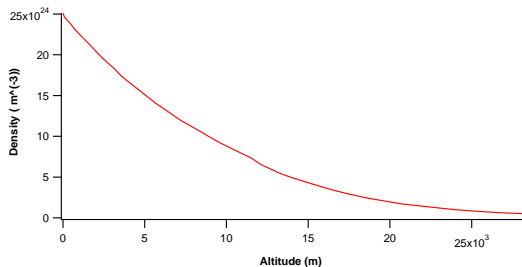
Strati dell'atmosfera-2



Strati dell'atmosfera-3

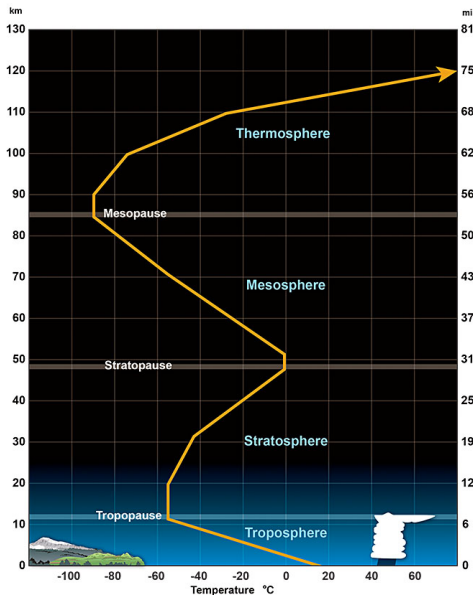


Densità dell'atmosfera-3



Troposfera e Stratosfera contengono il 99% della massa dell'atmosfera.

Andamento della temperatura



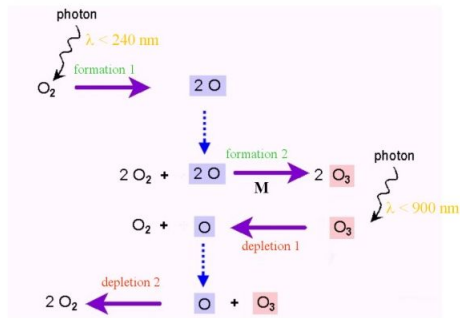
- ▶ **Termosfera:** l'assorbimento di radiazione UV
- ▶ **Mesosfera:** la radiazione nell'UV lontano é estinta
- ▶ **Stratosfera:** la densità crescente favorisce la formazione di ozono;
- ▶ **Troposfera:** la maggior parte dell'UV residuo é assorbita

Composizione dell'atmosfera

N_2	78.08%
O_2	20.95
Ar	0.93
H_2O	0 – 5%
CO_2	380 ppm
Ne	18. ppm
He	5 ppm
CH_4	1.75 ppm
Kr	1 ppm
H_2	0.5 ppm
N_2O	0.3
O_3	0 – 0.01 ppm

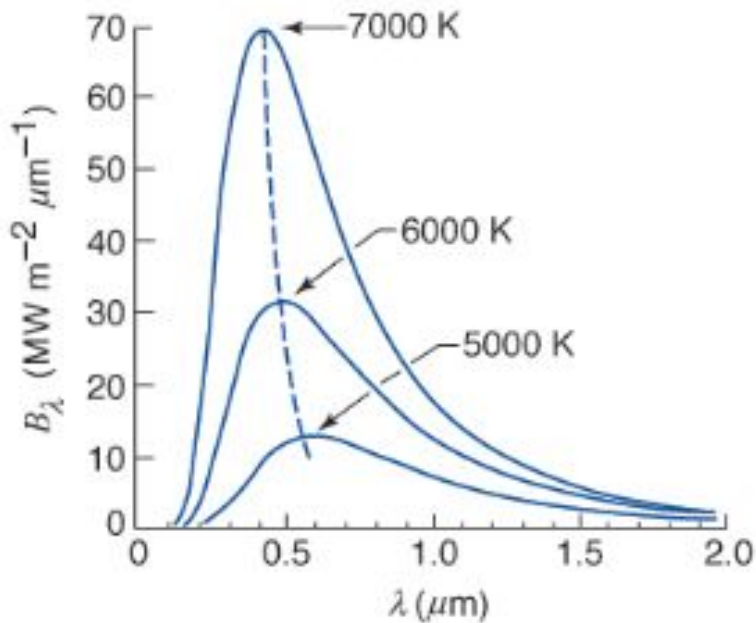
Ozono stratosferico

Ozone cycle in Stratosphere (Chapman, 1930)

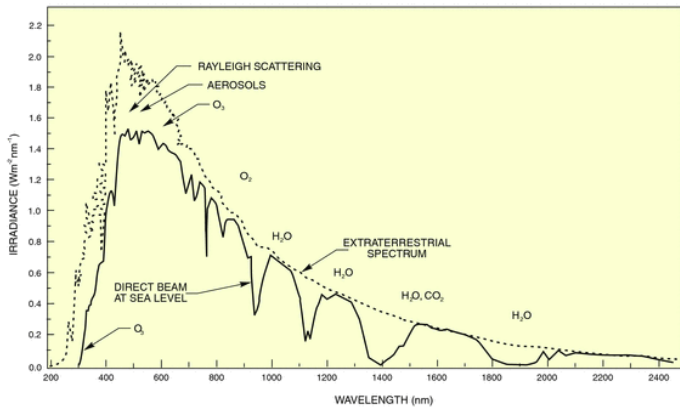


Outline

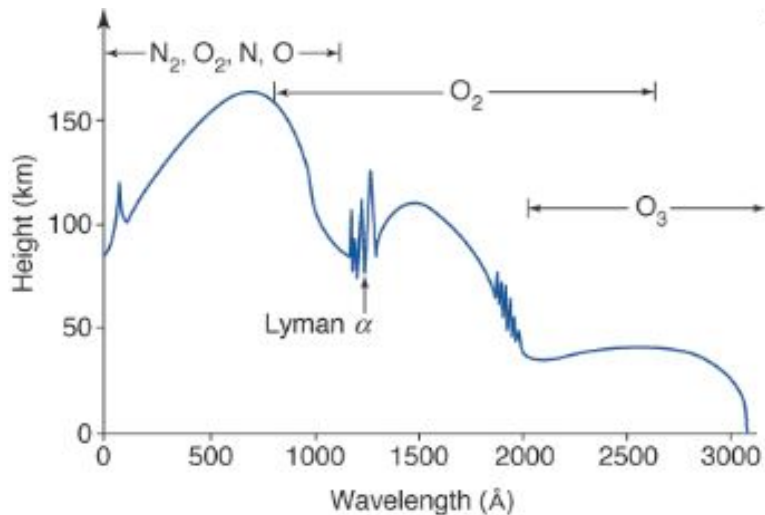
Spettri di corpo nero



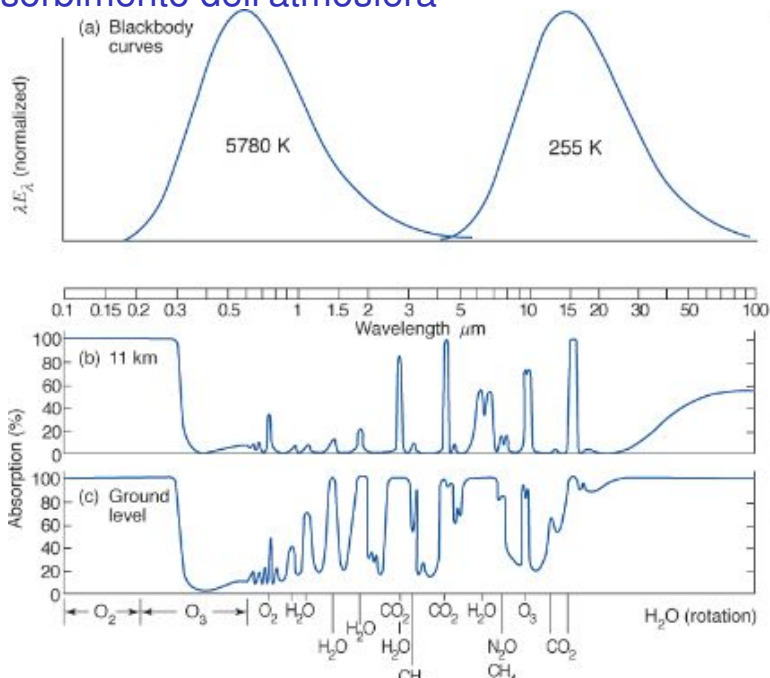
Lo spettro solare



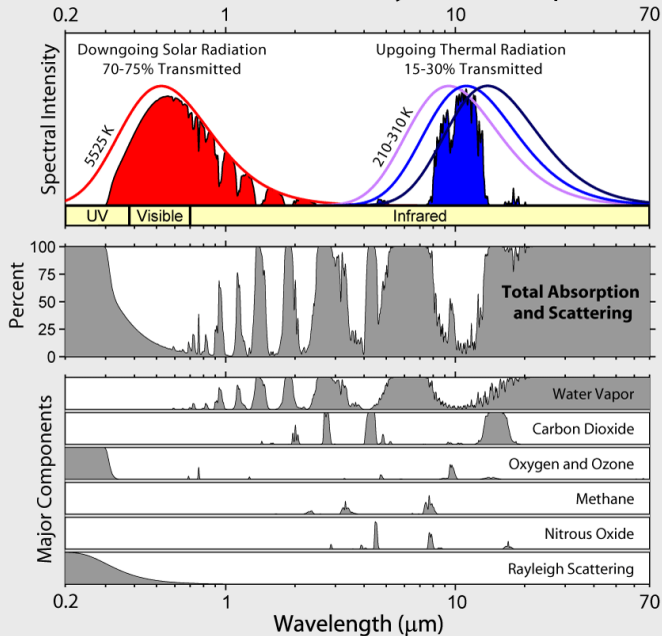
Penetrazione della radiazione UV



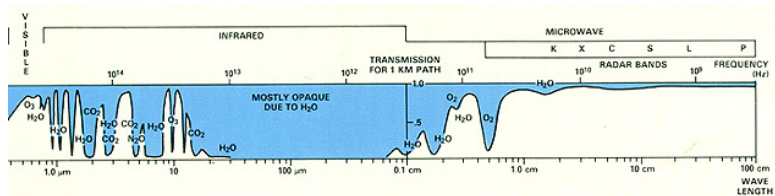
Assorbimento dell'atmosfera



Radiation Transmitted by the Atmosphere



"Finestre" spettrali



Outline

Assorbimento e scattering

Sezione d'urto di assorbimento per una singola transizione di una molecola:

$$\sigma_{abs}(\nu) = \sigma_{abs}^0 * g(\nu - \nu_0)$$

con

$$\int_0^\infty g(\nu - \nu_0) d\nu = 1$$

$g(\nu)$ dipende da T, p

Attenuazione della radianza:

$$L(z, \nu) = L(0, \nu) \exp\left(-\int_0^z n(z) \sigma_{abs}(\nu) dz\right)$$

nota la sezione d'urto si può invertire e trovare la densità dell'assorbitore.

Caso generale

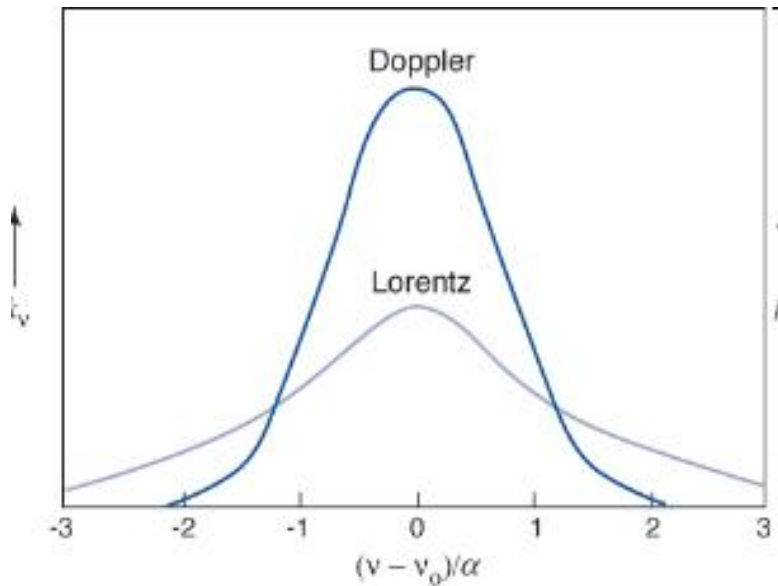
Possono esserci piú transizioni che contribuiscono all'assorbimento a una frequenza e piú molecole.

$$\alpha_{abs}(\nu) = \sum_{i,j} n_i \sigma_{i,j}^0 * g(\nu - \nu_{i,0j})$$

Inoltre si é interessati alla radianza in un intervallo di frequenze:

$$L(z, \Delta\nu) = \int_{\Delta\nu} d\nu L(0, \nu) \exp\left(-\int_0^z \alpha_{abs}(\nu, p(z), T(z), z) dz\right)$$

Forma di riga - profilo Voigt



scattering Rayleigh

Onda EM induce un dipolo $p = \alpha E$

Il dipolo irradia una potenza totale:

$$W = \frac{ck^4}{12\pi\epsilon_0} |p|^2$$

La sezione d'urto si scrive come la potenza totale diviso l'irradianza dell'onda incidente:

$$\sigma_{mol} = \frac{W}{\frac{1}{2}c\epsilon_0 |E_0|^2} = \frac{k^4 \alpha^2}{6\pi\epsilon_0^2}$$

Per luce incidente non polarizzata:

$$p(\theta) = \frac{3}{4}(1 + \cos(\theta)^2)$$

Calcolo del coefficiente di scattering molecolare

Usando la relazione tra polarizzabilità e indice di rifrazione

$\alpha N = 3\epsilon_0 \frac{n^2-1}{n^2+2}$ si trova

$$\alpha_{sca} = \frac{24\pi^3}{\lambda^4} \left(\frac{n^2-1}{n^2+1} \right)^2 \frac{1}{N}$$

ci si riferisce spesso all'indice di rifrazione in condizioni standard (300 K, 1000 hPa)

$$\alpha_{sca} = \frac{24\pi^3}{\lambda^4} \left(\frac{n_s^2-1}{n_s^2+1} \right)^2 \frac{N}{N_s^2}$$

Calcolo del coefficiente di scattering molecolare

