



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**

CORSO di CHIMICA AMBIENTALE A.A. 2022-23

2-1a – Chimica dell'Atmosfera - Introduzione

Docente:

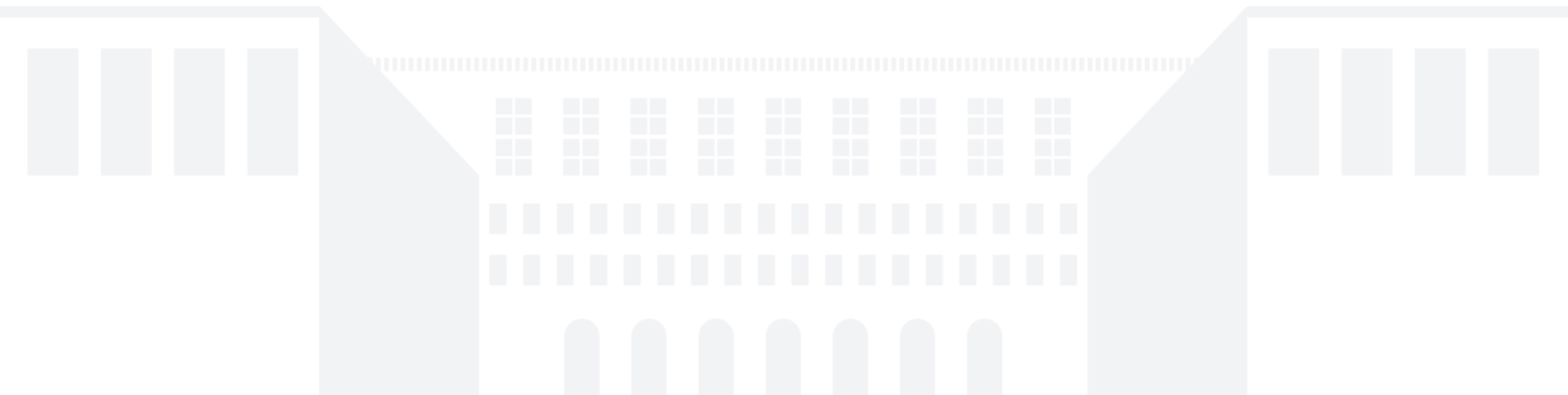
Enrico Greco, PhD

(enrico.greco@units.it)

Assistant Professor, Department of Chemical and Pharmaceutical Sciences

L'Atmosfera - definizione

Atmosfera: involucro **gassoso** che circonda o sovrasta un corpo solido o liquido; in particolare quello che circonda la Terra [...].



L'Atmosfera - definizione

Atmosfera: involucro **gassoso** che circonda o sovrasta un corpo solido o liquido; in particolare quello che circonda la Terra [...].

Gas: stato di aggregazione della materia in cui atomi e molecole sono legati da forze di coesione molto deboli; è quindi caratterizzato dalla tendenza a espandersi e a occupare tutto il volume disponibile. Lo stato di gas dipende dalle condizioni di temperatura e pressione, dal volume, dal numero di molecole (per gas ideali $pV=nRT$).

L'Atmosfera - definizione

Atmosfera: involucro **gassoso** che circonda o sovrasta un corpo solido o liquido; in particolare quello che circonda la Terra [...].

Gas: stato di aggregazione della materia in cui atomi e molecole sono legati da forze di coesione molto deboli; è quindi caratterizzato dalla tendenza a espandersi e a occupare tutto il volume disponibile. Lo stato di gas dipende dalle condizioni di temperatura e pressione, dal volume, dal numero di molecole (per gas ideali $pV=nRT$).

Atmosphere: the **gas** and **aerosol** envelope that extends from the ocean, land, and ice-covered surface of a planet outward into space.

L'Atmosfera - definizione

Atmosfera: involucro **gassoso** che circonda o sovrasta un corpo solido o liquido; in particolare quello che circonda la Terra [...].

→ **Gas:** stato di aggregazione della materia in cui atomi e molecole sono legati da forze di coesione molto deboli; è quindi caratterizzato dalla tendenza a espandersi e a occupare tutto il volume disponibile. Lo stato di gas dipende dalle condizioni di temperatura e pressione, dal volume, dal numero di molecole (per gas ideali $pV=nRT$).

Atmosphere: the **gas** and **aerosol** envelope that extends from the ocean, land, and ice-covered surface of a planet outward into space.

L'Atmosfera - definizione

Atmosfera: involucro **gassoso** che circonda o sovrasta un corpo solido o liquido; in particolare quello che circonda la Terra [...].

→ **Gas:** stato di aggregazione della materia in cui atomi e molecole sono legati da forze di coesione molto deboli; è quindi caratterizzato dalla tendenza a espandersi e a occupare tutto il volume disponibile. Lo stato di gas dipende dalle condizioni di temperatura e pressione, dal volume, dal numero di molecole (per gas ideali $pV=nRT$).

Atmosphere: the **gas** and **aerosol** envelope that extends from the ocean, land, and ice-covered surface of a planet outward into space.

↓
Aerosol: a system of liquid or solid particles uniformly distributed in a finely divided state through a gas, usually air.

L'Atmosfera - proprietà fisiche

Densità

La densità dell'atmosfera **decresce** con l'altezza rispetto al livello del suolo, a causa dell'attrazione gravitazionale che trattiene gas e aerosol in prossimità della superficie terrestre.

Massa

La massa dell'atmosfera terrestre è un milionesimo di quella della Terra; il 99% si trova al di sotto di 30 km di quota, il 90% al di sotto di 17 km e il 50% sotto i 5.5 km

L'Atmosfera - proprietà fisiche

Densità

La densità dell'atmosfera **decresce** con l'altezza rispetto al livello del suolo, a causa dell'attrazione gravitazionale che trattiene gas e aerosol in prossimità della superficie terrestre.

Massa

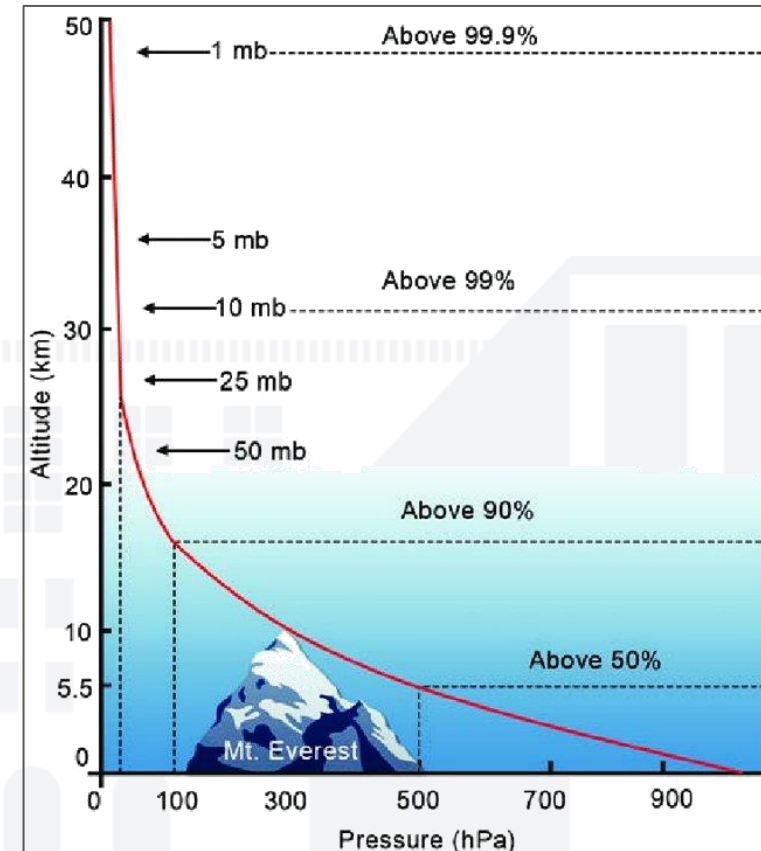
La massa dell'atmosfera terrestre è un milionesimo di quella della Terra; il 99% si trova al di sotto di 30 km di quota, il 90% al di sotto di 17 km e il 50% sotto i 5.5 km

Pressione:

La pressione diminuisce con l'altezza in modo esponenziale, secondo la legge:

$$P_h \approx p_0 \cdot e^{-\frac{g \cdot M}{T_0 \cdot R_0} \cdot h}$$

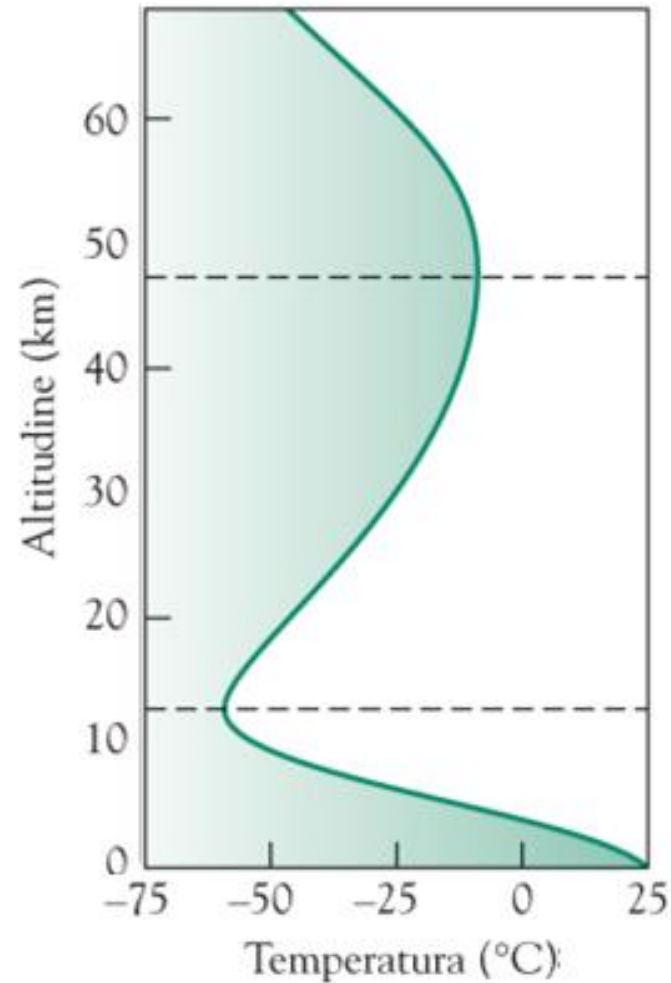
con p_0 = pressione standard al livello del mare; g = accelerazione di gravità; M = massa molare dell'aria secca; T_0 = temperatura standard al livello del mare; R_0 = costante universale dei gas



L'Atmosfera - proprietà fisiche (2)

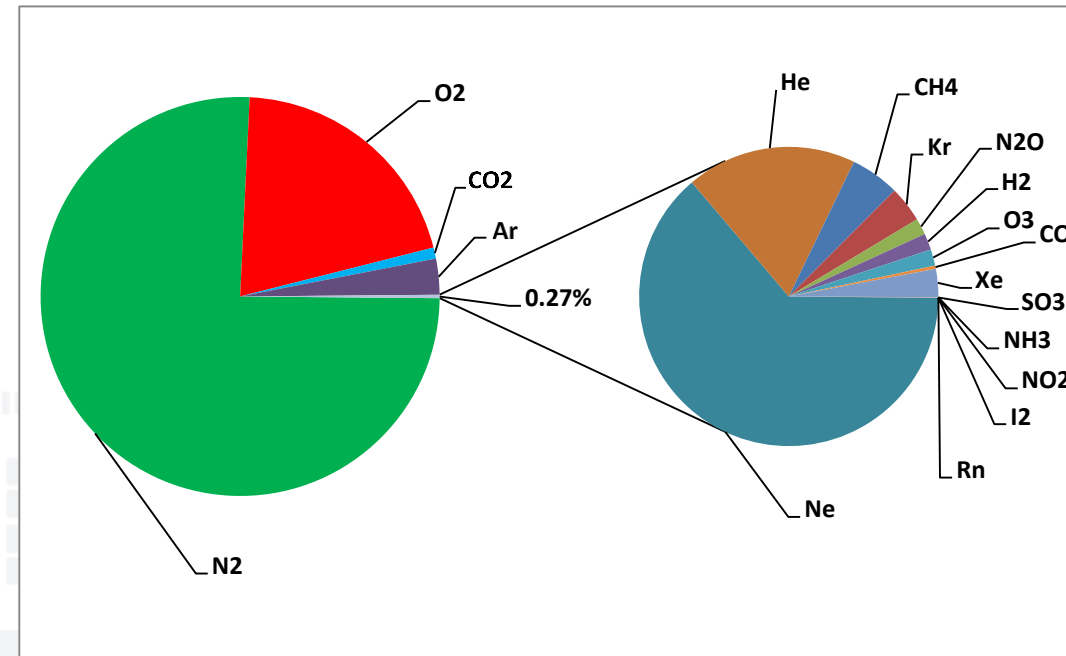
Temperatura

La temperatura varia in modo non regolare rispetto all'altitudine



L'Atmosfera - composizione chimica

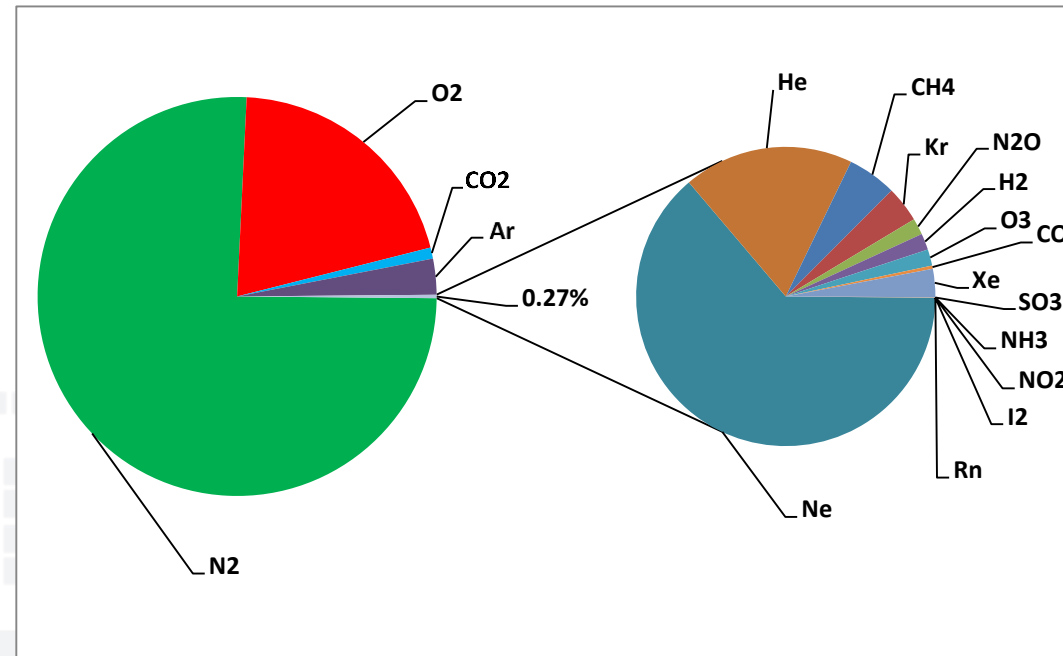
ATMOSFERA	
COMPOSIZIONE DELL'ARIA SECCA E PULITA AL SUOLO	
componenti	volume (%)
azoto	78,09
ossigeno	20,95
argo	0,93
biossido di carbonio	$3 \cdot 10^{-2}$
neon	$1,8 \cdot 10^{-3}$
elio	$5,2 \cdot 10^{-4}$
metano	$1,5 \cdot 10^{-4}$
cripto	$1,1 \cdot 10^{-4}$
protossido d'azoto	$5 \cdot 10^{-5}$
idrogeno	$5 \cdot 10^{-5}$
ozono	$5 \cdot 10^{-5}$
ossido di carbonio	$1 \cdot 10^{-5}$
xeno	$8,6 \cdot 10^{-5}$
anidride solforica	$1 \cdot 10^{-6}$
ammoniaca	$5 \cdot 10^{-7}$
biossido d'azoto	$1 \cdot 10^{-7}$
iodio	$2 \cdot 10^{-11}$
radon	$6 \cdot 10^{-18}$



Ad oggi **CO₂** è prossima allo 0.04 %

L'Atmosfera - composizione chimica

ATMOSFERA	
COMPOSIZIONE DELL'ARIA SECCA E PULITA AL SUOLO	
componenti	volume (%)
azoto	78,09
ossigeno	20,95
argo	0,93
biossido di carbonio	$3 \cdot 10^{-2}$
neon	$1,8 \cdot 10^{-3}$
elio	$5,2 \cdot 10^{-4}$
metano	$1,5 \cdot 10^{-4}$
cripto	$1,1 \cdot 10^{-4}$
protossido d'azoto	$5 \cdot 10^{-5}$
idrogeno	$5 \cdot 10^{-5}$
ozono	$5 \cdot 10^{-5}$
ossido di carbonio	$1 \cdot 10^{-5}$
xeno	$8,6 \cdot 10^{-5}$
anidride solforica	$1 \cdot 10^{-6}$
ammoniaca	$5 \cdot 10^{-7}$
biossido d'azoto	$1 \cdot 10^{-7}$
iodio	$2 \cdot 10^{-11}$
radon	$6 \cdot 10^{-18}$



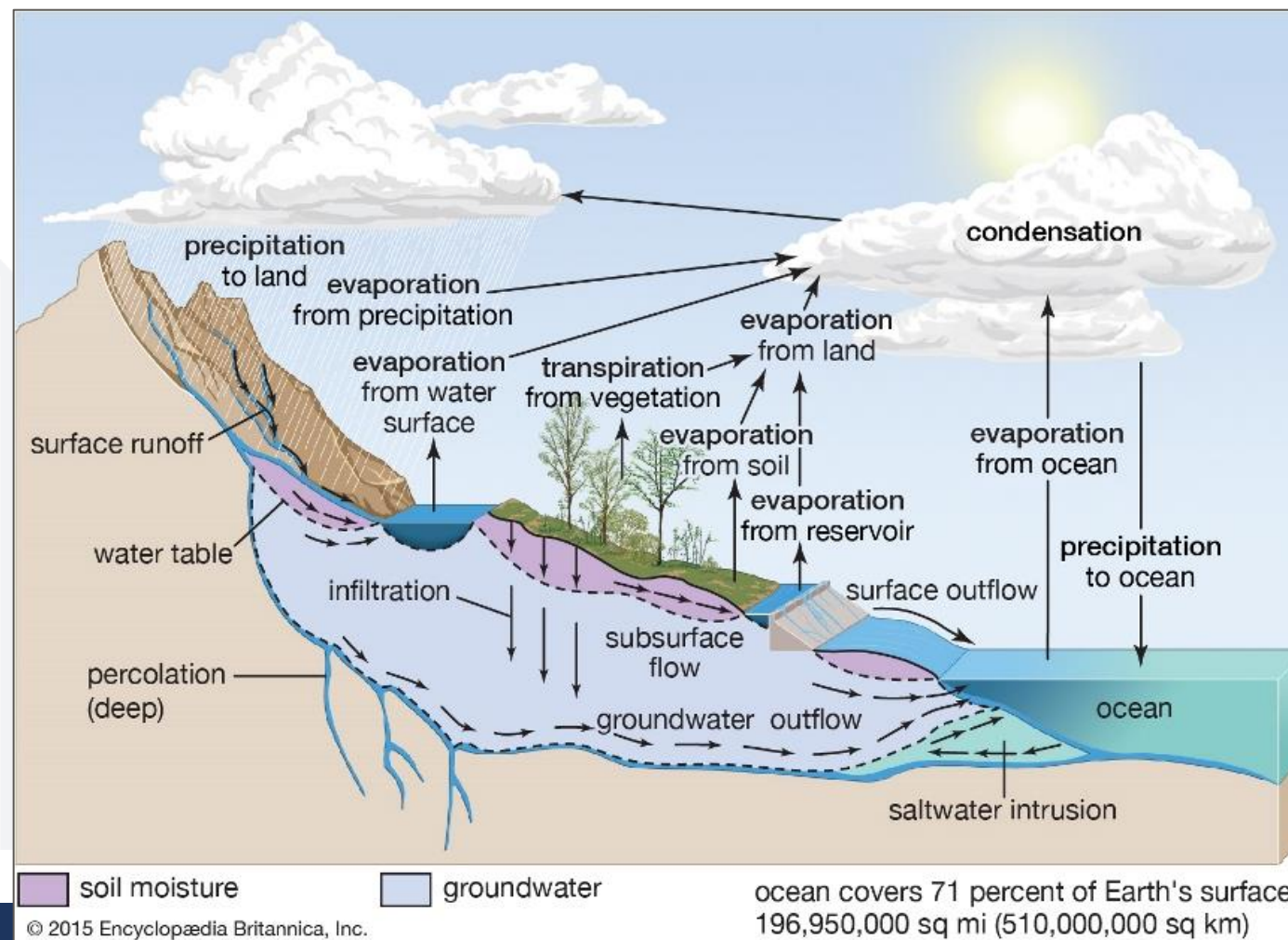
Ad oggi **CO₂** è prossima allo 0.04 %

N₂, O₂ e CO₂ sono essenziali per processi vitali.

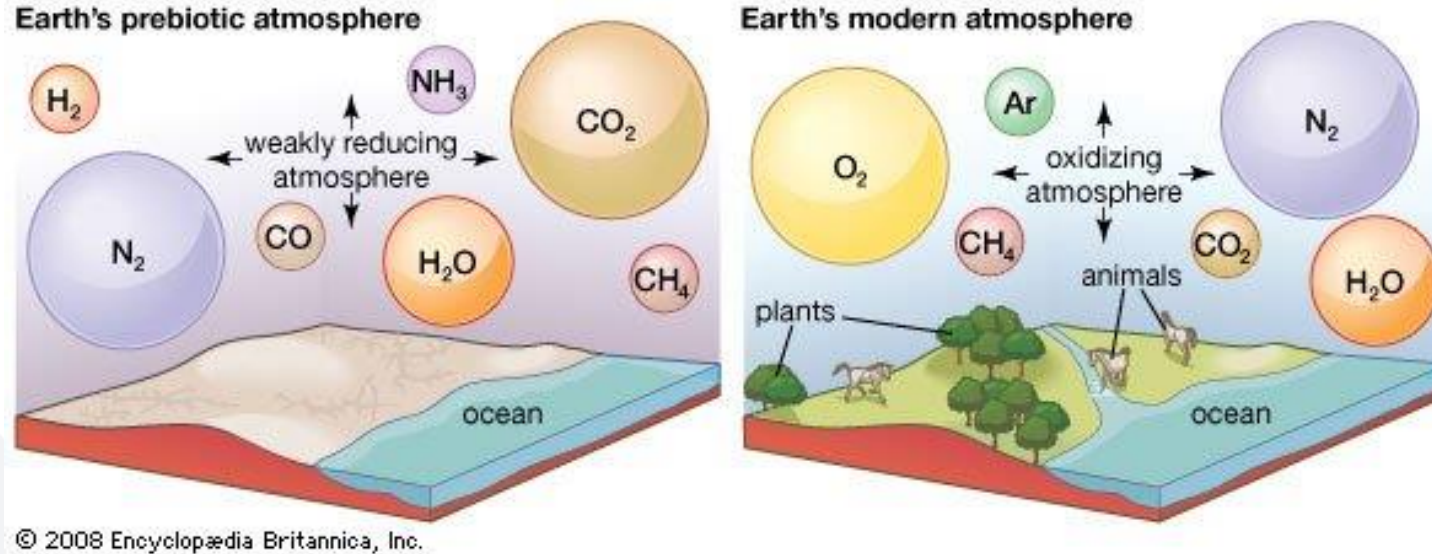
Il **bilancio O₂/CO₂** garantisce stabilità climatiche e condizioni ambientali.

L'Atmosfera - umidità (contenuto di H₂O)

Umidità: il contenuto d'acqua è molto variabile. Su base globale è dell'ordine dello 0.02%. Localmente può variare fra il 4% (ai tropici) e 0.1 ppm (nelle regioni polari).

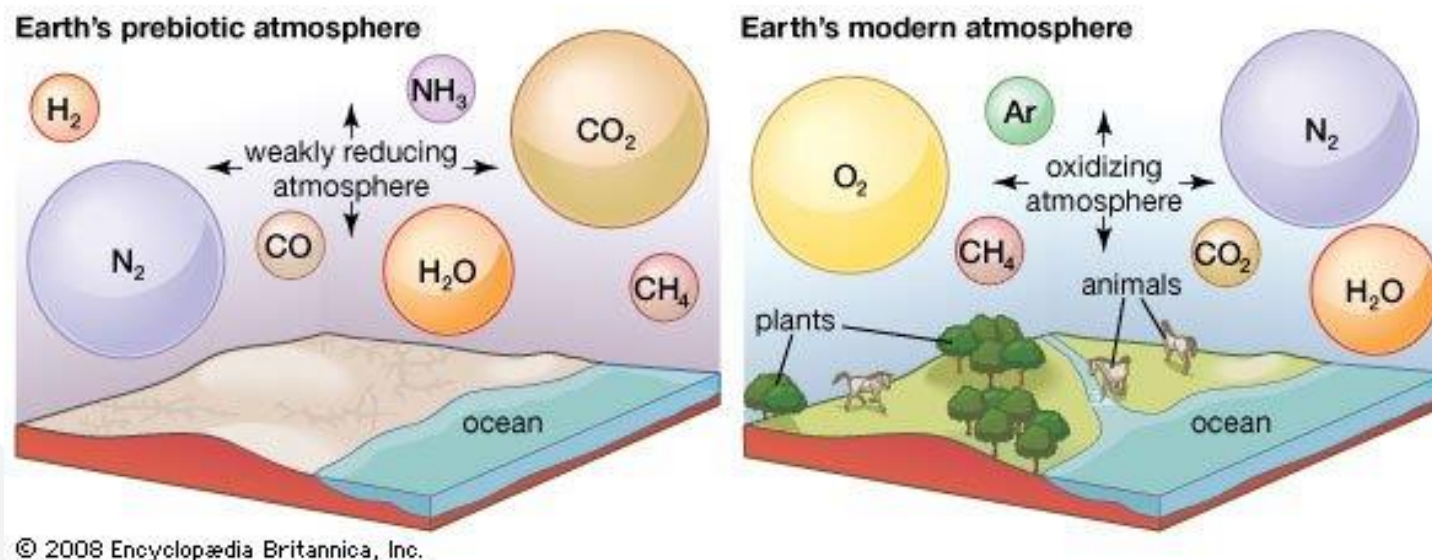


Evoluzione dell'atmosfera



L'atmosfera primitiva consisteva in condizioni debolmente riducenti per la presenza di CH_4 , NH_3 , H_2 e H_2O . Le reazioni tra queste ultime, attivate dalla radiazione solare hanno portato alla formazione di biomolecole e poi alle prime forme di vita.

Evoluzione dell'atmosfera

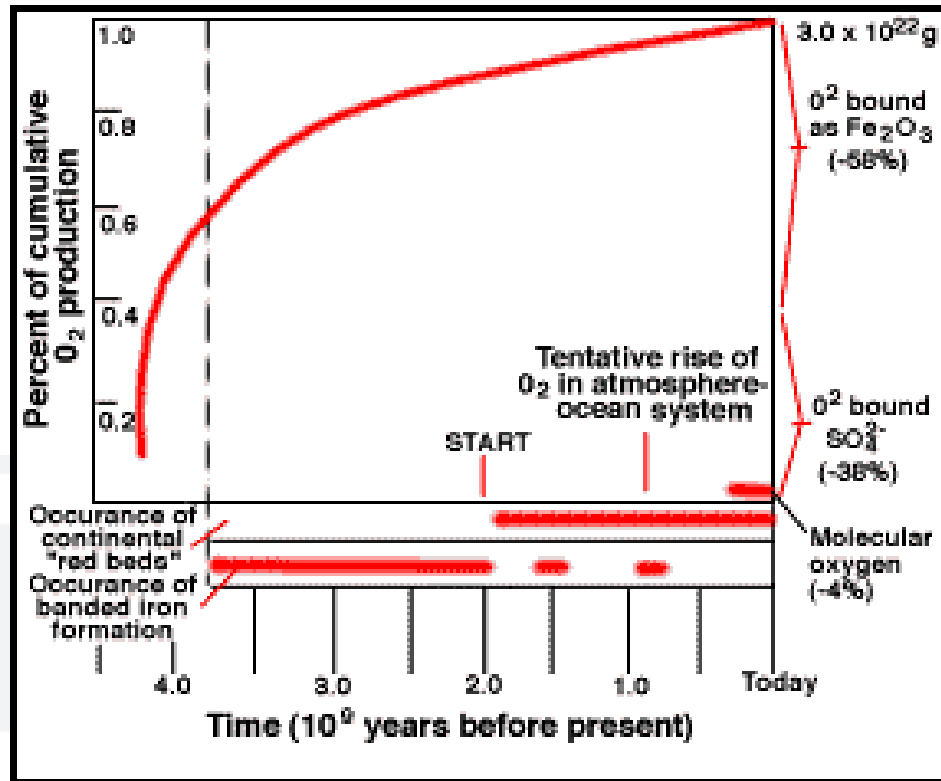


L'atmosfera primitiva consisteva in condizioni debolmente riducenti per la presenza di CH_4 , NH_3 , H_2 e H_2O . Le reazioni tra queste ultime, attivate dalla radiazione solare hanno portato alla formazione di biomolecole e poi alle prime forme di vita.

Le prime forme vegetali hanno iniziato a fotosintetizzare fissando la CO_2 e producendo O_2 .

L'aumento della produzione di ossigeno ha innescato una produzione sempre più consistente di O_3 che con il suo schermo ha consentito la nascita di forme di vita più evolute fuori dall'acqua.

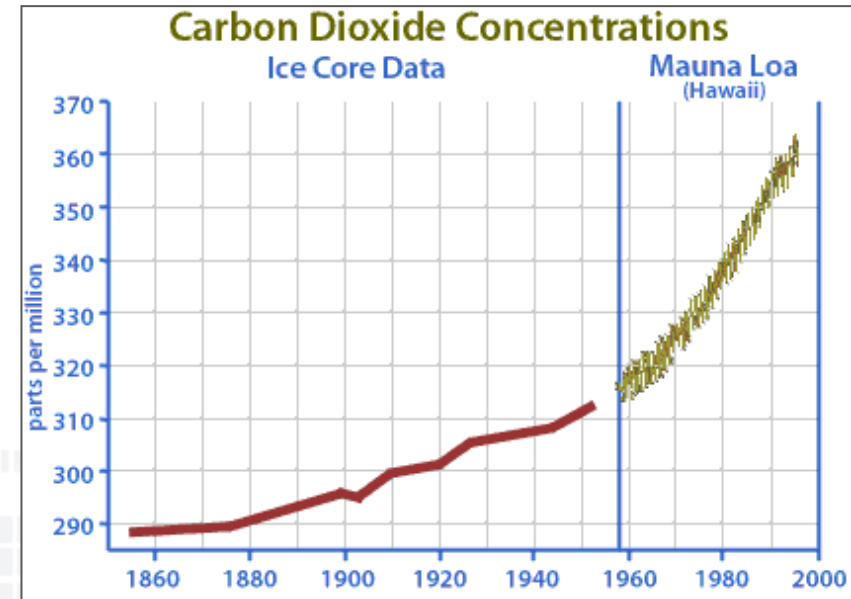
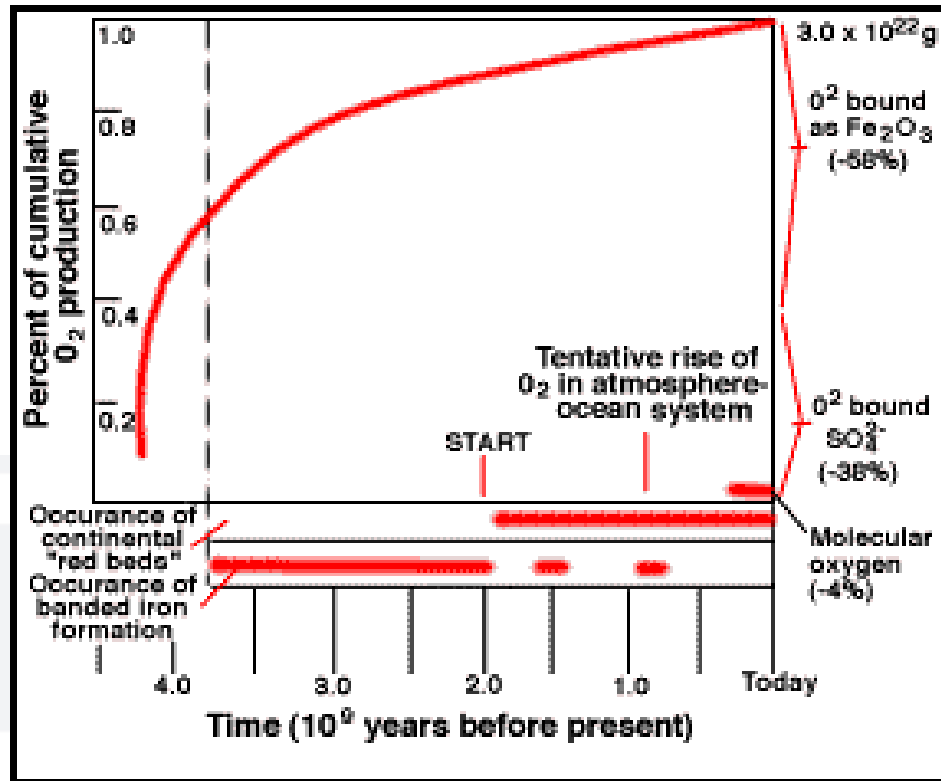
Evoluzione dell'atmosfera (2)



Aumento della produzione di O_2 a partire da circa 4 miliardi di anni fa. Circa 2 miliardi di anni fa O_2 libero inizia ad accumularsi in atmosfera.

In precedenza veniva fissato per ossidazione di Fe^{2+} a Fe^{3+} in presenza di H_2O con formazione di Fe_2O_3

Evoluzione dell'atmosfera (2)



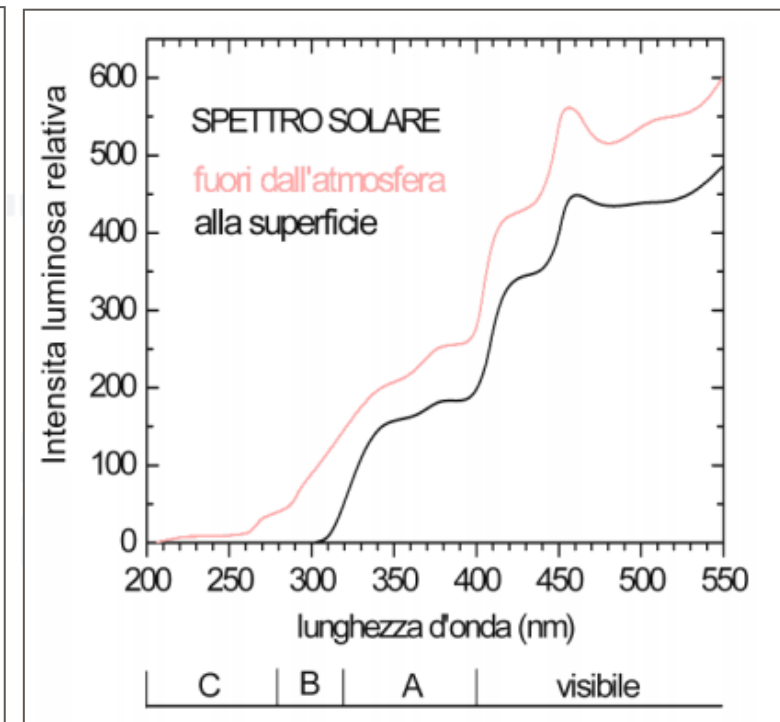
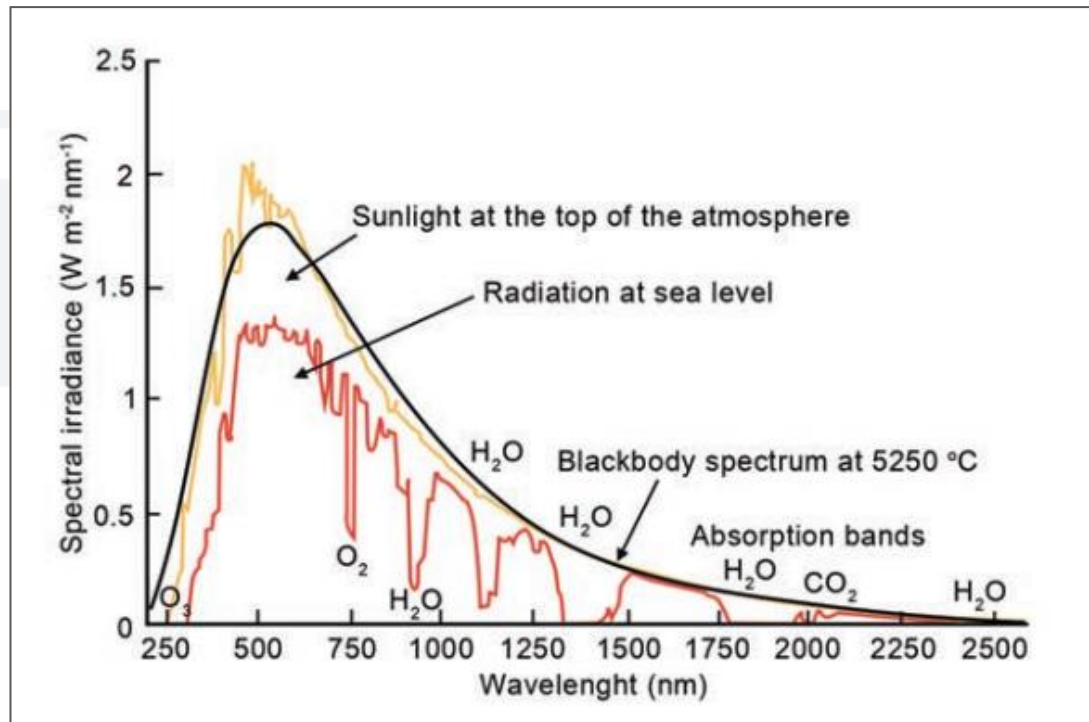
Aumento della produzione di O₂ a partire da circa 4 miliardi di anni fa. Circa 2 miliardi di anni fa O₂ libero inizia ad accumularsi in atmosfera.

In precedenza veniva fissato per ossidazione di Fe²⁺ a Fe³⁺ in presenza di H₂O con formazione di Fe₂O₃

Aumento della CO₂ a partire dall'era industriale

L'Atmosfera - i raggi UV

Ultra Violetto (UV)		50 - 200
	UV - C	200 - 280
	UV - B	280 - 320
	UV - A	320 - 400



L'Atmosfera - Unità di concentrazione dei gas

Una delle unità di misura più utilizzate è **ppm = parti per milione** (cioè uno su 10^6)

L'aria è una miscela di gas.

Si considera un particolare gas (inquinante) presente in aria.

La concentrazione relativa v/v di un gas in una miscela viene espressa come segue:

$$ppm_v = \frac{V_{Gas}}{V_{Tot}} \cdot 10^6$$

L'Atmosfera - Unità di concentrazione dei gas

Una delle unità di misura più utilizzate è **ppm = parti per milione** (cioè uno su 10^6)

L'aria è una miscela di gas.

Si considera un particolare gas (inquinante) presente in aria.

La concentrazione relativa v/v di un gas in una miscela viene espressa come segue:

$$ppm_v = \frac{V_{Gas}}{V_{Tot}} \cdot 10^6$$

Poiché in atmosfera le concentrazioni sono sufficientemente basse, il comportamento dei gas non si discosta di più dell' 1% rispetto a quello dei gas ideali ($pV = nRT$), ne consegue che **la concentrazione relativa mol/mol** di un gas in una miscela viene espressa come segue:

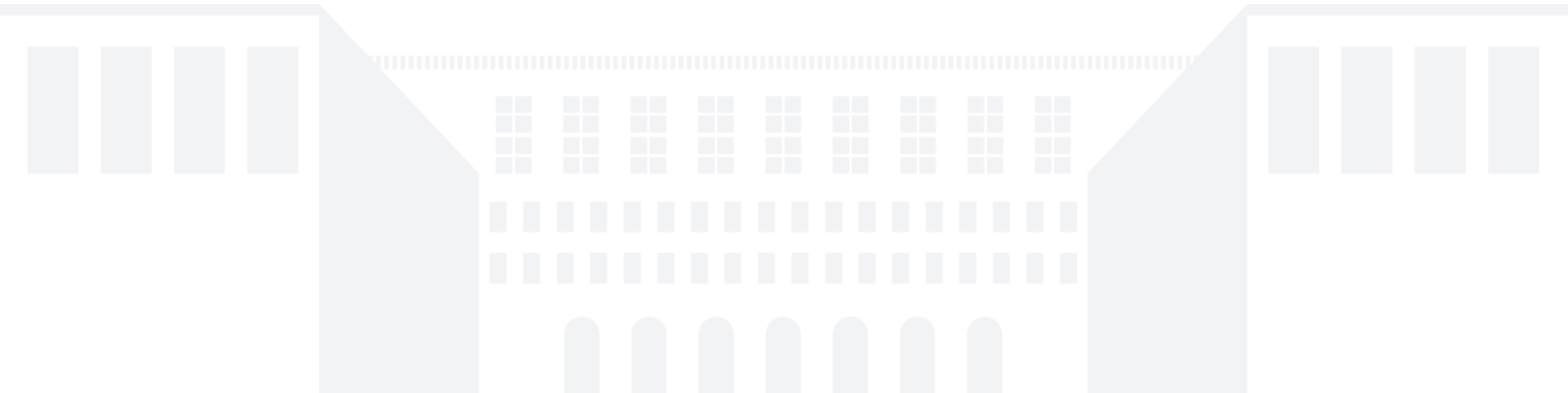
$$ppm_{mol} = \frac{mol_{Gas}}{mol_{Tot}} \cdot 10^6 = ppm_v$$

L'Atmosfera - Unità di concentrazione dei gas (2)

Quindi **1 ppm = 1 mole di gas (inquinante) dispersa in 10^6 moli di miscela di gas (aria)**

oppure **1 ppm di gas (inquinante)**, se fosse possibile isolarlo, occuperebbe un milionesimo del volume rispetto al volume totale della miscela di gas (aria).

Es. in un 1 m^3 di aria occuperebbe 1 cm^3 .



L'Atmosfera - Unità di concentrazione dei gas (2)

Quindi **1 ppm = 1 mole di gas (inquinante) dispersa in 10^6 moli di miscela di gas (aria)**

oppure **1 ppm di gas (inquinante)**, se fosse possibile isolarlo, occuperebbe un milionesimo del volume rispetto al volume totale della miscela di gas (aria).

Es. in un 1 m^3 di aria occuperebbe 1 cm^3 .

Altre unità di misura utilizzate comunemente sono:

ppb = parti per miliardo (*billion*), cioè uno su 10^9 moli (1 mm^3 su 1 m^3 in v/v)

ppt = parti per mille miliardi (*trillion*), cioè uno su 10^{12} moli ($1 \text{ }\mu\text{m}^3$ su 1 m^3 in v/v)