

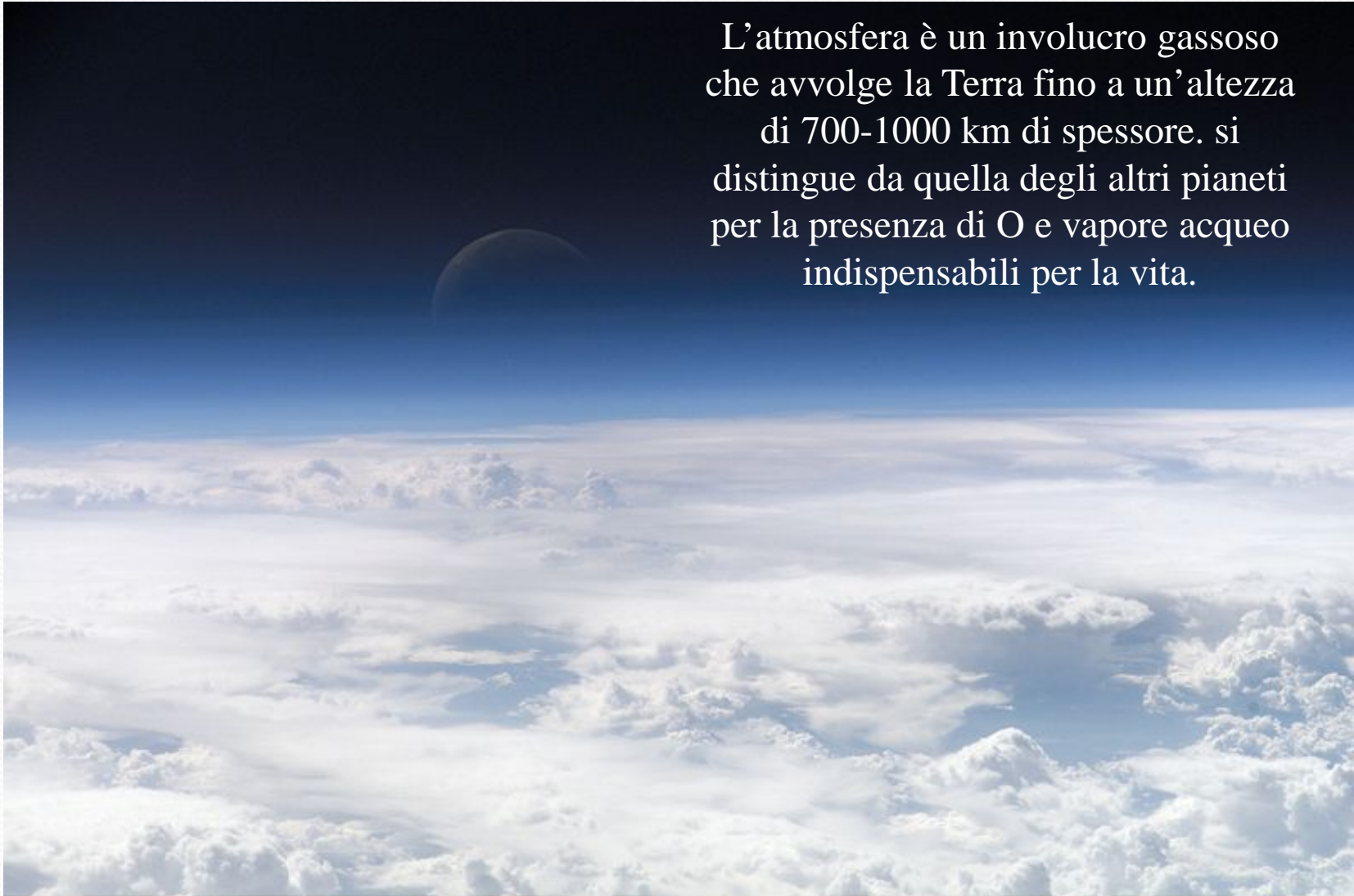
Università degli studi di Napoli "Federico II"



L'atmosfera

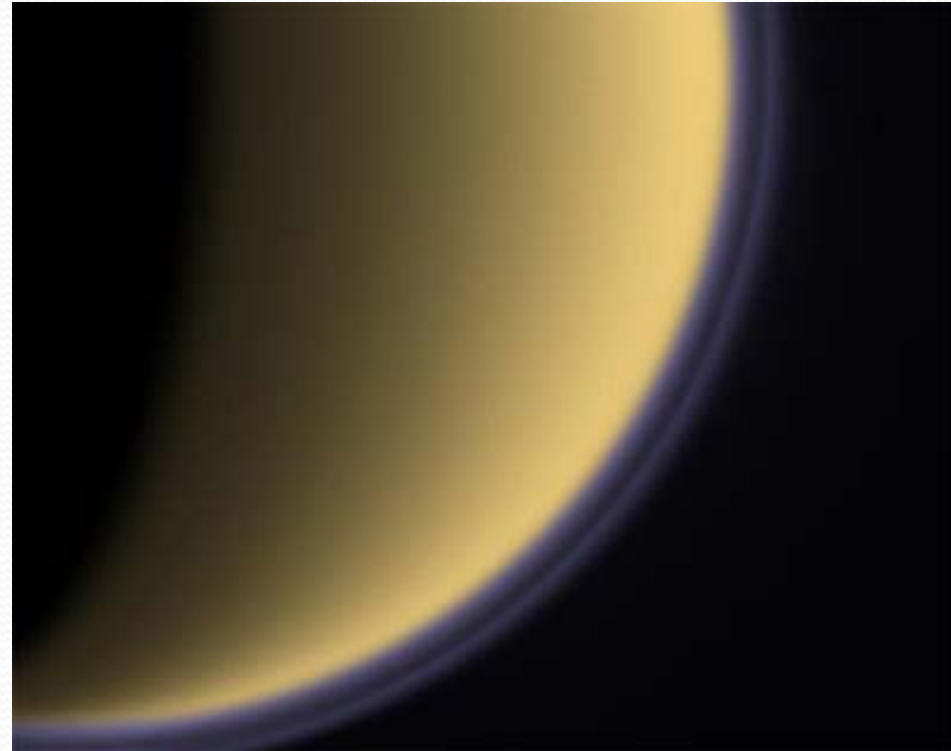
# Caratteri generali dell'atmosfera

L'atmosfera è un involucro gassoso che avvolge la Terra fino a un'altezza di 700-1000 km di spessore. Si distingue da quella degli altri pianeti per la presenza di O<sub>2</sub> e vapore acqueo indispensabili per la vita.



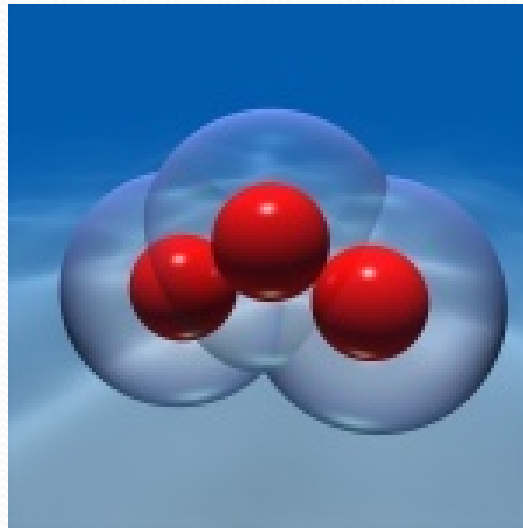
# Le origini dell'atmosfera terrestre

L'atmosfera primitiva conteneva gli stessi gas che componevano la nube cosmica dai cui si è formata la Terra ( $\text{He}$ ,  $\text{H}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ). I gas più leggeri sono poi sfuggiti all'attrazione gravitazionale terrestre. In seguito a intense attività vulcaniche, i gas intrappolati nelle viscere della Terra ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ) si liberarono nell'atmosfera. Portando al raffreddamento e alla condensazione del vapore acqueo causando piogge incessanti che diedero origine all'Idrosfera.



La concentrazione di anidride carbonica, nell'atmosfera, subì una drastica riduzione. Una parte fu assorbita dalle acque degli oceani, e un'altra fu rimossa attraverso le reazioni chimiche che portarono alla formazione dei carbonati nella sedimentazione delle rocce. La quantità rimanente di  $\text{CO}_2$  favorì un intenso effetto serra che impedì agli oceani di congelarsi.

L'ossigeno si è formato 3-4 miliardi di anni fa quando il pianeta emetteva molta più energia di adesso, soprattutto nella banda degli ultravioletti, tanto da scindere le molecole di  $H_2O$  in H e ossigeno. Ma mentre l'idrogeno, dato la sua leggerezza, si diffuse negli spazi interplanetari, l'ossigeno rimase nell'atmosfera. Gli atomi di O combinandosi tra loro diedero origine a uno strato di ozono ( $O_3$ ) chiamato Ozonosfera.



Solo dopo la formazione dell'ozonosfera comparvero sulla Terra le prime forme di vita vegetale sottoforma di alghe verdi.



La concentrazione di ossigeno nell'atmosfera è stata in costante aumento fino a raggiungere i livelli attuali (21%)

# L'importanza dell'atmosfera

- Meno meteoriti sulla Terra
- Meno radiazioni nocive
- La pressione atmosferica, il tempo e la vita
- Escursione termica sulla Terra, la più bassa tra i pianeti del Sistema Solare
- Pianeti più caldi per merito dell'atmosfera

# L'atmosfera negli altri pianeti del Sistema Solare

## Giove:

- H 90%
- He 10%
- Varie tracce di Metano e Ammoniaca

## Urano:

- 83% H<sub>2</sub>
- 15% He
- 2% CH<sub>4</sub>

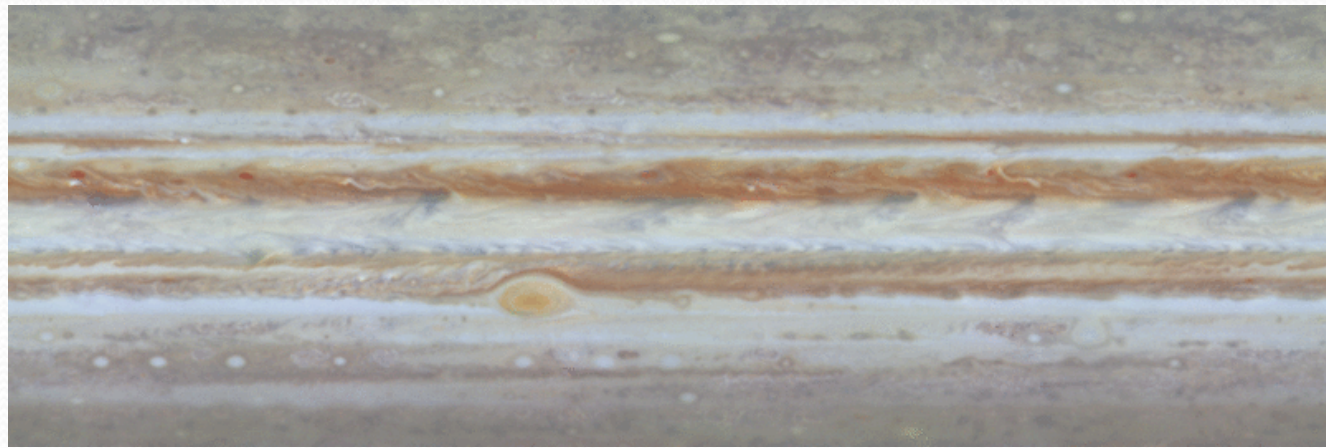
## Nettuno:

- 85% H<sub>2</sub>
- 13% He
- 2% CH<sub>4</sub>
- Tracce di NH<sub>3</sub>

## Saturno:

Simile a quella di Giove con una % di H superiore, oltre a una quantità di P e As

- Tracce di CO, PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub> e idruro di germanio



## Venere:

- CO<sub>2</sub> 96-97%
  - Discreta quantità di N
  - Tracce di acidi (specialmente solforico)
- La presenza di una simile quantità di CO<sub>2</sub> induce a uno spaventoso effetto serra

## Plutone:

Consiste in un sottile strato di N<sub>2</sub>, CO e CH<sub>4</sub> derivati dai ghiacciai della superficie

# Marte, il pianeta più simile alla Terra



	MARTE		TERRA	
CO <sub>2</sub>	95.32	%	0.032 %	%
N <sub>2</sub>	2.7	%	78.08	%
Ar	1.6	%	0.93	%
O <sub>2</sub>	0.13	%	20.95	%
CO	0.07	%	0	%
H <sub>2</sub> O	0.03	%	0.33	%
NO	0.01	%	0	%
Ne	2.5	ppm	18	ppm
Kr	0.3	ppm	0.11	ppm
Xe	0.08	ppm	0.08	ppm
O <sub>3</sub>	0.03	ppm	0.04	ppm
CH <sub>4</sub>	0.01	ppm	2	ppm
He	0	ppm	5	ppm
H <sub>2</sub>	0	ppm	0.5	ppm

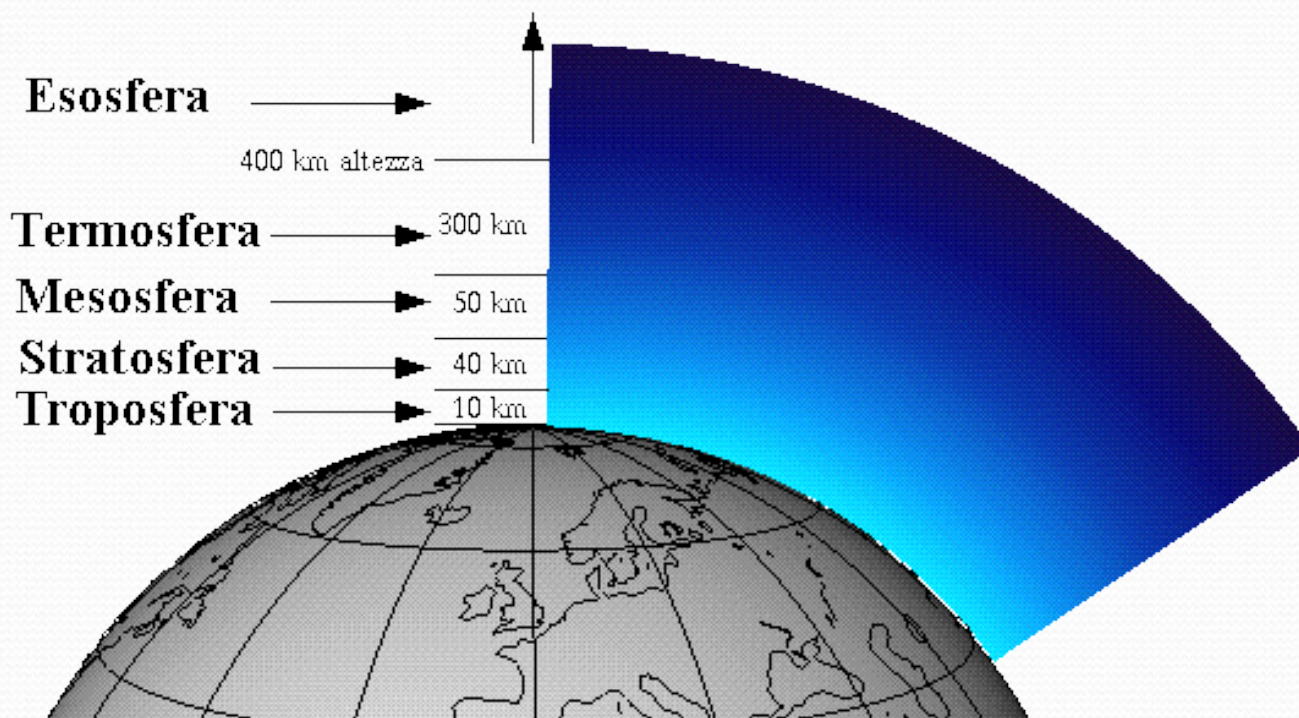




# Struttura dell'atmosfera secondo il gradiente termico verticale

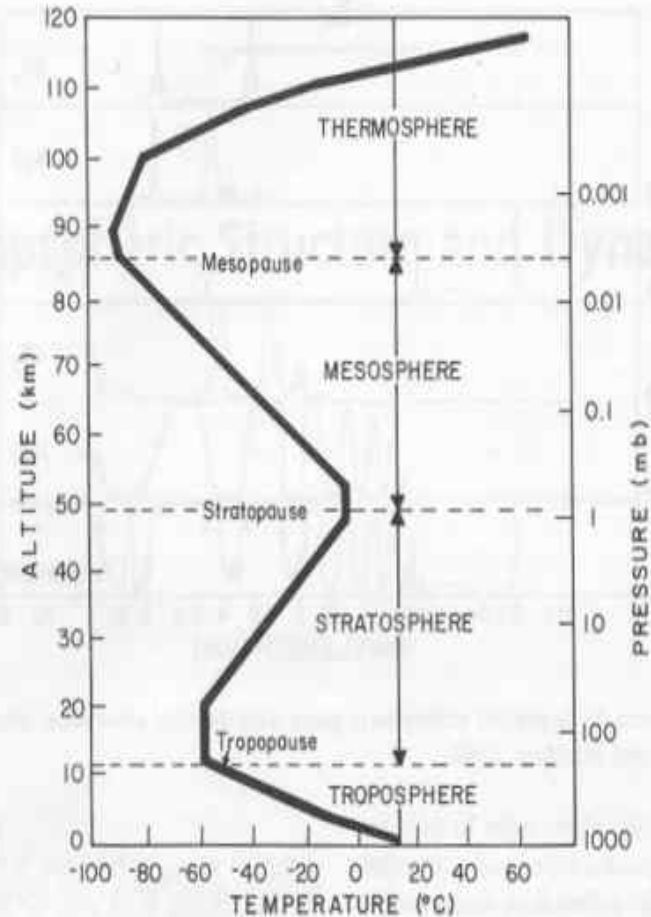
L'atmosfera viene suddivisa in vari strati sulla base delle caratteristiche del profilo verticale oppure di particolari fenomeni fisici o di reazioni chimiche che avvengono intorno a determinate quote.

Secondo il profilo verticale della temperatura si individuano quattro strati fondamentali:



Le caratteristiche di tali strati sono quelle convenzionalmente definite per l'atmosfera standard:

- Pressione a livello del mare: 1013,25 hPa
- Temperatura a livello del mare: 288,15 K
- Peso molecolare dell'aria: 28,96
- Gradiente termico verticale nella troposfera:  $6,5^{\circ}\text{C}$  per chilometro
- Altezza della Troposfera: 11 Km



## Atmosfera normalizzata a livello del mare

$$P = \rho g h \quad (\text{Legge di Stevino})$$

$$H = P / (\rho g)$$

$$H = 1013 \text{hPa} / (1.3 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{m/s}^2)$$

$$H = 1013 \times 10^2 / (12.753) = 7943 \text{ m} = 7.9 \text{ km}$$

# La Troposfera

- È lo strato adiacente al suolo, avente uno spessore di 11 km nel quale la temperatura diminuisce di circa  $6,5^{\circ}\text{C}$  per km. La caratteristica fondamentale della troposfera è costituita dalla sua elevata capacità di rimescolamento verticale tra gli strati prossimi al suolo e quelli sovrastante. Il forte rimescolamento verticale nella troposfera è determinato essenzialmente dalle caratteristiche del suolo la cui influenza si fa sentire fino al top dello strato.
- La troposfera contiene la quasi totalità del vapor acqueo atmosferico e questo è anche uno dei motivi per cui nubi e precipitazioni interessano soltanto tale strato.

# La Stratosfera

- È immediatamente sovrastante alla troposfera ed è costituita da un primo strato di circa 10km nel quale la temperatura resta quasi costante con la quota e da un successivo strato, spesso 25-30km, nel quale la temperatura aumenta con la quota (ozonosfera).
- Il passaggio dalla troposfera alla stratosfera è in genere accompagnato da una brusca variazione nella concentrazione di alcuni componenti dell'atmosfera. Diminuisce di un ordine di grandezza il vapore acqueo e aumenta in pari misura quella dell'ozono.
- L'aumento della temperatura nello strato tra 20 e 50 km è determinato dal forte assorbimento dei raggi ultravioletti solari da parte dell'ozono che appunto raggiunge la massima concentrazione proprio in tale porzione di atmosfera.

# La Mesosfera

- Si estende fino a una quota di circa 80-85 km; è una regione nella quale la temperatura decresce con la quota, così che viene parzialmente favorito il rimescolamento verticale
- Lo strato atmosferico costituito da troposfera, stratosfera e mesosfera viene denominato omosfera, qui la composizione chimica dell'atmosfera resta pressochè costante con la quota, eccetto alcuni componenti minori

# La Termosfera

- Alla fine della mesosfera ha inizio la termosfera, che si estende in altezza per parecchie centinaia di chilometri con temperature che hanno oscillazioni di circa 1000 °C tra giorno e notte e a seconda dell'attività solare.
- Nella parte più bassa dello strato predominano l'ossigeno e l'azoto molecolari e l'ossigeno atomico generato dalla fotodissociazione. Invece a quote superiori il principale componente è l'ossigeno atomico.

# Gli strati atmosferici sede di particolari di fenomeni fisici e chimici

- Ozonosfera
- Magnetosfera
- Aurore boreali
- fasce di Van Allen
- Elettrosfera

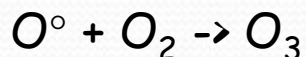




# L'Ozonosfera

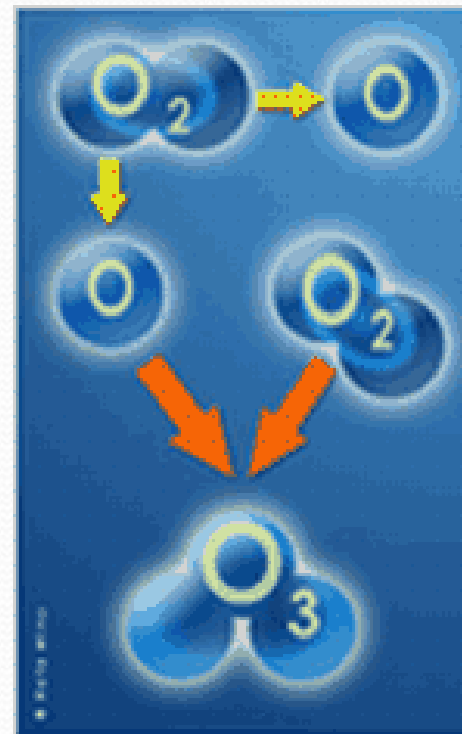
È lo strato dell'atmosfera in cui si concentra la maggior parte dell'ozono, che è un gas serra. È situata al di sopra della Troposfera tra 15-35 km di altitudine ed è corrispondente con la parte bassa della stratosfera. In questa zona le radiazioni UV solari vengono filtrate dalle molecole di ozono, causando un innalzamento della temperatura ed evitando quindi un mescolamento verticale con la Troposfera stabilizzandola.

La molecola dell'ozono ( $O_3$ ) svolge diverse funzioni per gli esseri viventi. È di vitale importanza quando si trova negli strati dell'alta atmosfera mentre è dannoso quando si trova in quelli bassi. L'ozono viene prodotto naturalmente nella stratosfera per effetto dei raggi ultravioletti UV-B e UV-C che spezzano la molecola di  $O_2$  in due atomi che si ricombinano con altre molecole di  $O_2$



La quantità di ozono stratosferico è pari ad un sottilissimo strato di appena 3 mm in grado.

Rappresenta circa il 90% dell'ozono totale atmosferico.



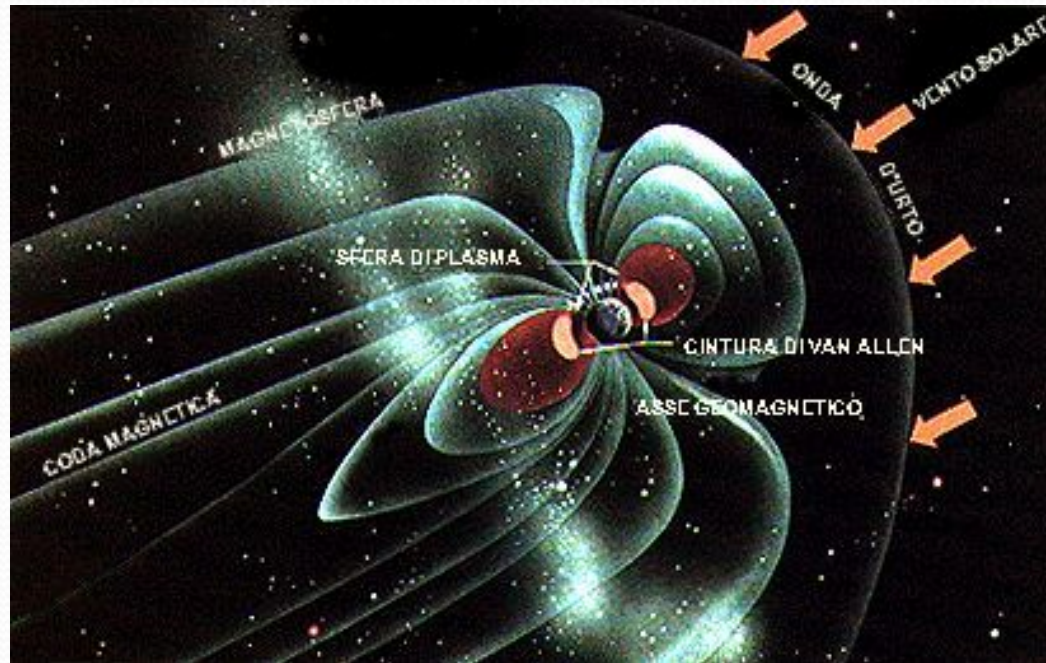
# La Ionosfera

È quella zona dell'alta atmosfera, tra i 90 e 200 km, vi è un'elevata concentrazione di elettroni e di ioni prodotti dalla ionizzazione delle molecole d'aria da parte della componente UV più energetica della radiazione solare e dai raggi X solari e cosmici



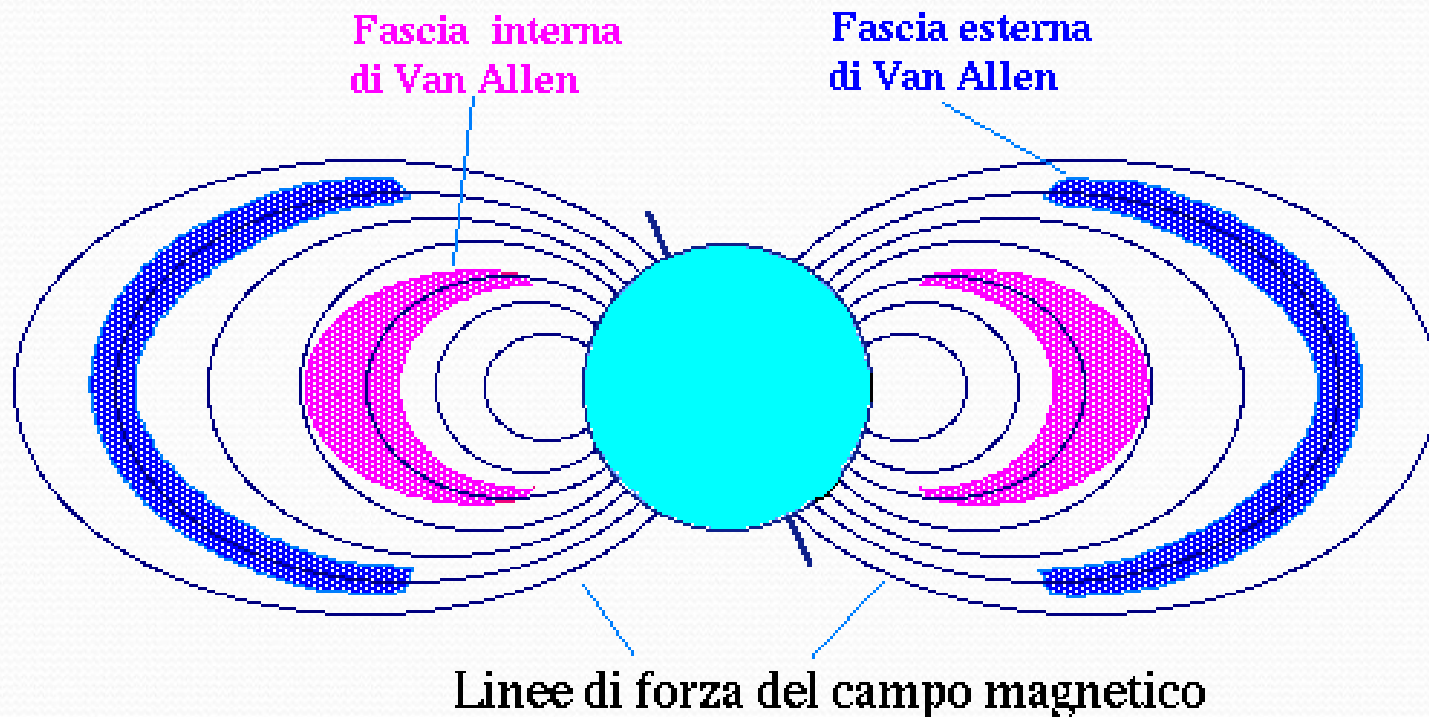
# La Magnetosfera

- È la regione dello spazio prossima alla Terra dove il campo terrestre è maggiore di quello del vento solare.
- L'insieme di elettroni, protoni e atomi pesanti ionizzati costituisce il *vento solare*, un flusso di plasma che varia in rapporto all'attività delle macchie solari e alla distanza della terra.
- il plasma costituente il vento solare interagisce con il *campo magnetico terrestre*.



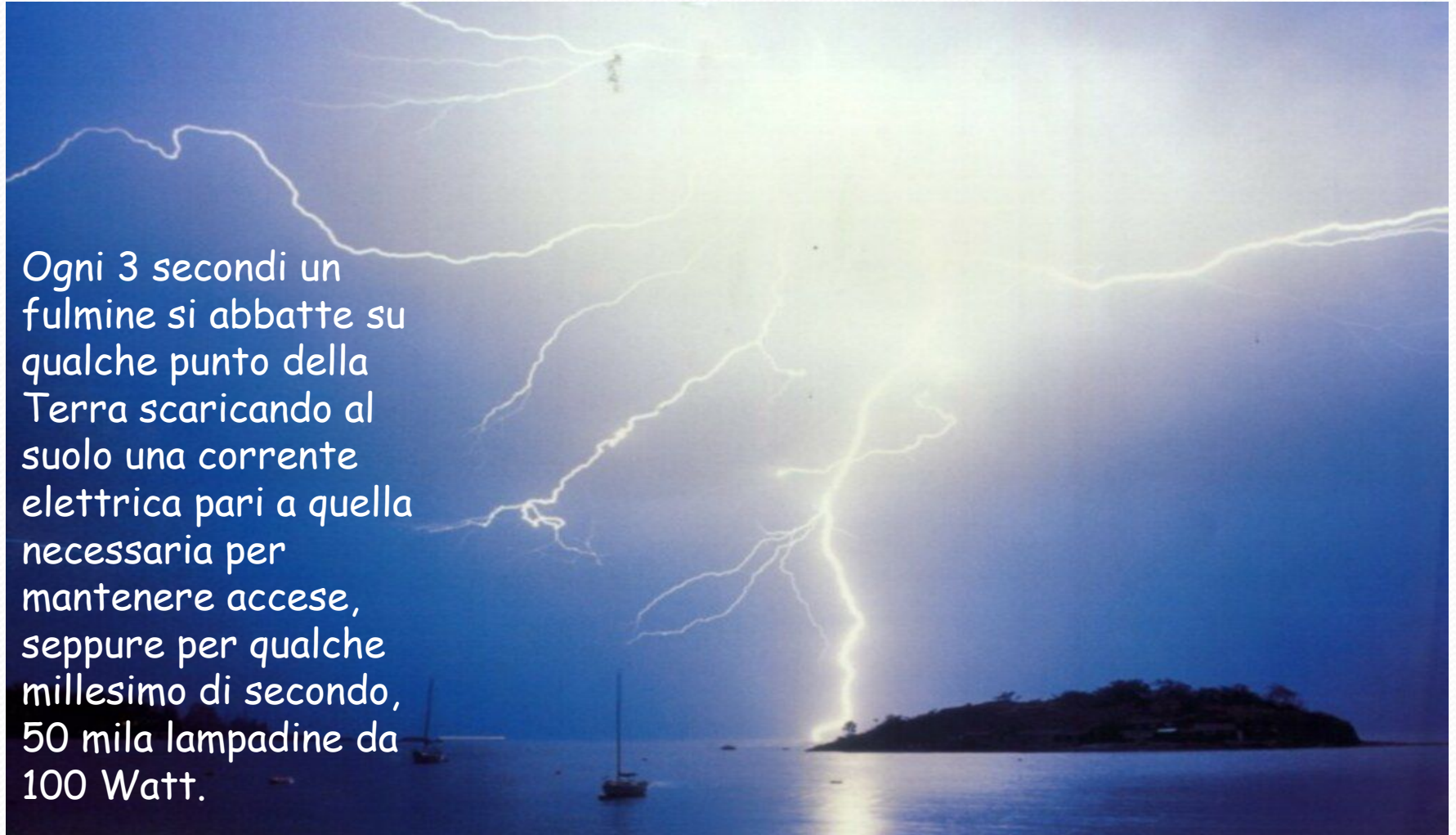
# Fasce di Van Allen

- Sono 2 fasce di particelle cariche intrappolate dal campo magnetico terrestre.
- Anche le *aurore boreali* sono legate all'interazione del vento solare con il campo magnetico terrestre e sono determinate da infiltrazioni di plasma fino a basse quote.



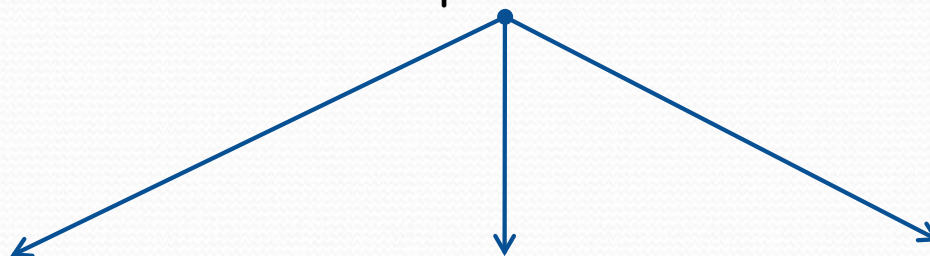
# Fenomeni fisici nell'atmosfera: Fulmini

Ogni 3 secondi un fulmine si abbatte su qualche punto della Terra scaricando al suolo una corrente elettrica pari a quella necessaria per mantenere accese, seppure per qualche millesimo di secondo, 50 mila lampadine da 100 Watt.



# Come nascono i fulmini

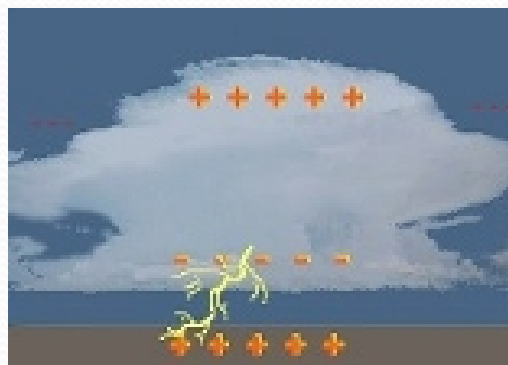
Scariche elettriche  
improvvisate



Tra due nubi  
diverse



Tra la nube e il suolo

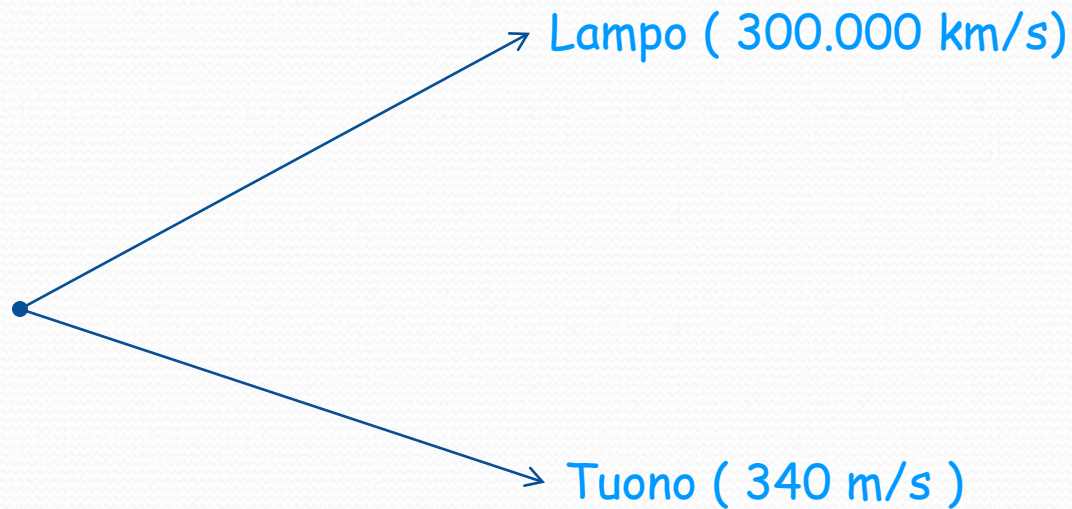


Tra due punti della  
stessa nube



Quando la differenza di potenziale che si genera raggiunge un valore in grado di innescare una scarica elettrica, nasce il fulmine.

*Fulmine*



Per calcolare la distanza in m tra noi e il temporale basta moltiplicare per 340 i secondi che passano tra il lampo e il tuono

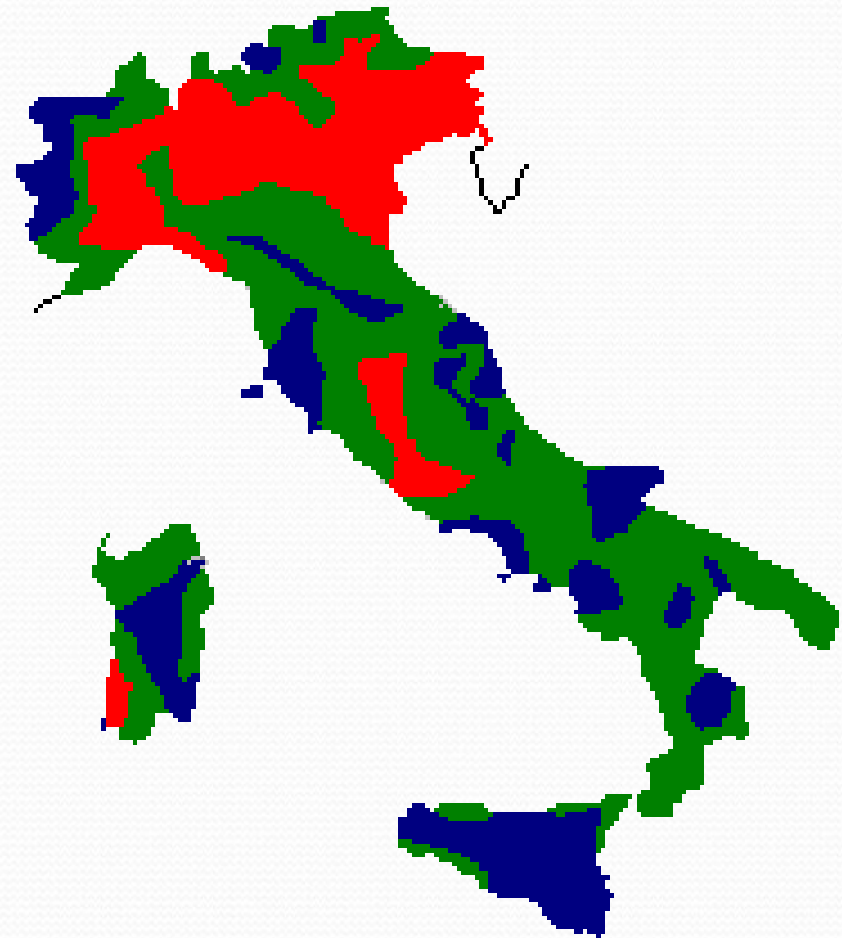


# Zone interessate dal fenomeno

Sulla Terra si hanno:

- 16 000 000 temporali l'anno
- 44 000 al giorno
- 100 fulmini al secondo
- Mediamente in Italia NT risulta pari a 2
- NT = numero per km<sup>2</sup> in un anno

Lombardia 98.000  
fulmini l'anno, in  
Sicilia 38.000



Nt=4

Nt=2,5

Nt=1,5

# Fulmini particolari

A secondo del loro aspetto e delle loro caratteristiche sono diversamente classificate:

- A linea
- Di ritorno
- A razzo
- Lampi di colore
- A perla



Fulmini di ritorno

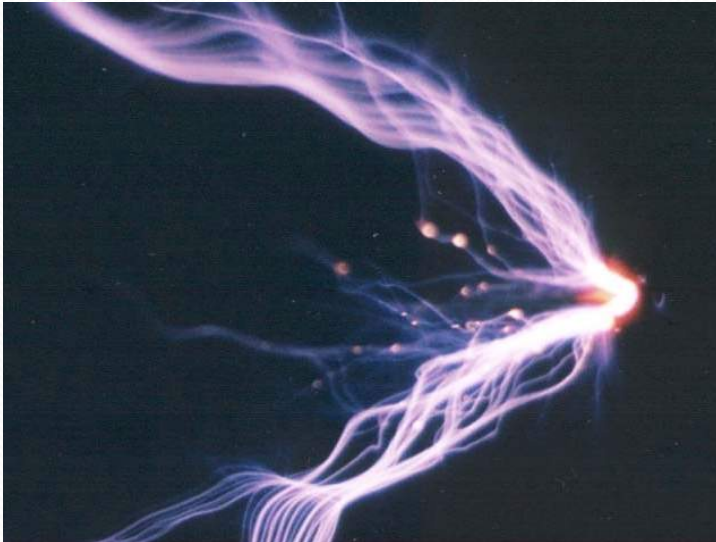
Più suggestivi e bizzarri:

- Fuochi di Sant'Elmo



Manifestazioni luminose da alberi di navi a vela

- Fulmini globulari o " Fire Balls"



Sfere luminose in grado di attraversare pareti e finestre chiuse senza danneggiarle.

# Cosa non bisogna fare se ci sono i fulmini

1. Evitare alberi con fusto allungato a cono (soprattutto conifere ricche di resina);
2. Mai tenersi per mano;
3. In casa evitare l'uso del telefono fisso, fare la doccia, toccare i rubinetti;
4. Staccare elettrodomestici compresa l'antenna della tv;
5. Stare alla larga da costruzioni metalliche
6. Toccare il terreno sempre con un piede solo

# Fenomeni ottici nell'atmosfera

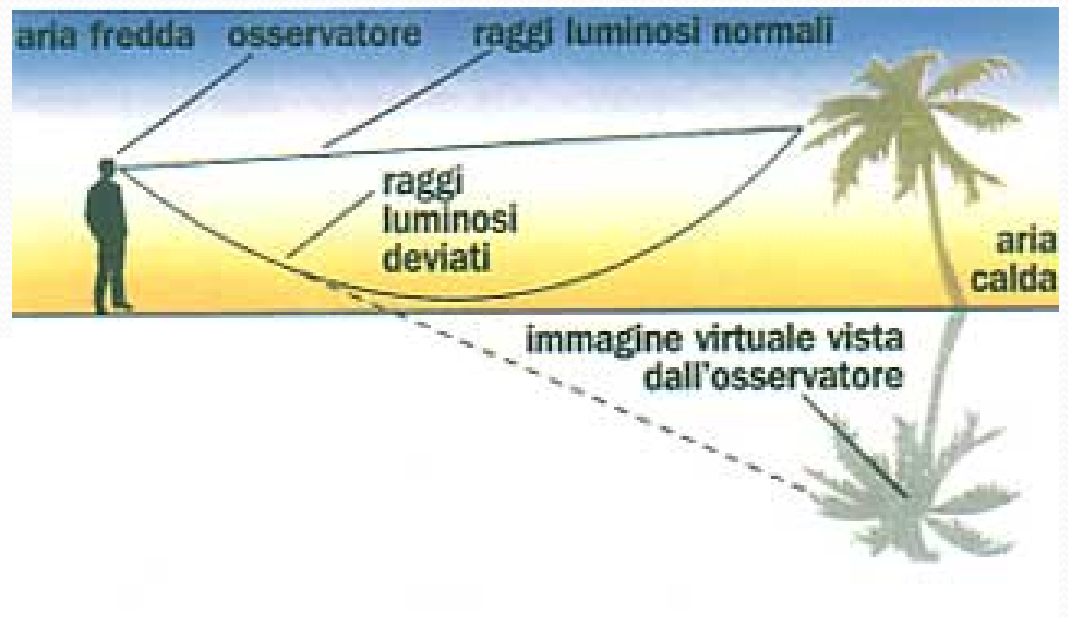
Senza l'atmosfera il cielo ci apparirebbe nero anche di giorno. La radiazione solare di colore bianco, nell'interazione con le molecole d'aria e Aerosol atmosferici, subisce un processo di diffusione e di scomposizione nei vari colori del visibile di cui il blu ha la massima diffusione.



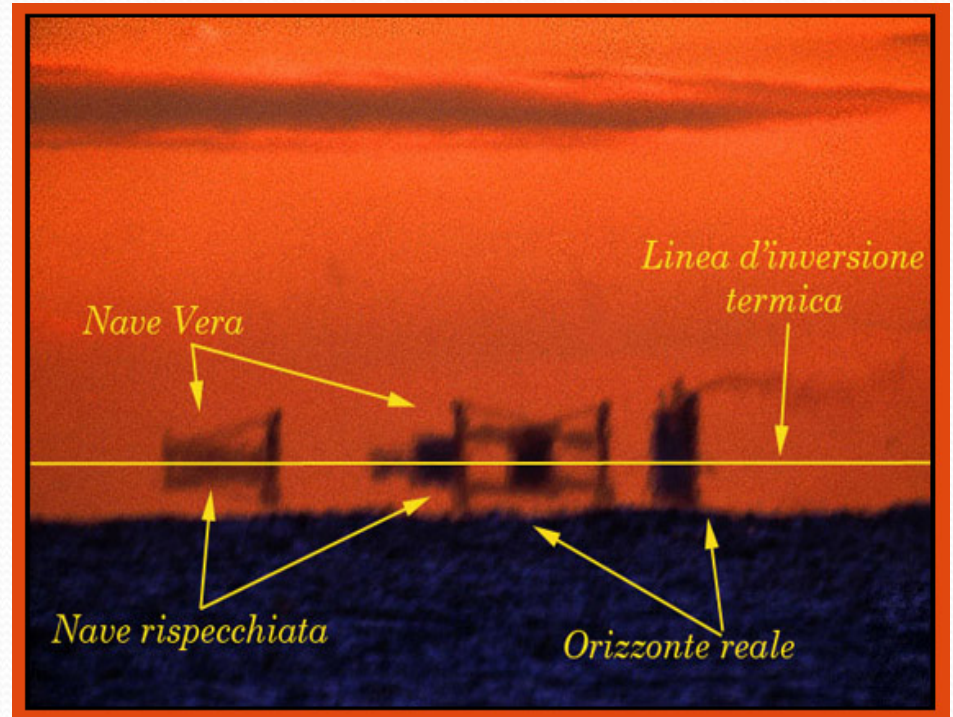
# Miraggio inferiore, superiore e fata Morgana

Sono fenomeni ottici legati al processo di rifrazione della luce, ovvero la deviazione di traiettoria subita da raggi luminosi quando attraversano strati di diversa densità.

**Miraggio inferiore:** si verifica quando lo strato d'aria a contatto con un terreno pianeggiante è molto più denso dello strato immediatamente superiore



**Miraggio superiore:** lo strato d'aria adiacente al suolo è molto più freddo di quello sovrastante



**Fata Morgana:** consiste nell'apparizione di forme mutevoli, si distingue dal miraggio perché le immagini sono assai diverse dagli oggetti che le generano.

# Gli aloni

Fenomeni ottici legati alla presenza di ghiaccio nelle nubi. Spesso il sole e la luna ci appaiono circondati da uno spettacolare anello di luce. La luce di questi astri viene rifratta dai cristalli di ghiaccio presenti in cirri e cirrostrati. Gli aloni hanno pertanto una certa importanza nelle previsioni del tempo.





# L'arcobaleno

Si manifesta quando il sole è alle spalle di un osservatore che vede davanti a se una nube dalla quale stia cadendo pioggia. È dovuto a processi di rifrazione e riflessione che il raggio solare subisce quando penetra in una gocciolina d'acqua in sospensione nell'atmosfera.



# Diffrazione della luce: corone e glorie

Alla diffrazione sono dovuti fenomeni ottici quali corone e glorie

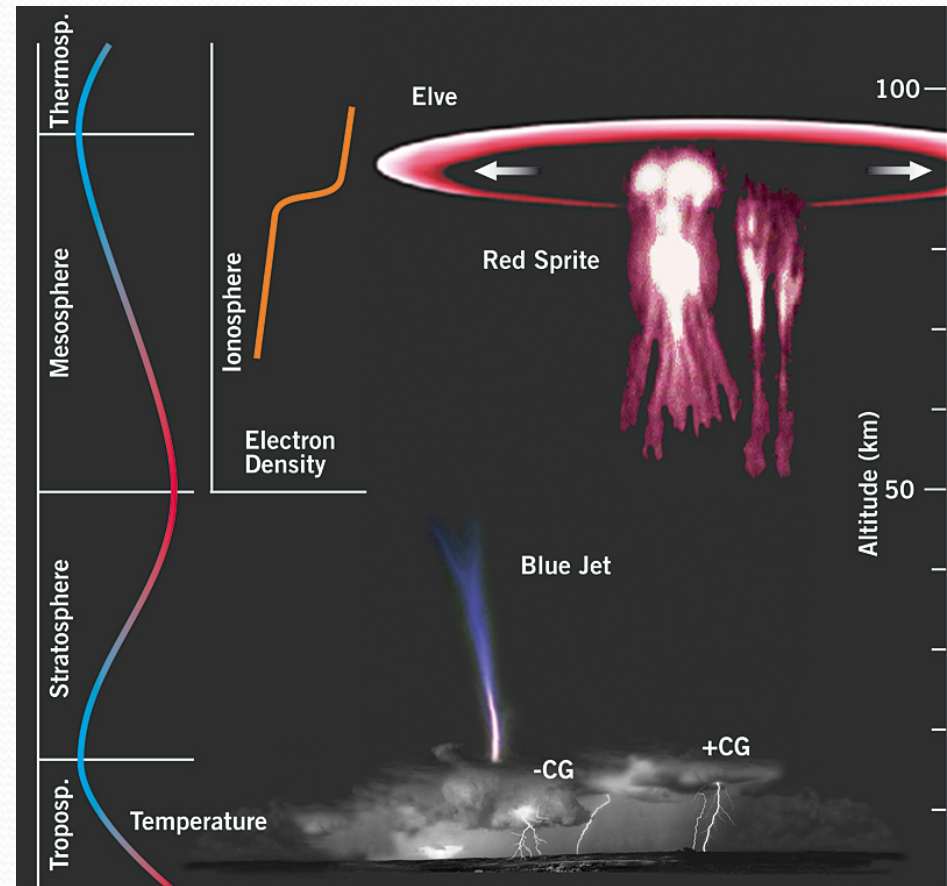
**Corone:** sono cerchi luminosi colorati che talvolta circondano il sole o la luna con diametro più piccolo degli aloni. Si formano ogni volta che davanti al sole o alla luna passano nubi poco spesse, costituite da gocce piccole.



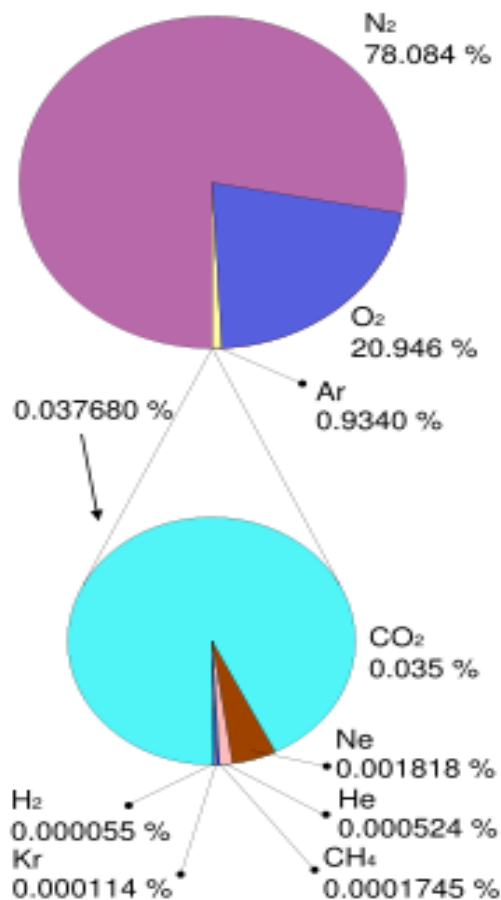
**Glorie:** si osservano solo con il sole o la luna alle spalle. Il fenomeno, conosciuto anche come spettro di Broken, si verifica di solito in montagna quando l'ombra di un osservatore viene proiettata su un banco di nebbie o nube che si trova più in basso.

# Red sprites e Blue jets

Sono fenomeni ottici che avvengono tra la stratosfera e la mesosfera in presenza di nubi temporalesche. I **red sprites** si manifestano sotto forma di spot luminosi verso l'alto, di solito rossi, e sono scariche elettriche tra il top della cellula temporalesca e gli strati atmosferici sovrastanti. Anche i **blue jets** emergono verso l'alto da nubi temporalesche sotto forma di lampi luminosi blu, a forma di cono, e spariscono intorno a 40-50 Km di altezza.

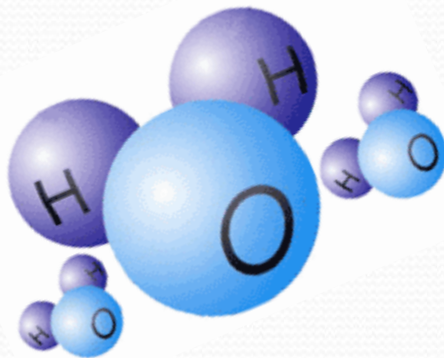
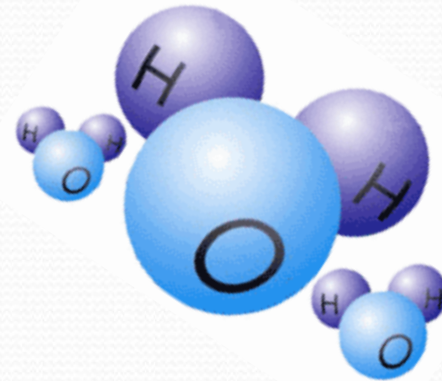


# Composizione chimica dell'aria secca, cioè priva di Vapore Acqueo

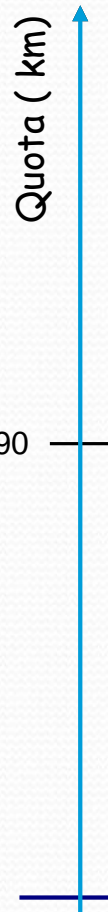


Componente	Conc. In volume
<i>Azoto</i>	<i>78,08%</i>
<i>Ossigeno</i>	<i>20,95%</i>
<i>Argon</i>	<i>Azoto</i>
<i>Anidride carbonica</i>	<i>350 ppm *</i>
<i>Neon</i>	<i>18,2 ppm *</i>
<i>Elio</i>	<i>5,24 ppm *</i>
<i>Metano</i>	<i>1,75 ppm *</i>
<i>Krypton</i>	<i>1,14 ppm *</i>
<i>Idrogeno</i>	<i>0,55 ppm *</i>

Anche il *vapor d'acqua* è un componente fondamentale, ma la sua concentrazione *varia sensibilmente tra l'1% al 3%* del volume, a seconda del luogo e del tempo.



In definitiva *azoto, ossigeno, argon e vapor d'acqua* costituiscono il *99,96%* del volume dell'atmosfera; il restante *0,04 %* è rappresentato dai *gas secondari e da particelle liquide o solide*.



*eterosfera*

Composizione eterogenea e  
fluttuante nel tempo.

*omosfera*

Concentrazione costante dei  
componenti principali, varia  
quella dei gas secondari

## Meccanismi che intervengono sulla *variazione di concentrazione dei gas secondari*:

- **Radiattivi** ( azione della radiazione solare )
- **Biologici** ( processi di respirazione e fotosintesi )
- **Geologici** ( esalazioni vulcaniche )
- **Antropici**



Tali processi operano su scale temporali e spaziali diverse.

Data la variazione di concentrazione di questi gas nel tempo, è utile studiarne sia la presenza attuale ( **aspetto statico** ) che l'andamento nel tempo ( **aspetto dinamico** ).

# Variazione di concentrazione dei gas secondari



```
graph TD; A[Variazione di concentrazione dei gas secondari] --> B[Aspetto statico:]; A --> C[Aspetto dinamico:];
```

## Aspetto statico:

- somma delle sorgenti
- somma dei pozzi
- carico atmosferico ( riserve )

## Aspetto dinamico:

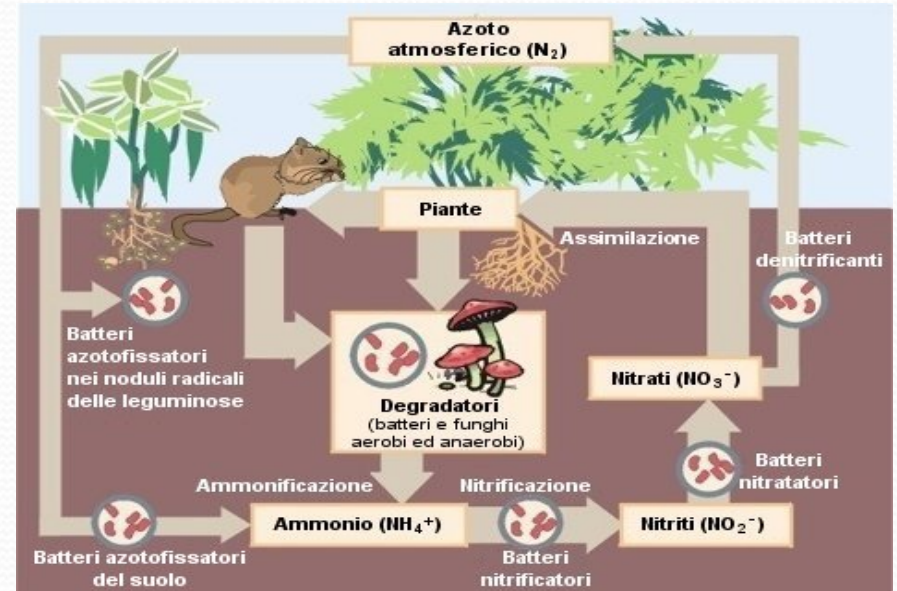
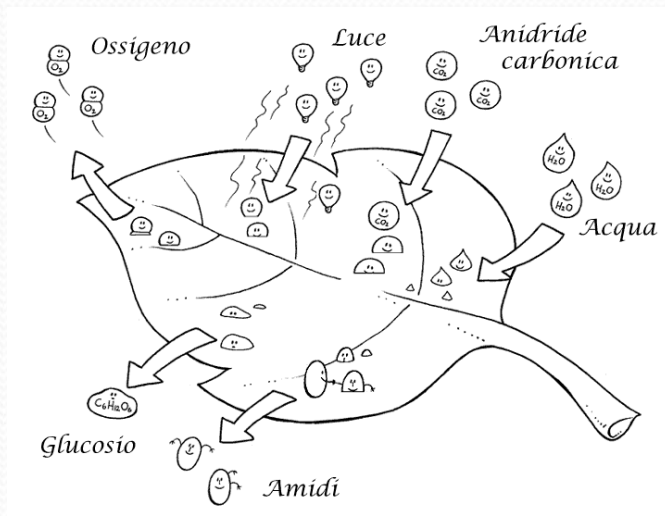
- tempo di residenza

Per determinare il *trend* di un gas, è sufficiente eseguire la differenza tra le sue sorgenti e i suoi pozzi nel tempo.

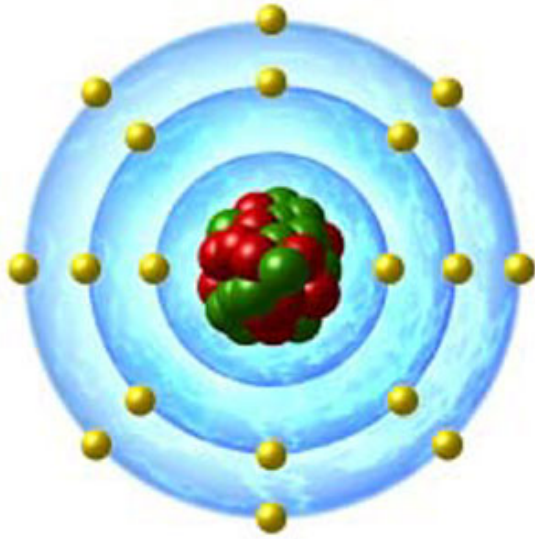


# I gas principali

**Azoto** ( $N_2$ : 78% ) : il maggior componente dell'atmosfera. Rilasciato da sostanze organiche in decomposizione, da eruzioni vulcaniche e attività antropiche. Viene fissato in composti azotati da alcuni batteri presenti nel terreno.



**Ossigeno** ( $O_2$ : 21%) : è l'elemento più abbondante del pianeta e negli esseri viventi. E' fondamentale per la respirazione cellulare e viene rilasciato nell'atmosfera dall'attività di fotosintesi.



**Argon** (Ar: 0,93 % ): viene rilasciato in continuazione dal decadimento dell'isotopo  $^{40}\text{K}$  presente in natura.

Essendo un gas nobile non reagisce con altre sostanze e si accumula nell'atmosfera.

**Vapore acqueo** (  $\text{H}_2\text{O}$  ) : è presente in misura variabile. Scarso nelle regioni desertiche o nelle masse d'aria fredda. Abbondante nelle masse d'aria calda e sopra gli oceani tropicali. La sua concentrazione oscilla tra l'1% e il 3%.

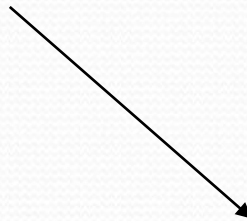
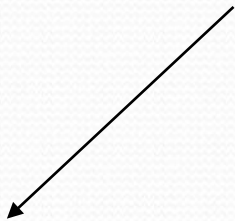


# I gas secondari

GAS SERRA

AEROSOL

GAS REATTIVI

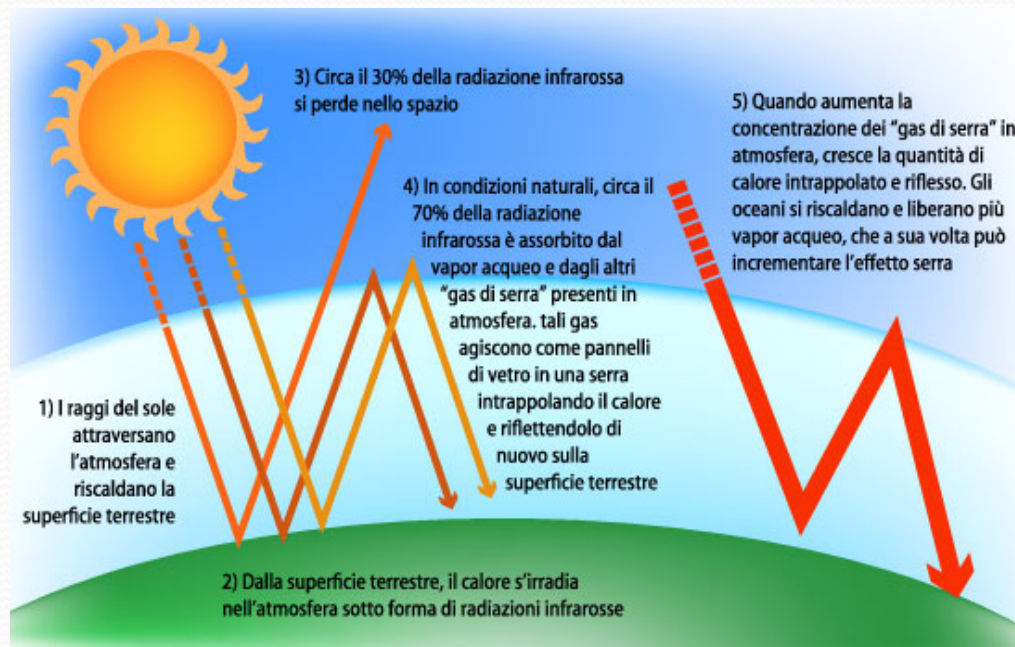


# I gas serra

*Gas serra* : qualsiasi sostanza in grado di intercettare e poi di riemettere parte della radiazione infrarossa persa dal sistema Terra mediante irraggiamento, producendo il cosiddetto "*Effetto serra*".

L' "effetto serra" comporta di fatto un aumento del flusso di radiazione infrarossa e di conseguenza un aumento della temperatura del pianeta.

L'effetto serra è *necessario* per la sopravvivenza della vita sul pianeta Terra.



I principali gas serra sono *il vapor d'acqua, l'anidride carbonica, il metano, il protossido d'azoto, l'ozono e i clorofluorocarburi.*

# I gas reattivi

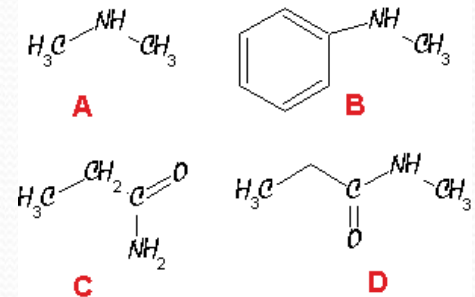
Sono dei gas che vengono coinvolti in una serie di reazioni chimiche che portano alla formazione di gas serra.

**Monossido di carbonio (CO)** prodotto dal consumo di combustibili fossili.



**Composti organici volatili**, sono idrocarburi prodotti da combustione dei gas fossili, gas scarico, evaporazione dei solventi, fotosintesi. Sono coinvolti nella produzione dell'ozono.

**Composti contenenti azoto e zolfo**, prodotti dalla combustione di combustibili fossili e coinvolti nella formazione dell'ozono.



# Gli aerosol

Si intende ogni sostanza che si trova sospesa nell'atmosfera in forma liquida o solida, a causa delle sue dimensioni microscopiche ma maggiori di quelle molecolari.



Gli aerosol *primari* sono direttamente emessi dalle sorgenti, quelli *secondari* invece si formano dalla condensazione o dalla trasformazione di gas precursori.

Per quanto riguarda gli aerosol, la *composizione* dell'atmosfera è *complessa ed eterogenea*.

Un'importante distinzione degli aerosol viene fatta in base alle dimensioni delle particelle che lo costituiscono.

## Nuclei di Aitken

0,001 ÷ 0,5  $\mu\text{m}$

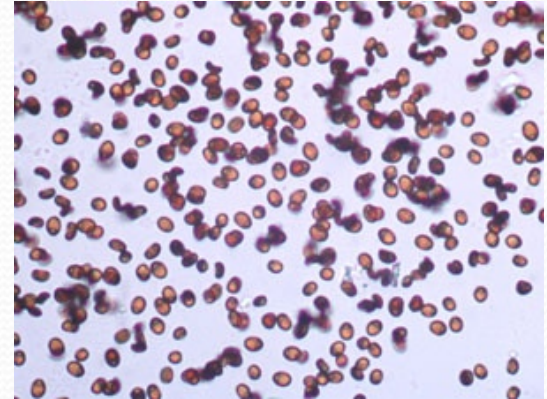


Origine: combustione, attività vulcaniche, vapori metallurgici, gas di scarico, fumo di tabacco, condensazione di gas.

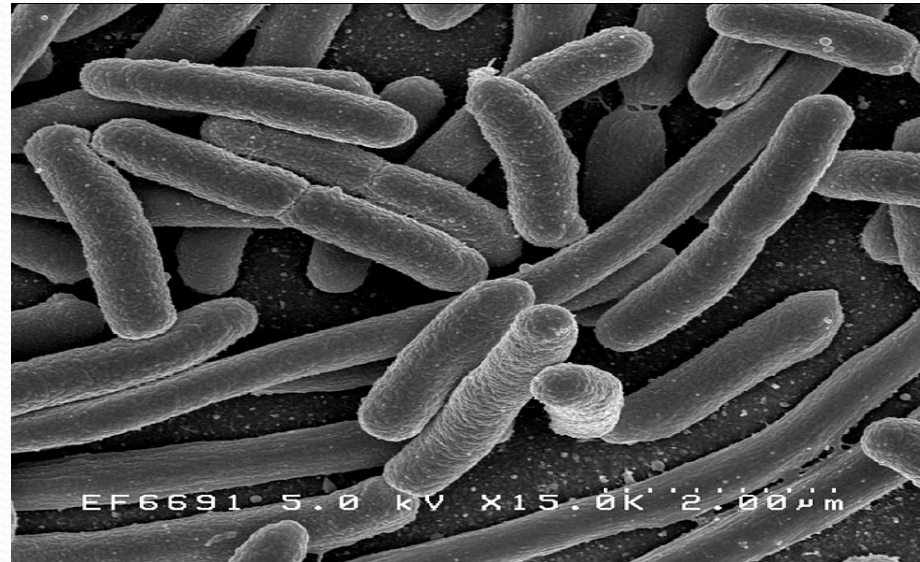


## Nuclei grandi

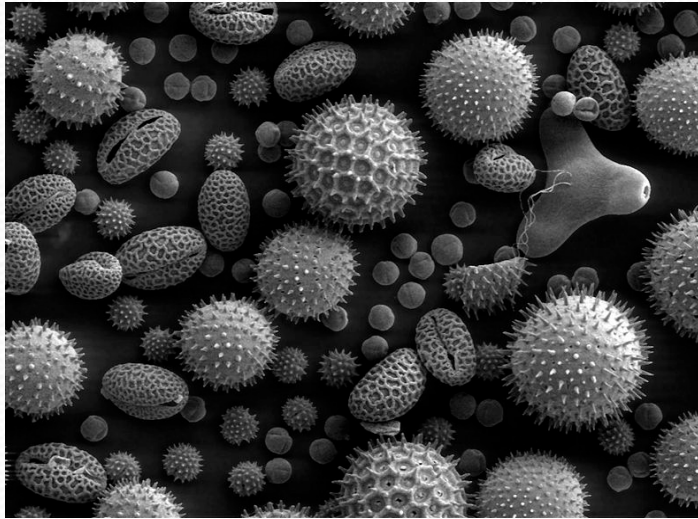
0,5 ÷ 5  $\mu\text{m}$



Origine: fusione di particelle più piccole e condensazione attorno ai nuclei di Aitken, vapore di carbone, nebbia, spore fungine, batteri.







## Nuclei giganti

5 ÷ 100  $\mu\text{m}$

Origine: materiali provenienti dalla crosta terrestre, cloruro di sodio di origine marina, foschia, polline, polveri di cemento.



La rimozione dell'aerosol atmosferico avviene per trasferimento al suolo o attraverso le precipitazioni.

Il tempo di residenza di un aerosol dipende dalle sue proprietà fisico-chimiche e dal luogo dove viene rilasciato.



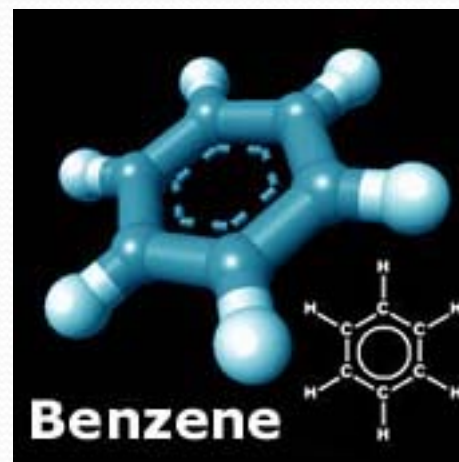
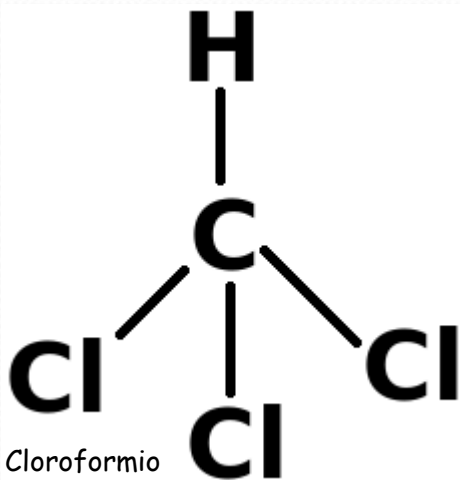
L'aerosol stratosferico, formatosi in seguito ad eruzioni vulcaniche, può permanere anche per anni.



Gli aerosol sono maggiormente distribuiti sugli insediamenti urbani, negli strati più bassi dell'atmosfera.

# Le sostanze tossiche

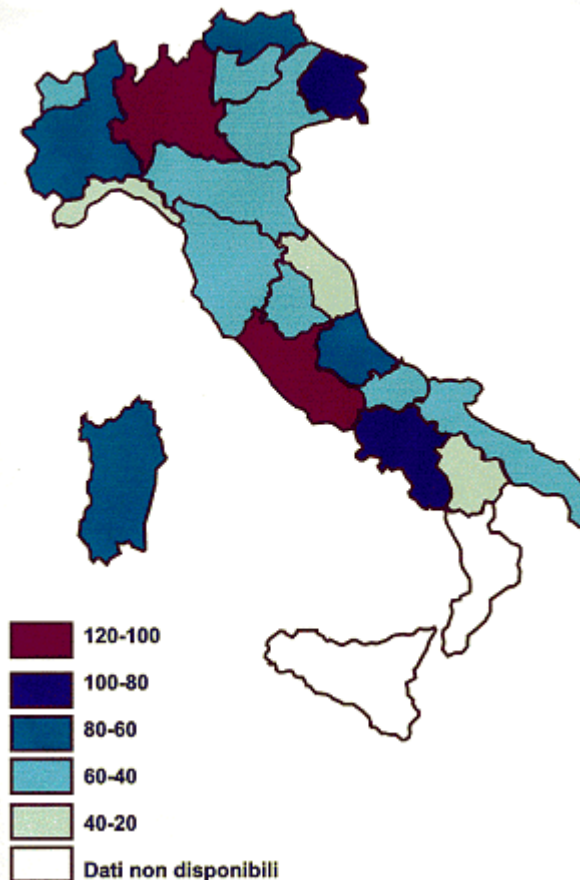
- Benzene (usato nelle benzine e nei solventi)
- Cloroformio ( $\text{CHCl}_3$ )
- Idrocarburi policiclici aromatici
- Metalli pesanti ( piombo, boro, arsenico, mercurio, cadmio e nichel, emessi da processi legati a diverse attività di tipo industriale)
- Amianto
- Nitrosammine ( $\text{R}_2\text{N}_2\text{O}$ , prodotti terminali delle reazioni in atmosfera)



# I composti radioattivi

Il solo elemento, di una certa rilevanza, presente nell'aria è il **Radon**. Esso viene rilasciato da minerali di Uranio presenti nella crosta terrestre. La sua concentrazione è molto variabile sia di luogo in luogo sia in base alle condizioni meteorologiche.

Concentrazione del radon (Bq/mc)  
Health Physics, Novembre 1996, Vol.71 n.5 pp 741-748



# Aria "pulita" e aria inquinata

Molti dei composti fino a qui citati alterano la qualità dell'aria, modificano il clima, possono provocare inondazioni o siccità (sia pure indirettamente), danneggiare irreparabilmente le foreste, ridurre la quantità e la qualità dei raccolti, colpire gli animali e l'uomo.

L'aria "pulita" non esiste in natura, in realtà è composta da un miscuglio di gas e particelle la cui concentrazione risulta fluttuante, soprattutto nelle componenti minatorie.



Quando parliamo di **inquinamento** invece intendiamo una modificazione della naturale composizione o stato fisico dell'aria, dovuta alla presenza di una o più sostanze, in quantità e con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria, fino a costituire pericolo.

Purtroppo l'inquinamento non si ferma alle sole città. Infatti oggi si è consapevoli che provoca alterazioni anche su scala globale, il buco dell'ozono e i cambiamenti climatici ne sono un evidente segnale

Si possono riassumere le tante problematiche relative al comparto ambiente in 4 capitoli principali:

- La qualità dell'aria (inquinamento urbano, ozono troposferico)
- L'inquinamento a lunga distanza (acidificazione, eutrofizzazione)
- L'impoverimento dello strato di ozono stratosferico
- I cambiamenti climatici



# La qualità dell'aria

È definita oggettivamente confrontando le concentrazioni misurate o stimate di alcuni inquinanti in atmosfera con valori di riferimento definiti da organismi nazionali o sovranazionali.

Molte delle normative, come quella dello Stato italiano, si avvalgono di più livelli di riferimento:

- Valori limite, per la salvaguardia della salute della popolazione
- Valori guida, che sono il riferimento di lungo termine per la protezione della salute e degli ecosistemi
- Livelli di attenzione e livelli di allarme, che si utilizzano nelle aree urbane per limitare l'esposizione della popolazione a tali inquinanti

Ciascun parametro si riferisce a un singolo inquinante, prescindendo dalla sorgente di inquinamento, e viene individuato in base a considerazioni igienico-sanitarie.

Non va dimenticata però che la qualità dell'aria non dipende in modo esclusivo dalle emissioni, ma anche dalle condizioni meteorologiche e topografiche del territorio considerato e dai processi chimico-fisici, che trasformano le sostanze durante il percorso dalla sorgente al luogo dove si misura la concentrazione.

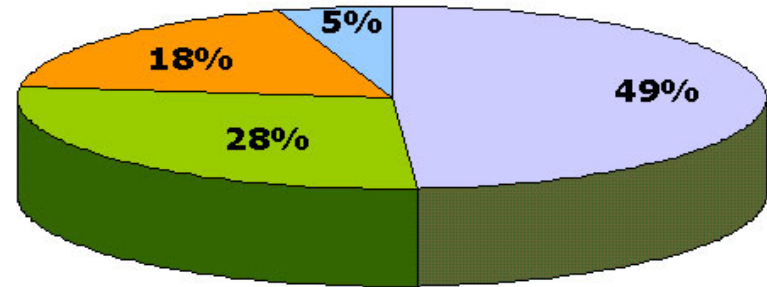
L'inquinamento su scala locale si manifesta secondo due tipologie principali :

- *Primario* dovuto a inquinanti che vengono direttamente emessi dalle sorgenti, un esempio è l'inquinamento di Londra dovuto a elevate concentrazioni di zolfo. Le caratteristiche di questo inquinamento sono le basse temperature, l'umidità elevata. Questo tipo di inquinamento ha il vantaggio di permettere un approccio diretto al problema.





- *Secondario* causato da inquinanti che invece si formano a seguito di reazioni chimiche che avvengono in atmosfera. Questo inquinamento apparve, per la prima volta, in seguito alla diffusione dell'uso di benzine come propellente dei motori a Los Angeles. Questo è anche chiamato smog fotochimico. Le caratteristiche di questo smog sono le temperature elevate, forte irraggiamento, bassi livelli di umidità. Oggi questo tipo di inquinamento è diffuso in tutte le metropoli.



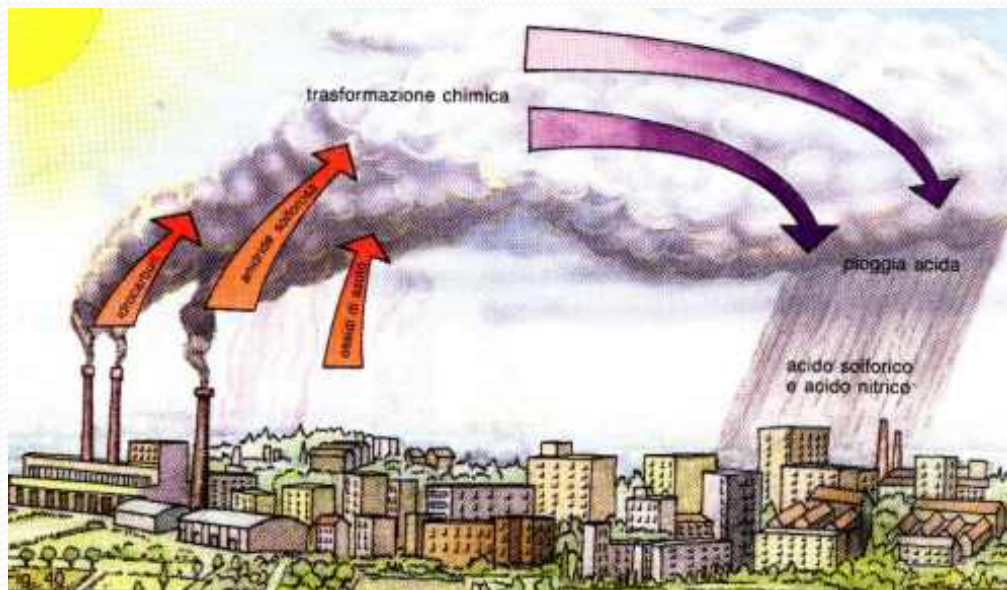
- gas prodotto dalle autovetture
- gas prodotto dall'utilizzo di combustibile fossile negli enti erogatori di gas, luce e acqua
- gas prodotto dall'utilizzo del combustibile fossile nei settori industriale, residenziale e commerciale
- gas prodotto da tutte le altre sorgenti



# L'inquinamento a lunga distanza

Non tutto l'inquinamento prodotto in una località, rimane confinato nei dintorni delle sorgenti, anzi, spesso valica i confini regionali e anche quelli nazionali.

Le deposizioni di azoto e zolfo sono uno dei meccanismi di auto depurazione che l'atmosfera possiede, ma diventano a loro volta fonte di degrado in altri ambienti. Determinano infatti, nelle acque e nel terreno, fenomeni di acidificazione (diminuzione di pH) e di eutrofizzazione (arricchimento eccessivo in nutrienti).



Le deposizioni di inquinanti possono essere:

- **Secche** quando implicano il trasferimento al suolo di gas e particelle fini o grossolane, attraverso meccanismi di diffusione, sedimentazione e impatto.
- **Umida** si origina quando gli inquinanti entrano a far parte delle goccioline di pioggia o dagli aghetti di ghiaccio. In seguito nella fase di caduta, altri inquinanti vengono inglobati nelle gocce per collisione contribuendo da un lato a dilavare ancor più l'atmosfera, ma accrescendo dall'altro il contenuto acido della pioggia.
- **Occulte** rappresentano un meccanismo di rimozione degli inquinanti attraverso forme di precipitazione particolari, quali le goccioline di nebbie o nubi che avendo dimensioni molto più piccole rispetto alle gocce di pioggia, raggiungono le superfici attraverso processi di deposizione simili a quelli della rimozione secca.



# L'impovertimento dello strato d'ozono stratosferico

L'inquinamento non lo troviamo solo a livello continentale, ma addirittura planetaria come ad esempio la riduzione della fascia d'ozono stratosferico, che vede ancora protagonisti gli Ossidi d'azoto e i Radicali, in questo caso accomunati a composti del cloro e del bromo, chimicamente molto stabili nelle condizioni esistenti in troposfera, ma che, portati in stratosfera, possono essere decomposti dalla radiazione solare e quindi partecipare alle reazioni di distribuzione dell'ozono.

L'assottigliamento della fascia di ozono stratosferico ha come conseguenza il passaggio negli strati più bassi dell'atmosfera, in particolare in maggior quantità gli UV-B. la riduzione dell'ozono è avvenuta nelle regioni dove ce ne era in maggior quantità ossia Artide e Antartide.

Le misure internazionali adottate al fine di proteggere la fascia di ozono determinato da una riduzione del 80-90% (rispetto ai valori massimi) nella produzione annua delle sostanze responsabili della sua distruzione.