

ATMOSFERA

La composizione chimica dell'atmosfera è un fattore determinante per il clima terrestre.

Le interazioni dei gas atmosferici con l'energia radiante modulano i flussi energetici attraverso i sistemi climatici.

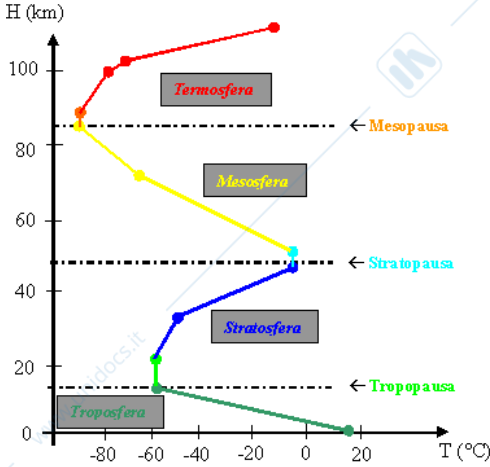


Figura 1 - Andamento della temperatura T in funzione dell'altezza geopotenziale H per l'atmosfera standard

L'atmosfera si suddivide in:

- TROPOSFERA (TROPOPAUSA)
- STRATOSFERA (STRATOPAUSA)
- MESOSFERA (MESOPAUSA)
- TERMOPAUSA

OMOSFERA
ETEROSFERA
PROTOSFERA

OSMOSFERA

E' compresa tra il suolo ed 80 km di quota, presenta uniforme ed invariabile composizione dell'aria secca. (troposfera, stratosfera e mesosfera)

Tutta l'H₂O atmosferica è contenuta in questa regione unitamente alle particelle di aerosol il cui ruolo è essenziale nei processi di condensazione e congelamento.

La variabilità della CO₂ nell'atmosfera è f(x) di:

- combustione di sostanze organiche
- attività vulcanica (metano, monossido di carbonio)
- processi biologici (fotosintesi, respirazione, fermentazione)
- scambi per diffusione tra atmosfera ed oceano (=le acque calde cedono CO₂, le acque fredde assorbono CO₂)

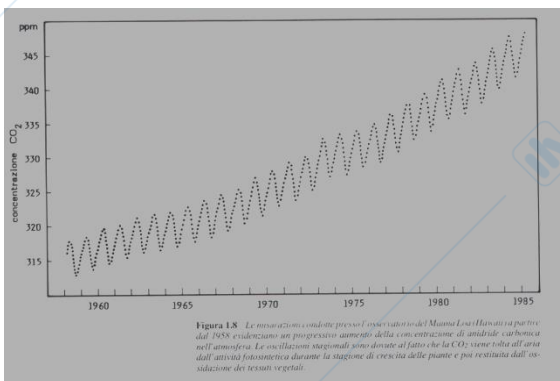


Figura 1.8 - Le misurazioni condotte presso l'osservatorio del Mauna Loa (Hawaii) a partire dal 1958 evidenziano un progressivo aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera. Le oscillazioni stagionali sono dovute al fatto che la CO₂ viene tolta all'aria dall'attività fotosintetica durante la stagione di crescita delle piante e poi restituita dall'ossidazione dei tessuti vegetali.

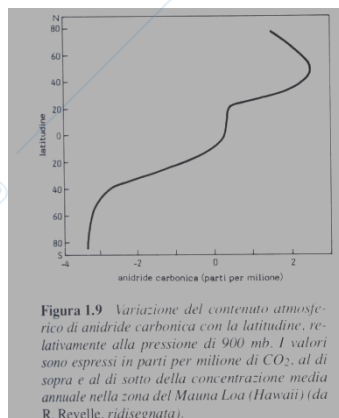


Figura 1.9 - Variazione del contenuto atmosferico di anidride carbonica con la latitudine, relativamente alla pressione di 900 mb. I valori sono espressi in parti per milione di CO₂, al di sopra e al di sotto della concentrazione media annuale nella zona del Mauna Loa (Hawaii) (da R. Revelle, ridisegnata).

Nell'omosfera ci sono anche i **GAS SERRA**

-Il metano (CH_4) ha concentrazione nell'atmosfera inferiore di oltre due ordini di grandezza a quella della CO_2 ma rispetto a questa assorbe la radiazione infrarossa in modo 20 volte superiore

-L'ozono (O_3) rappresenta un milionesimo dei gas atmosferici ma assorbe quasi interamente la radiazione ultravioletta del Sole, lo scarto di energia porta all'innalzamento termico.

Non sono solo elementi naturali, ma anche le attività umane compromettono l'ozono (CFC, sostanze perché comprimibili come nelle bombolette spray e si pensava che non dessero problemi ma in realtà in contatto con i raggi UV poteva distruggere fino a 100 mila molecole di ozono e ciò provoca distruzione cellulare.

In Antartide fecero esperimenti, poiché la stratosfera per lo schiacciamento dei poli è più vicina, per ottenere risultati sui danni dei CFC.

TERMOFERA temperatura delle poche particelle non è conseguente all'irraggiamento della superficie terrestre, le temperature sono equivalenti per le poche particelle che si muovono e sono elevate per le particelle del vento solare che eccitano e stimolano l'aumento dei movimenti.

L'ATMOSFERA SI ESTENDE PER 5/600 KM DI QUOTA, CON UN CRITERIO FISICO, DOVE LA MATERIA È COSÌ RAREFATTA DA POTER ESSERE ASSIMILATA QUESTO SUCCEDDE QUANDO IL LIBERO CAMMINO MEDIO È DI 100KM

L'acqua in ATM è presente in quantitativi piccolissimi, che sono fondamentali. Se si condensasse tutta l'acqua e la sparpagliassimo sulla superficie del globo sono 2,5 cm (pensiamo che lo spessore medio degli oceani sono 3500 m)

Il ciclo dell'acqua è possibile poiché la caratteristica cruciale dell'atm è: TEMPERATURA CRITICA (al di sopra diventa un gas perfetto e non è più possibile spontaneamente la vaporazione, per l'acqua è di 374 gradi centigradi) Nella termosfera avviene ciò, siamo sopra la temperatura critica ma NON c'è acqua perché è tutta concentrata nei primi 20 km.

Ad 80 km troviamo le nottilucenti, invece le madreperlacee a 25 km.

ETEROSFERA

Sopra 80 km, la composizione dell'aria variabile con la quota: infatti più accentuata diviene la diffusione molecolare più incisiva risulta l'azione della radiazione Uv che favorisce la dissociazione delle molecole poliatomiche [L'acqua dei ghiacciai è neve trasformata in ghiaccio ed esso si forma solo in un luogo dove precipita la neve (densità 100 kg al m³ e ghiaccio 900 kg al m³) trasformazione, metamorfismo, dura 10 anni sulle Alpi ed 1 secolo sull'Antartide].

Nell'eterosfera e nell'ommosfera superiore l'assorbimento di radiazione Uv corta e di radiazione X può portare all'allontanamento di elettroni dagli atomi e dalle molecole con la conseguente formazione di IONI POSITIVI (= FOTOIONIZZAZIONE). La regione interessata da questo fenomeno fu denominata IONOSFERA nel 1932 da Watt.

Le zone sono divise in D, E, F e l'entità della ionizzazione e di conseguenza la concentrazione degli elettroni liberi varia dal giorno alla notte (D e E maggiormente perché la densità della materia è più elevata)

PROTOSFERA

Risulta formata quasi esclusivamente da protoni ed elettroni liberi con tracce di nuclei di elio e di atomi più pesanti di presumibile origine solare

BILANCIO TERMICO DELL'ATM

N.b.: si deve al movimento di rivoluzione della Terra ed alla forma pressoché sferica del nostro pianeta se il Sole nel corso dell'anno irradia in misura diversa i vari punti della superficie terrestre

Rispetto ad un osservatore posto al polo N la Terra ruota in senso diretto o ANTIORARIO (da Ovest verso Est).

Il periodo di rotazione è di circa 24h

L'alternarsi del dì e della notte è dal punto di vista energetico la conseguenza più importante, i raggi del Sole illuminano infatti solo l'emisfero rivolto verso il Sole.

Il circolo massimo che separa l'emisfero illuminato da quello in ombra è detto CIRCOLO DI ILLUMINAZIONE

Anche il moto della Terra intorno al Sole, moto di rivoluzione, si svolge in senso diretto.

L'orbita descritta dalla Terra è un'ellisse poco eccentrica il cui piano coincide con quello apparente del Sole (piano dell'eclittica).

L'eccentricità è la misura di quanto l'orbita di un corpo celeste si discosta da un cerchio perfetto ed è per la Terra pari a 0,017.

(eccentricità = distanza Sole centro Ellisse/semiasse maggiore ellisse)

La distanza Terra-Sole varia da un minimo di $147 \cdot 10^6$ km in PERIELIO (3 gennaio) ed un massimo di $152 \cdot 10^6$ km in AFELIO (3 luglio).

La differenza energetica tra le due situazioni (afelio e perielio) è solo del 6%.

Le variazioni termiche stagionali sono invece da ricercarsi nell'inclinazione dell'asse terrestre ($66^\circ 33'$) sul piano dell'orbita.

All'inclinazione dell'asse (costante durante l'intera rivoluzione) si deve lo spostamento del circolo di illuminazione che assume nei vari momenti dell'anno posizioni diverse rispetto ai paralleli ed ai meridiani.

Il circolo d'illuminazione passa per i Poli tagliando a metà tutti i paralleli nei giorni di equinozio (21 marzo e 23 settembre): il Sole nel suo moto apparente attraversa il piano dell'equatore celeste culminando a mezzogiorno allo zenit dell'equatore terrestre (dì = notte su tutta la superficie terrestre).

Il sistema solare possiede al centro il Sole che è la fonte di energia primaria, la Terra orbita intorno al Sole di un giro completo di 365 gg.

Il Sole è una stella singola, ed è $\frac{1}{3}$

II BILANCIO ENERGETICO GLOBALE

Per capire le basi fisiche dell'effetto serra bisogna introdurre i concetti di Calore e Energia!

La temperatura è una variabile climatica chiave, essa è la misura dell'energia compresa nel movimento delle molecole.

Per comprendere come venga mantenuta la temperatura è necessario considerare il bilancio energetico che è formalmente definito nella *prima legge della termodinamica* (i.e.: prima legge della termodinamica, nota anche come principio della conservazione dell'energia, intendendo che "**l'energia non può essere né creata né distrutta ma solo trasformata in un altro tipo**".)

$$dQ = dU - dW$$

dove dQ è il calore aggiunto, dU è la variazione di energia interna al sistema e dW è il lavoro svolto.

Il calore può essere trasportato da un sistema ad un altro in tre modi:

1. **Radiazione**: non vi è alcuno scambio di massa e non è richiesto un mezzo. L'energia radiante si muove alla velocità della luce.
2. **Conduzione**: Non vi è scambio di massa o trasferimento ma è invece necessario un mezzo attraverso il quale avviene il trasferimento di calore
3. **Convezione**: vi è scambio di massa. Può avvenire un movimento netto ma più comunemente particelle con diversa energia cambiano posizione e così l'energia viene trasferita senza un movimento di massa netto.

L'energia che la superficie terrestre riceve dal sole (per RADIAZIONE) è pari al valore della costante solare moltiplicata per la porzione di Pianeta illuminata!

Si definisce costante solare la densità del flusso di energia (S_d) emessa dal Sole ad una particolare distanza (si calcola partendo da tutta l'energia emessa dal Sole che è L_0).

Costante solare

$$S_d = L_0 / 4\pi d^2$$

La costante solare è costante solo riferita ad una sfera con raggio fisso e Sole posto al centro. Per la terra se si considera la distanza media dal sole (quindi no afelio e perielio) che è pari a 1.5×10^{11} m allora il valore di S_0 è pari a 1367 W m^{-2} .

L'energia emessa dalla superficie terrestre è pari al valore ottenuto considerando il Pianeta come un corpo nero e applicando la legge di Stefan-Boltzmann

L'irraggiamento trasferisce calore anche in assenza di materia (come nel caso Sole-Terra o Sole - altri pianeti!). Qualsiasi corpo, purché a temperatura diversa dallo zero assoluto, emette radiazioni elettromagnetiche. L'intensità di radiazione all'interno di una cavità è detta radiazione del corpo nero (che è il "radiatore perfetto" con una superficie con emissività unitaria). L'energia così emessa, secondo la Legge di Stefan-Boltzmann, è proporzionale alla quarta potenza della Temperatura assoluta del corpo ovvero: $E = sT^4$
Dove s è una costante ed è pari a $5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

Per calcolare l'energia assorbita da un Pianeta bisogna conoscere l'energia incidente (costante solare), la superficie planetaria illuminata e quanta radiazione viene riflessa!

Va infatti considerato che non tutta l'energia solare incidente su un pianeta viene assorbita, una frazione viene infatti riflessa indietro nello spazio senza venire assorbita e senza entrare nel bilancio energetico planetario.

Questa riflessione planetaria è nota con il termine di **albedo** e si indica come a_p . Si ha quindi:

$$\text{radiazione solare assorbita} = S_0 (1 - a_p) \pi r_p^2$$

con S_0 che è la costante solare ed il termine $(1 - a_p)$ che è detto anche co-albedo o frazione di energia assorbita (con 100% di riflessione si ha albedo 1 e co-albedo 0).

calcolare il flusso energetico in uscita, emesso dal Pianeta su TUTTA LA SUA SUPERFICIE (sia illuminata che buia) e funzione della sua temperatura.

Si assume quindi che l'emissione del nostro pianeta sia quella di un corno nero. L'area che emette è quella di una sfera, quindi si può scrivere **il flusso terrestre in uscita** come:

$$\text{radiazione terrestre emessa} = s T_e^4 4 \pi r_p^2 \quad (4)$$

se si eguagliano (3) e (4) allora si ottiene il bilancio energetico di un pianeta che permette poi di determinare la temperatura di emissione dello stesso.

$$(S_0 (1 - a_p))/4 = s T_e^4$$

ovvero

$$T_e^4 = ((S_0 / 4) (1 - a_p)) / s$$

Calcolo della temperatura di emissione della Terra

La Terra ha un albedo di circa il 30%. La temperatura di emissione della Terra applicando la (6) risulta quindi

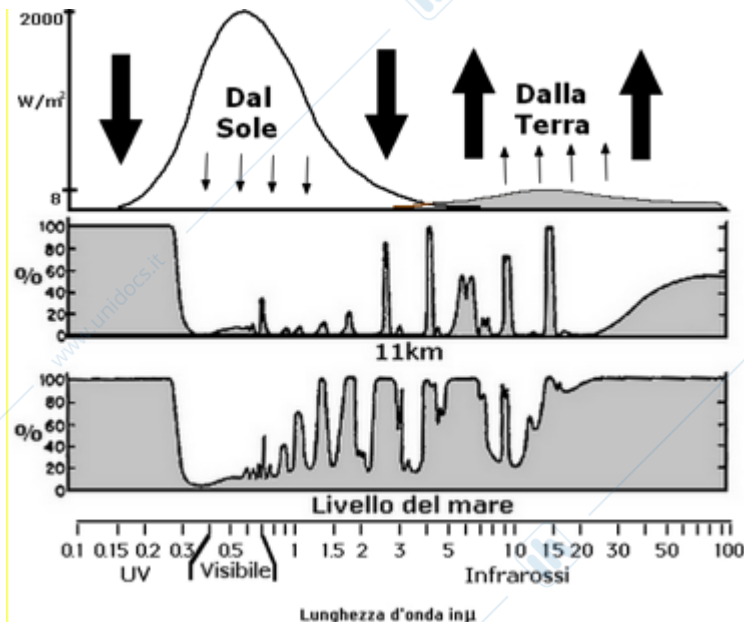
$$T_e = \sqrt[4]{((S_0/4) (1 - a_p)) / s}$$

ovvero:

$$T_e = \sqrt[4]{((342 \text{ Wm}^{-2} (1 - 0.3)) / (5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}))} =$$

$$254.9 \text{ K pari a } -18^\circ\text{C o } 0^\circ\text{F}$$

Si noti che la temperatura di emissione è pari a 255 K mentre la temperatura media superficiale è 288 K (ovvero + 15° C!!!!), la notevole differenza è da attribuirsi **all'effetto serra**, che è stato introdotto proprio per SPIEGARE QUESTA DIFFERENZA TRA T_e derivante dalla prima legge della termodinamica e T_{media} effettivamente misurata!



Poiché gli spettri di emissione del Sole e della Terra sono completamente distinti è sostenibile un modello concettuale che veda un'atmosfera selettiva, trasparente alla radiazione solare e parzialmente opaca a quella terrestre >>>> quindi è fisicamente sostenibile l'idea dell'Effetto Serra!