

ATMOSFERA TERRESTRE

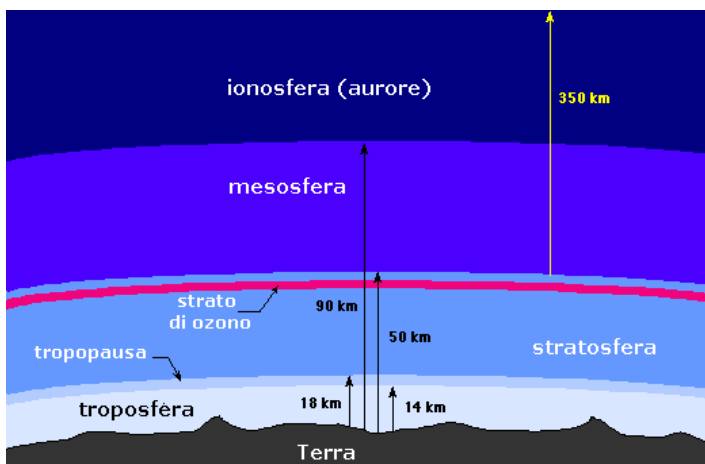
1. Introduzione

La Terra è circondata o, meglio, protetta, da un guscio gassoso composto per il 78% da azoto, per il 21 % da ossigeno e per il restante 1% da altri gas come argon e anidride carbonica.

Un involucro che ha permesso lo sviluppo delle diverse forme di vita presenti sul nostro pianeta grazie alla funzione di filtro che esso compie nei confronti di ogni radiazione proveniente dallo spazio e che esercita su di noi una forza, la **pressione atmosferica**, derivante dal suo stesso peso.

L'atmosfera è suddivisa in strati concentrici (vedi figura), disomogenei per temperatura e densità (decescente verso l'alto), che a partire dalla superficie terrestre sono:

- la **Troposfera** - compresa fra la superficie ed i 15 Km di altezza, è lo strato dove avvengono tutti quei fenomeni di carattere meteorologico, causati dalla circolazione delle masse d'aria e che danno vita ai venti, alle nuvole ed alle precipitazioni atmosferiche;
- la **Stratosfera** - giunge sino ai 25 Km di altezza, dove è presente uno strato di ozono, un gas che ci protegge dalle radiazioni ultraviolette;
- la **Mesosfera** - è la regione dell'atmosfera terrestre che si trova all'incirca tra i 50 e i 90 chilometri di altitudine;
- la **Ionosfera** - arriva fino ai 1000 km di altezza, ed è una zona ricca di particelle ionizzate che si lascia attraversare solo dalla luce visibile e dalle onde radio.



Strati costituenti l'atmosfera terrestre

L'atmosfera esercita nei confronti della radiazione elettromagnetica proveniente dallo spazio un'azione di disturbo, limitando così le bande osservabili (**finestre**) solo a quella della luce e delle onde radio, sbarrando quindi il passo ai raggi gamma, ultravioletti ed infrarossi.

Tuttavia, anche i raggi luminosi che la attraversano sono sottoposti a fenomeni di assorbimento e dispersione da parte dei vari strati atmosferici, che per loro natura sono disomogenei a causa delle differenze di temperatura, densità ed altezza.

È questa la ragione per cui le stelle appaiono in una posizione diversa da quella reale: infatti quando un raggio luminoso attraversa obliquamente qualsiasi mezzo di densità diversa viene sottoposto ad una deviazione.

Il fenomeno è comunque massimo all'orizzonte, dove può succedere che gli astri siano ancora visibili nonostante già tramontati; tale fenomeno, di particolare rilevanza per l'osservazione astronomica, viene chiamato **rifrazione atmosferica**.

L'**assorbimento atmosferico** che causa invece un indebolimento della luce, dipende sia dalla trasparenza atmosferica che dall'altitudine. Il fenomeno, che è minimo allo zenit o ad alte quote e con cielo privo di foschie, incide in maniera differente sulle varie lunghezze d'onda della luce.

Tutto si amplifica al tramonto, quando la luce, provenendo da una angolazione diversa, compie un tragitto molto maggiore rispetto a quando il Sole è alto nel cielo.

I raggi solari risulteranno infatti ulteriormente indeboliti ancora di più nelle parti a lunghezza d'onda più corta: è questa la ragione per cui si ha un colore rosso.

La turbolenza dell'aria causa invece un leggero tremolio delle stelle (la **scintillazione**), che spesso ne provoca anche il cambiamento di colore, posizione e dimensioni, a differenza di quanto avviene invece per i pianeti che essendo rispetto alle stelle molto più vicini presentano un disco luminoso che sopperisce a tali disturbi.

1.1 La troposfera

La troposfera costituisce il primo strato dell'atmosfera, quello più vicino alla superficie terrestre.

Comprende circa il 75% della massa dell'atmosfera e si estende fino a circa 15 chilometri di altezza; all'equatore raggiunge i 16 chilometri, ai poli non supera i 10.

La caratteristica fondamentale della troposfera è la continua diminuzione della temperatura mano a mano che ci si allontana dalla superficie; la temperatura cala di circa 6,5°C al chilometro e cessa di diminuire quando entriamo nello strato successivo, (la stratosfera).

La fascia che separa questi due strati prende il nome di tropopausa. È nella troposfera che hanno sede quasi tutti i fenomeni meteorologici: qui si formano la maggior parte delle nubi, della pioggia e della neve.

Nella troposfera l'aria calda si sposta dall'equatore verso i poli, mentre l'aria fredda segue il percorso inverso: questo movimento è responsabile del sistema dei venti.

1.2 La Stratosfera

È la regione dell'atmosfera al di sopra della troposfera e si estende fino a circa 50 km; nella parte più bassa di questa regione la temperatura è più o meno costante o aumenta lievemente con l'altitudine, specialmente sopra le regioni tropicali. All'interno dello strato di ozono la temperatura sale più rapidamente e al confine superiore della stratosfera, circa 50 km sul livello del mare, è all'incirca uguale a quella che si ha sulla superficie della terra. Al contrario di quanto il suo nome suggerisca, questa regione non è quieta e stratificata ma al suo interno sono osservabili forti venti e turbolenze.

1.3 La mesosfera

È la regione dell'atmosfera terrestre che si trova all'incirca tra i 50 e i 90 chilometri di altitudine. Qui si registra il curioso fenomeno delle nubi nottilucenti, nuvole visibili solo di notte.

Come accade nella troposfera, anche in questa zona la temperatura diminuisce con l'aumentare dell'altitudine e, negli strati più alti, si trova la zona più fredda dell'atmosfera.

Infatti, in corrispondenza del limite superiore della mesosfera, detto mesopausa, si registrano temperature che possono scendere sino a -140°C .

L'alta mesosfera fa parte di quella regione elettromagnetica che ha il nome di ionosfera; questo strato non si lascia attraversare dalle onde radio ma le riflette sulla Terra, dove vengono ricevute.

1.4 La ionosfera

La ionosfera è quella parte dell'alta atmosfera dove è presente una quantità sufficiente di ioni ed elettroni tale da modificare la propagazione delle onde radio ad alta frequenza che la attraversano.

Ad altezze superiori ai 60 Km, la forte ionizzazione dell'atmosfera provocata dall'azione dei raggi ultravioletti provenienti dal sole, modifica profondamente la propagazione. Infatti, tali raggi, colpendo gli atomi degli strati

più alti dell'atmosfera, liberano elettroni generando così ioni positivi ed elettroni liberi che si muovono caoticamente nello spazio.

Pur esistendo una certa probabilità che, a causa del loro movimento caotico, gli elettroni e gli ioni liberi possano incontrarsi e ricombinarsi, mediamente nello spazio è presente un certo numero di cariche negative (elettroni) e positive (ioni positivi) libere per unità di volume (***densità di ionizzazione***).

La probabilità di ricombinazione è maggiore dove l'atmosfera è più densa, cioè nelle parti più basse (sotto i 60 Km), per cui in tali zone la densità di ionizzazione è tale da poter essere trascurata; ad altezze maggiori, invece, la probabilità di ricombinazione diminuisce e la densità di ionizzazione assume un valore non più trascurabile, tanto che in tali zone, anche dopo molte ore dal momento in cui cessa l'attività solare (cioè durante la notte), assume valori piuttosto elevati.

Ad altezze molto elevate, essendo l'atmosfera notevolmente rarefatta, il numero di atomi presenti è molto piccolo per cui la densità di ionizzazione ritorna ad essere di valore piuttosto basso. A causa della variazione con l'altezza della composizione chimica dell'aria, la densità di ionizzazione non è omogenea, ma presenta un andamento stratificato, variabile durante le ore del giorno e con le stagioni, a causa delle variazioni energetiche delle radiazioni solari.

La ionosfera, infatti, evidenzia variazioni giornaliere e stagionali ed è dominata dall'influenza dell'attività solare; le sue caratteristiche dipendono, oltre che dalla latitudine geografica, anche dal campo geomagnetico.

Accanto alle variazioni suddette, meglio conosciute come variazioni regolari, vi sono le cosiddette variazioni irregolari, o disturbi ionosferici.

Le cause a monte di questi disturbi sono molteplici, ma in tutte fanno capo all'interazione tra la ionosfera e le particelle di origine extraterrestre, prevalentemente solare, che penetrano nell'atmosfera.

L'indagine e lo studio della ionosfera sono nati dal grande interesse suscitato dalle applicazioni scientifiche e tecnologiche basate sulla riflessione delle onde radio.

Il progresso scientifico ha permesso che tale studio potesse essere approfondito tramite misure effettuate da satelliti e da missili.

I massimi di densità elettronica costituiscono il criterio di separazione tra le diverse zone in cui viene convenzionalmente suddivisa la ionosfera: tali zone individuano le regioni D, E, F.

La ionosfera si estende, approssimativamente, tra i 50 ed i 6370 km (pari ad una distanza circa uguale a quella di un raggio terrestre) dalla superficie della Terra.

Strato D

Lo strato D si estende, approssimativamente, da 50 a 90 km, con una concentrazione elettronica che cresce rapidamente con l'altezza.

La concentrazione elettronica nello strato D presenta una variazione diurna importante: raggiunge il suo massimo poco dopo mezzogiorno solare locale, mentre conserva valori estremamente bassi nelle ore notturne. In inverno, nonostante che la distanza zenitale dal Sole sia molto grande, si osservano spesso concentrazioni elettroniche molto elevate, sempre tra 70 e 90 km, dovute probabilmente alla natura ed alla concentrazione dei gas che compongono l'atmosfera.

L'influenza dell'attività solare sulla concentrazione elettronica nello strato D si differenzia alle diverse altezze: tra 70 e 90 km i raggi X di origine solare sono la principale fonte di ionizzazione e questa è massima quando il ciclo solare è al suo massimo; al di sotto dei 70 km le radiazioni più attive sono quelle cosmiche e la concentrazione massima si presenta quando l'attività solare è al suo minimo, per cui la dispersione interplanetaria dei raggi cosmici di origine galattica tende a ridursi. Durante una perturbazione geomagnetica la densità elettronica tra 75 e 90 km tende a rinforzarsi alle latitudini

subaurorali ed inferiori, per l'apporto di elettroni ad alto contenuto energetico.

Lo strato D può raggiungere una densità massima di 10 miliardi di elettroni per metro cubo a quote tra 50 e 90 km, con alta densità di particelle neutre.

Questo strato non ha, a causa della relativamente bassa densità elettronica, grande rilevanza per la riflettività nei riguardi delle onde usate nei radiocollegamenti via ionosfera, mentre invece assume notevole importanza nei riguardi dell'assorbimento, tanto che lo strato D può essere considerato lo strato assorbente per eccellenza.

Strato E

Tra 90 e 130 km si colloca lo strato E, che comprende lo strato **E-normale** e lo strato **E-sporadico**.

L'E-normale è uno strato molto regolare e si trova ad un'altezza nella quale la temperatura ha una escursione da -80 a +80 gradi °C.

La concentrazione elettronica dipende strettamente dalla distanza zenitale dal Sole: vi è un massimo giornaliero verso mezzogiorno ed un massimo stagionale in estate.

Il massimo della concentrazione elettronica si colloca intorno ai 110 km ed è circa di 100 miliardi di elettroni per metro cubo e con tale concentrazione la frequenza di riflessione del plasma elettronico è di circa 3 MHz; durante la notte, invece, la ionizzazione dello strato E si riduce drasticamente.

Una parte dello strato E, a circa 120 km, viene chiamata E-Sporadico, proprio per il fatto che la sua presenza è sporadica. Sembra che la sua ionizzazione sia dovuta a meteoriti e fenomeni cosmici non legati all'attività solare; la sua presenza è più frequente d'estate che d'inverno.

Strato F

Lo strato F inizia ad un'altezza di circa 130 km.

Durante la notte lo strato F si comporta in modo diverso che di giorno, quando si divide in due differenti strati, F1 ed F2,

anche se la concentrazione elettronica non presenta stratificazioni molto nette.

Lo strato F1 è la zona compresa tra 130 e 210 km di altezza e la concentrazione elettronica è dell'ordine di 200 miliardi di elettroni per metro cubo, mentre lo strato F2, il più alto degli strati ionosferici, è quello in cui la concentrazione degli elettroni è generalmente la più densa: i suoi valori sono compresi tra 1000 miliardi di elettroni per metro cubo di giorno e 50 miliardi di elettroni per metro cubo di notte.

Il massimo della concentrazione elettronica dello strato F2 si produce spesso un'ora dopo il mezzogiorno solare, in genere tra le 13 e le 15 ora locale; si sono notate sperimentalmente altre due variazioni durante il giorno, i cui massimi si collocano intorno alle ore 10-11 locali e tra le ore 22-23, sempre locali.

Nelle latitudini elevate si osservano alcune "anomalie" nelle caratteristiche dello strato F2, probabilmente associate alla caduta di particelle di alto valore energetico. Vi è infatti una depressione pronunciata nella concentrazione elettronica dello strato F2, dovuta alle linee di forza della magnetosfera e che si estende su 2-10 gradi in direzione dell'Equatore, subito dopo l'ovale aurorale e da mezzogiorno a tutta la notte.

Alcune osservazioni sulle concentrazioni elettroniche sono state effettuate con radar a diffusione incoerente, con missili e sonde installate a bordo di satelliti.

Queste osservazioni mostrano come la concentrazione elettronica decresce in modo approssimativamente esponenziale con l'altezza.

Intorno a 100 km si ha una variazione del gradiente della concentrazione elettronica causata dalla presenza di un passaggio da ioni di ossigeno a ioni di idrogeno (l'altezza alla quale avviene questa transizione aumenta con la latitudine).

A circa 1000 km la concentrazione elettronica è normalmente dell'ordine di 10 miliardi di elettroni per metro cubo.

Da quanto sopra detto si comprende come la densità elettronica e la struttura della ionosfera siano strettamente legate all'attività solare (alternarsi del giorno e della notte

(variazione diurna) alternarsi delle stagioni (variazione stagionale) alternarsi di periodi di alta attività solare con periodi di calma (variazione del ciclo solare).

