

Come si studiano le atmosfere dei corpi del Sistema Solare? spettroscopia

ATMOSFERA DI MERCURIO

→ molto tenui, varia di continuo (=transiente) [SURFACE - BOND ATMOSPHERE] contiene H, He, O₂, Na, Ca, K e H₂O

Queste specie si originano per azione del vento solare o per impatti di meteoriti che le fanno fuoriuscire dalla crosta terrestre

La luce del Sole spinge via i gas atmosferici generando uno scudo simile ad uno cometto dietro il pianeta

ATMOSFERA DI VENERE

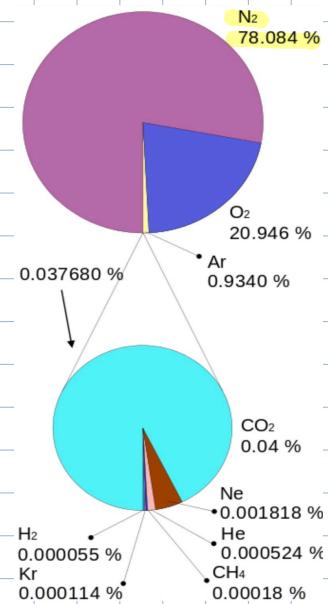
→ Composto al 96.5% di CO₂, contiene nubi opache di acido solforico H₂SO₄. Altra sostanza importante è N₂ (3.5%) e tracce di Ar, H₂O, CO, He, Ne

L'atmosfera si trova in uno stato di rotazione molto rapida: l'atmosfera giro attorno al pianeta in soli 4 giorni mentre il giorno siderale venusiano dura 243 giorni. Sopravvivono venti a 100 m/s

Contiene numerosi composti in piccole quantità come acido cloridrico HCl e acido fluoridrico HF, CO, H₂O e O₂

La maggior parte dell'idrogeno è stato perso nello spazio e il rimanente ha formato acido solforico H₂SO₄ e acido solfidrico H₂S, ciò è dovuto ad un alto rapporto D/H (deutero su idrogeno) molto alto ≈ 100 - 150 volte quello terrestre [$1.6 \cdot 10^{-4}$]

ATMOSFERA DELLA TERRA → le principali componenti sono N₂ (78%) e O₂ (21%)



• EARLIEST ATMOSPHERE = gas della nebulosa solare, principalmente idrogeno + gas semplici che ora si trovano nei giganti gassosi come H₂O, CH₄ e NH₃. Quando la nebulosa solare si dissipò questi gas fugirono probabilmente a causa del vento solare

• SECONDO ATMOSPHERE = evaporation dovuta al vulcanismo + gas prodotti durante il late heavy bombardment
⇒ atmosfera composta di N₂, CO₂ e gas inerti
la maggior parte di CO₂ si dissolse in acqua dando vita a sedimenti carbonatici

• THIRD ATMOSPHERE = costante riarrangiamento dei continenti a causa di movimenti tettonici trasportando continuamente CO₂

O₂ non esisteva in atmosfera prima di 2.4 miliardi di anni fa

→ GRANDE EVENTO DI OSSIGENAZIONE

→ prima di ciò l'O₂ prodotto dalla fotosintesi veniva consumato dall'ossidazione di composti ridotti (es: Fe) fino al momento in cui il tasso di O₂ superò la disponibilità di materiali ridotti
⇒ DA ATMOSFERA RIDUCENTE A ATMOSFERA OSSIDANTE

ATMOSFERA DELLA LUNA

- Sfere molto tenue di gas. Le fonti sono **OUTGASSING** (rilascio di gas come radon ed He dovuti al decadimento radioattivo nella crosta e nel mantello) e **BOMBARDAMENTO** (spallamento).
Gas come sodio e potassio + tracce di Ar, He, CO ...

ATMOSFERA DI MARTE

- Costituita principalmente da **CO₂ (96%)**, **Ar (1.9%)** e **N₂ (1.9%)** con tracce di O₂, CO, H₂O e CH₄. Atmosfera povera di **polveri sospese di 1.5 μm di diametro**. Probabilmente è cambiata nel corso del tempo con evidenze che suggeriscono la presenza di oceani alcuni miliardi di anni fa. Attualmente le temperature medie (< 210 K) non permettono la presenza di H₂O liquido. Tuttavia potrebbe essere esistita miliardi di anni fa
 - Luglio 2018: radar Marsis scopre un lago di acqua liquida salata sotto il Polo Sud di Marte (~ 1.5 km di profondità)

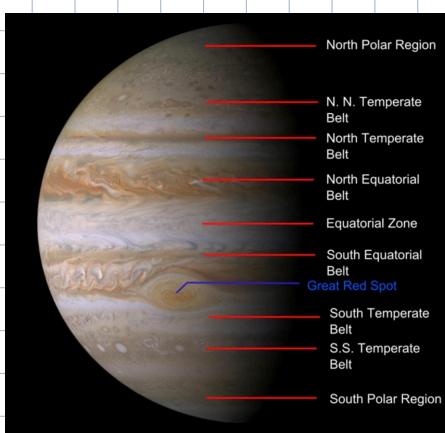
CAUSE DELL'ELIMINAZIONE DI UNA PRECEDENTE ATMOSFERA PIÙ SPESA

- graduale **erosione** dell'atmosfera a causa del **vento solare** (campo magnetico perso) soprattutto durante le tempeste solari [vedi sonda MAVEN]
- **collisioni catastrofiche**
- **basso gravità** a causa delle sue piccole dimensioni

ATMOSFERA DI CERERE

- Ci sono indicazioni che Cerere ha una sottile atmosfera di H₂O provvista dal ghiaccio presente sulla sua superficie (instabile a quelle distanze quindi più sublimore se esposto direttamente allo sole)
- meccanismo di **crowdionismo**

ATMOSFERA DI GIOVE



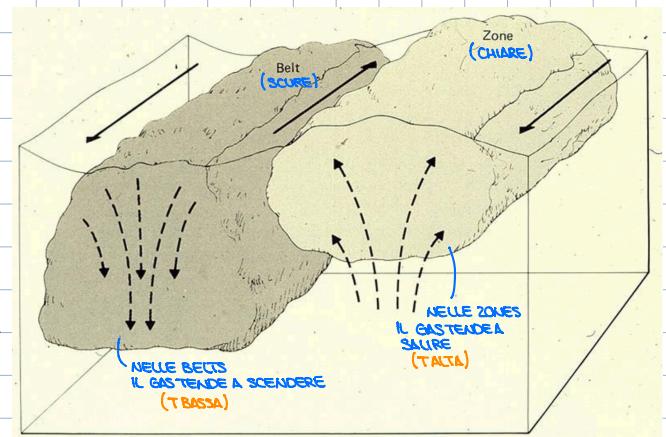
→ La più grande atmosfera nel Sistema Solare simile per composizione al pianeta stesso.
I due principali costituenti sono **idrogeno molecolare H₂ (90%)** e **He**. Contiene inoltre H₂O, CH₄, H₂S, NH₃ e gas raro Pt₃. Nella parte più alta dell'atmosfera ci sono **idrocarburi** come etano, acetilene e dicetilene che si formano dal metano investito dalla radiazione solare. CO₂, CO e H₂O probabilmente derivano dall'impatto di un **cometa**.

RAPPORTO ROTORICO → importanti per lo studio delle atmosfere

- deutero = $2.25 \pm 0.35 \cdot 10^{-5}$
- isotopi dell'azoto (¹⁵N / ¹⁴N) = $2.3 \cdot 10^{-3}$ [minore rispetto alla Terra]
 - ⇒ Giove ha **valori solari** diversi valori primordiali.

L'atmosfera di Giove è suddivisa da **ZONE CHIARE** (colored zones) e **BELT** (dark belts) la cui differenza di colore è dovuta ad una differenza di opacità delle nubi e ad una differenza di temperatura.

La concentrazione di NH_3 è maggiore nelle zone \Rightarrow nubi dense di NH_3 ghiacciato che produce un colore più chiaro. Potrebbero contenere anche **azoto**, **fosforo** e **carbonio**.



Bande e zone sono tenute insieme da venti chiamati **correnti a getto**.

L'atmosfera gianina ha inoltre molti **VORTICI** (strutture circolari rotanti) che si possono dividere in:

- **cycloni**: ruotano nella stessa direzione della rotazione del pianeta (antioraria nell'emisfero nord e oraria a sud)
- **anticycloni**: ruotano nel verso opposto rispetto ai cycloni
 \rightarrow 90% dei vortici più grandi di 2000 km sono anticycloni e durano in media 1-3 anni

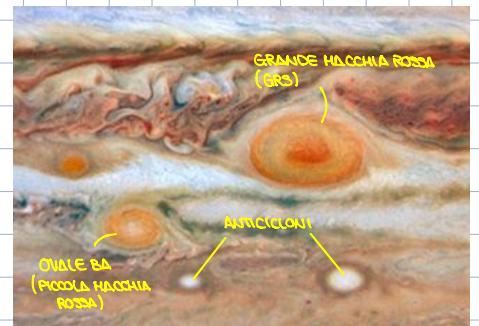
Non vi sono vortici nella regione equatoriale (sono instabili).

I vortici si presentano come grandi macchie avvolte rosse, biancastre o brune.

Probabilmente sono strutture che raggiungono profondità non superiori alle centinaia di km.

GREAT RED SPOT (GRS)

Tempesta anticyclonica permanente, 22° a Sud dell'equatore, di circa 24-40.000 km NW e 12-14.000 km NS [contiene 3 pianeti terrestri].



TEMPESTE E FULMINI

\rightarrow ammassi luminosi di nuvole delle dimensioni di circa 1000 km che opponevano specialmente nelle parti correnti a getto retrogradi (verso Ovest).
Fenomeni di breve durata dovuti a moti convettivi dell'aria umida della troposfera gianina.

ATMOSFERE DEI SATELLITI GALILEIANI

IO \rightarrow mappa sottile composta principalmente da anidride solforosa SO_2 , SO , NaCl , ZnO e ossigeno atomico (attivato ultravioletto). Atmosfera disturbata dalla magnetosfera di Giove che strappa gli atomi \Rightarrow formano il Torus di Io (= anello di particelle ionizzate che si trova sull'orbita di Io ma ruota assieme alla magnetosfera di Giove).

CALISTO \rightarrow Tenue atmosfera di CO_2 costante rifornita da sublimazione.

EUROPA \rightarrow Tenue atmosfera di ossigeno molecolare prodotto dalla scissione di H_2O causato dalla radiazione solare.

Ganimede → molto simile a quello di Europa

ATMOSFERA DI SATURNO

→ 96.3% di idrogeno molecolare e 3.25% He + tracce di NH₃, acetilene, etano, propano, fosforo e metano. Nubi più alte composte da cristalli di ammonio, quelle più basse di idrosolfo di ammonico (NH₄SH) e H₂O. La radiazione UV causa la fotolisi del metano nell'alto atmosfera portando a reazioni degli idrocarburi presenti delle bande più deboli rispetto a quelle di Giosue + venti a venti di 500 m/s (1800 km/h)

ATMOSFERA DI TITANIO → spesso atmosfera di ozono, metano e idrogeno con tracce di idrocarburi (causa colore arancione) Temperatura superficiale di 94 K (no H₂O) Presente fosse di metano e altri composti organici (tolina)

ATMOSFERA DI URANO

→ la composizione dell'atmosfera di Urano è diversa da quella del pianeta vero e proprio ed è formato principalmente di idrogeno molecolare ed He + CH₄ con tracce di idrocarburi complessi (prodotti dalla radiazione UV) + tracce di H₂O, CO e CO₂ nella stratosfera probabilmente derivanti da comete
Padre nubi è una Macchia Scura (Uranus Dark Spot), ci sono forti venti zonali

ATMOSFERA DI NEPTUNO

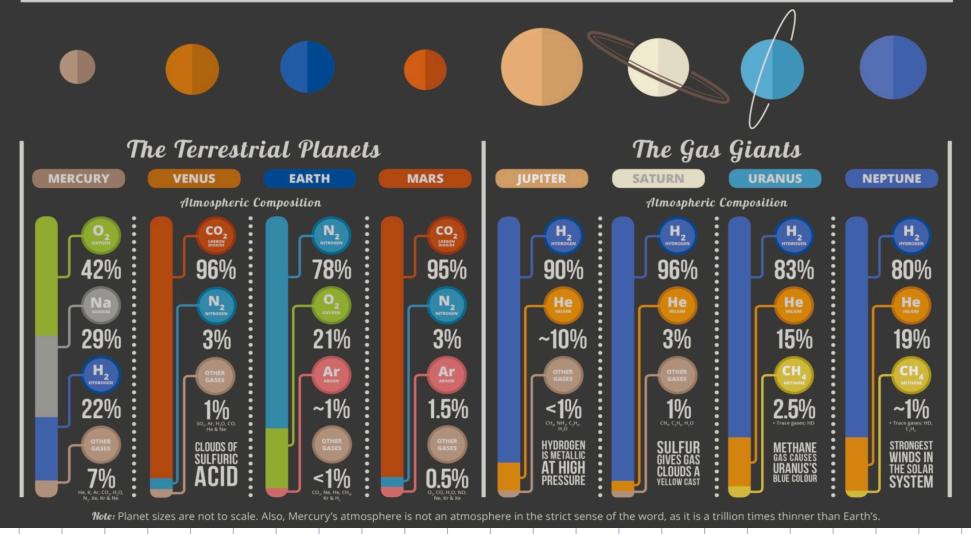
→ 80% H e 19% He + 1% CH₄ che gli conferisce il colore bluastro In prossimità dell'equatore è solcato da fosse e bande parallele Vi è invece una formazione vorticoso nota come Grande Macchia Scura (≈ 10000 km di lunghezza) e nubi bianche di cristalli di CH₄ ghiacciato Molecole di CH₄ in alto atmosfera formano idrocarburi complessi per effetto dell'irraggiamento solare

ATMOSFERA DI PLUTONE

→ maggiore componente è ozono + 0.25% CH₄ + tracce di CO che reagiscono per formare composti complessi come etano C₂H₆, etilene C₂H₄ e acetilene C₂H₂, idrocarburi pesanti e acido nitrico e cloridrico (HCl). Questi composti precipitano sulla superficie, probabilmente vi è anche tolina (responsabile del colore marrone)

→ New Horizons ha scoperto che l'atmosfera di Plutone è stratificata (altezze stratificate) e probabilmente è composta di particelle non-volatili che sono sintetizzate a partire dal gas atmosfera sotto l'azione della radiazione cosmica molto energetica.

ATMOSPHERES OF THE SOLAR SYSTEM



→ i pianeti giganti hanno atmosfere molto simili tra loro mentre quelle terrestri sono molto varie