

Atmosfera Planetária

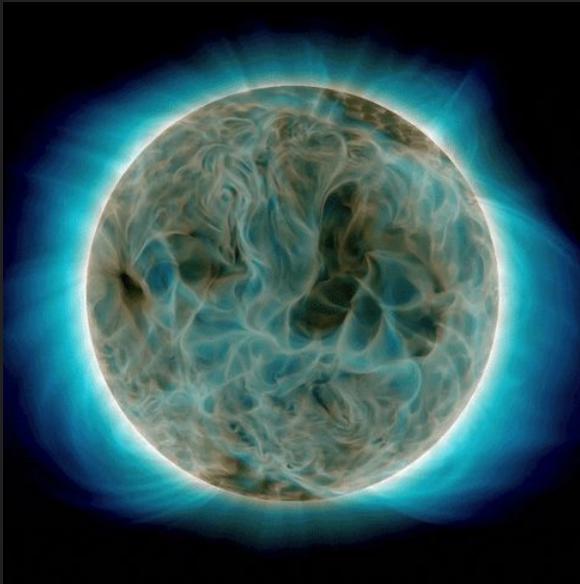


Antonio Luiz Carmo Santos 3660702
Carlos Henrique do N. Otobone 9009732
Thiago Ferreira da Nobrega 9849048

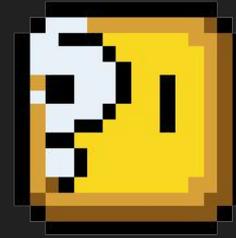
Física Atmosférica

Quais as condições para existir atmosfera?

A condição primordial para a existência de uma atmosfera significativa é a presença de um **campo magnético** expressivo.



Mas como esses campos são criados?



Lembrando da Força Lorentz podemos pegar o caso em que não temos a presença do campo elétrico. Assim definimos a magnitude do campo magnético.

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$
$$\vec{E} = 0 \Rightarrow \vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Cargas elétricas em movimento criam campo magnético.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i$$

Nesse caso o campo magnético é simplificado pela expressão.

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

Mas como esses campos são criados?



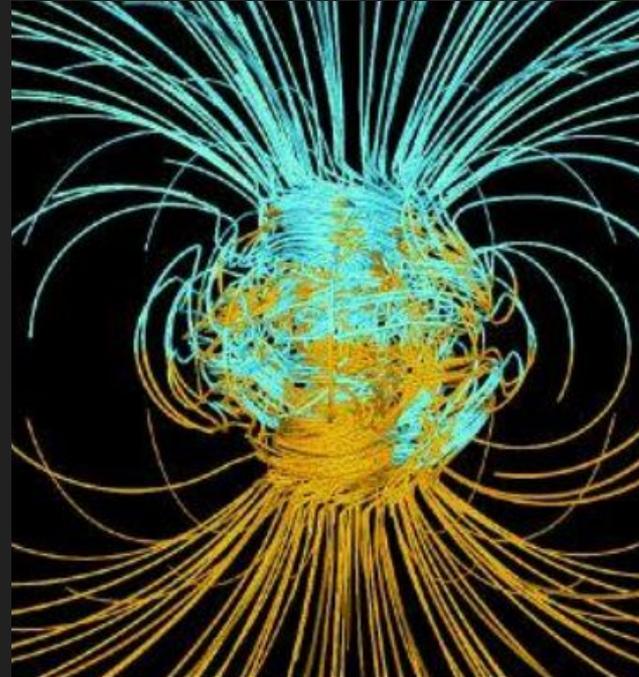
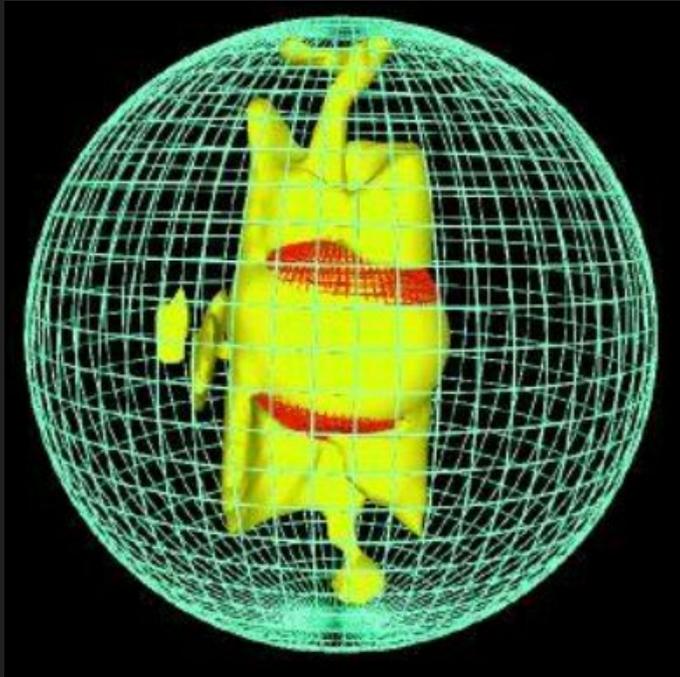
A corrente elétrica é produzida quando um condutor é movido dentro um campo magnético.

Quem é esse condutor e o que movimenta ele?

O movimento do fluido condutor é explicado pela mecânica clássica para um referencial não inercial. A força de Coriolis.

$$\vec{F} = 2m(\vec{v} \times \vec{\omega})$$

Para os **planetas rochosos** o fluido condutor é o ferro na forma líquida.



Nos planetas gasosos é um pouco diferente...

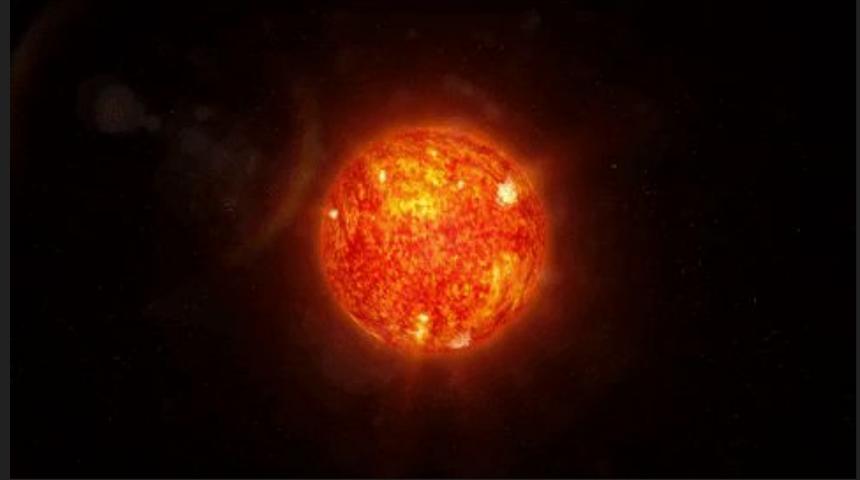
O gás na parte interna se liquefaz sob forte pressão. Na forma líquida esse elemento se comporta como um condutor.

Quais ameaças o campo protege? Como ele protege?



Ventos solares!

Fluxo de partículas carregadas: íons, elétrons livres, etc...



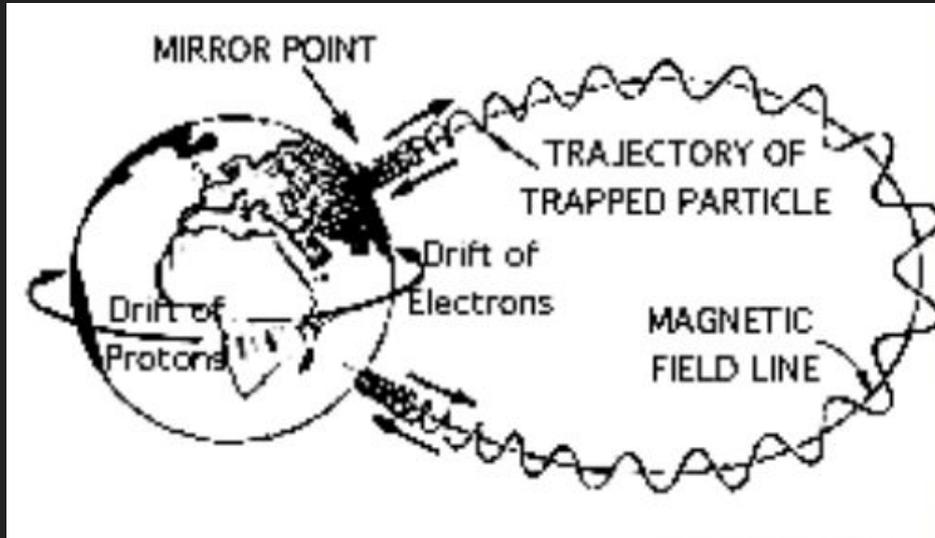
Lembrando da definição de trabalho.

$$W = \int_c \vec{F} \cdot d\vec{r} = 0$$

Conseguimos explicar o movimento espiralado das partículas nas linhas de campo.

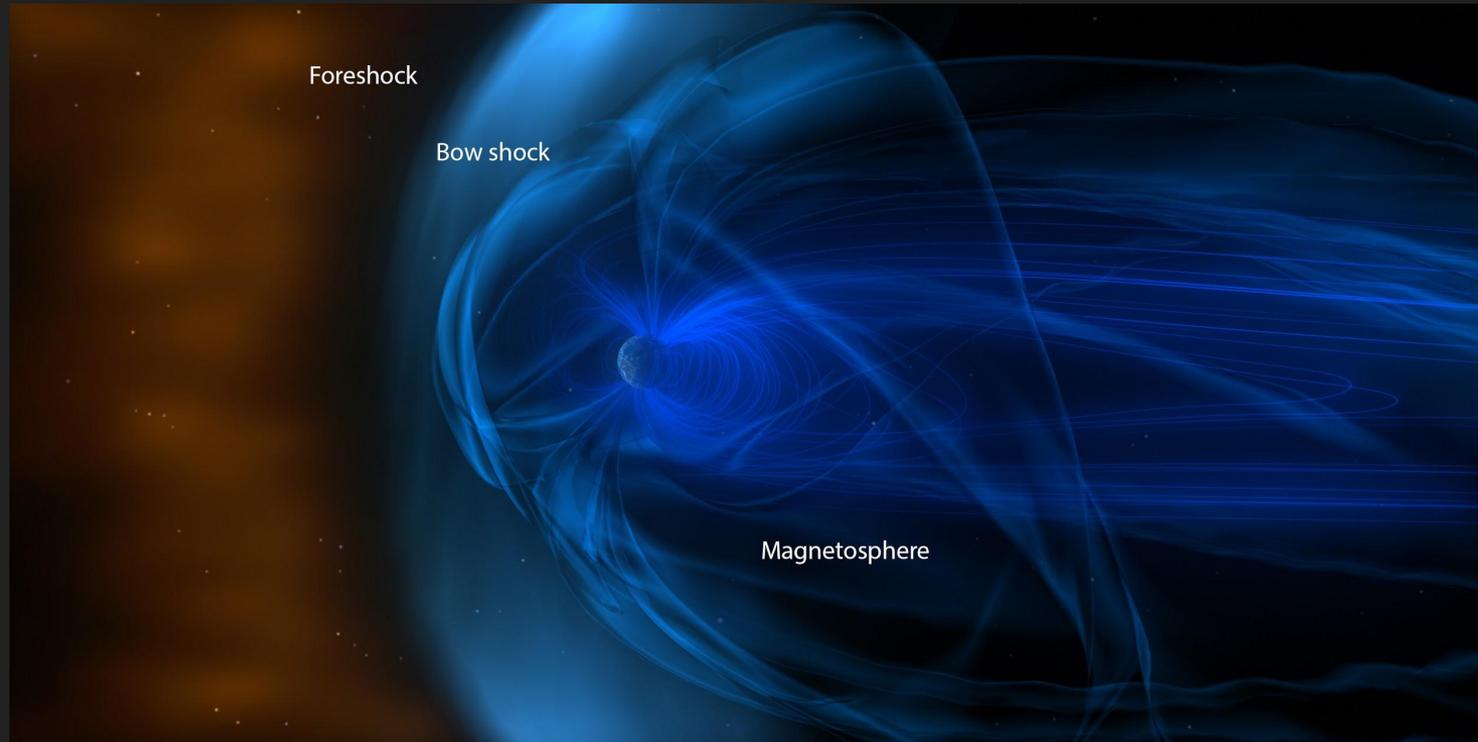
Onde o raio orbital dessas partículas é descrito pela força de Lorentz igualada com uma força centrípeta.

$$\frac{mv^2}{r} = qvB \Rightarrow r = \frac{mv}{qB}$$

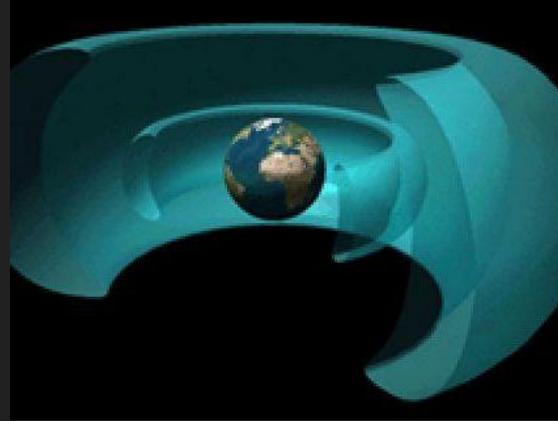


Como o trabalho é nulo, então a partícula fica sempre confinada no campo até que algo mude isso.

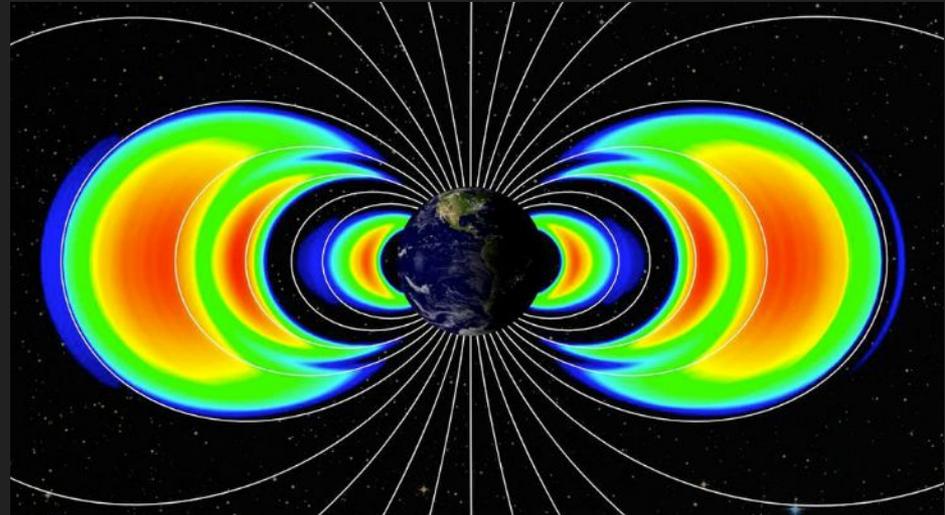
As partículas aprisionadas formam o que chamamos de magnetosfera.



A magnetosfera possui duas regiões famosas. Uma composta por prótons e outra composta por elétrons: os cinturões de radiação de Van Allen.



Experimentos recentes revelaram a presença de um terceiro cinturão.



Planetas Telúricos do sistema solar



Planetas Telúricos do sistema solar



Mercúrio

- Não é observado em Mercúrio atmosfera apreciável devido aos ventos solares muito fortes e sua baixa gravidade, a velocidade de escape é de apenas 4.3 km/s.
- Já foi observado pela nave *Mariner 10* traços de hidrogênio e hélio em Mercúrio, mas o que acontece é que gases de vento solar são presos temporariamente e duram apenas algumas semanas.
- $B \approx 1\%$ do campo terrestre.

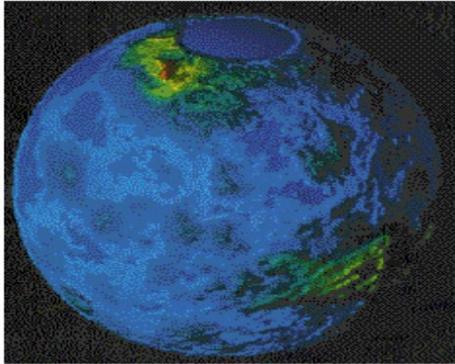


Planetas Telúricos do sistema solar



Vênus

- Até os anos 50 era tido como um planeta com atmosfera, parecida com a da Terra devido ao seu tamanho e proximidade com o sol, com suposições até de abrigar vida.
- Mas com as primeiras medições com ondas de rádio revelaram que é um planeta com condições climáticas muito diferentes.
- Composição atmosférica: 96.5% de CO₂, 3.5% de N, e gases traço: CO, SO₂, vapor d'água e Argônio.
- $B \approx 0.000015$ vezes o campo da Terra.



(a)



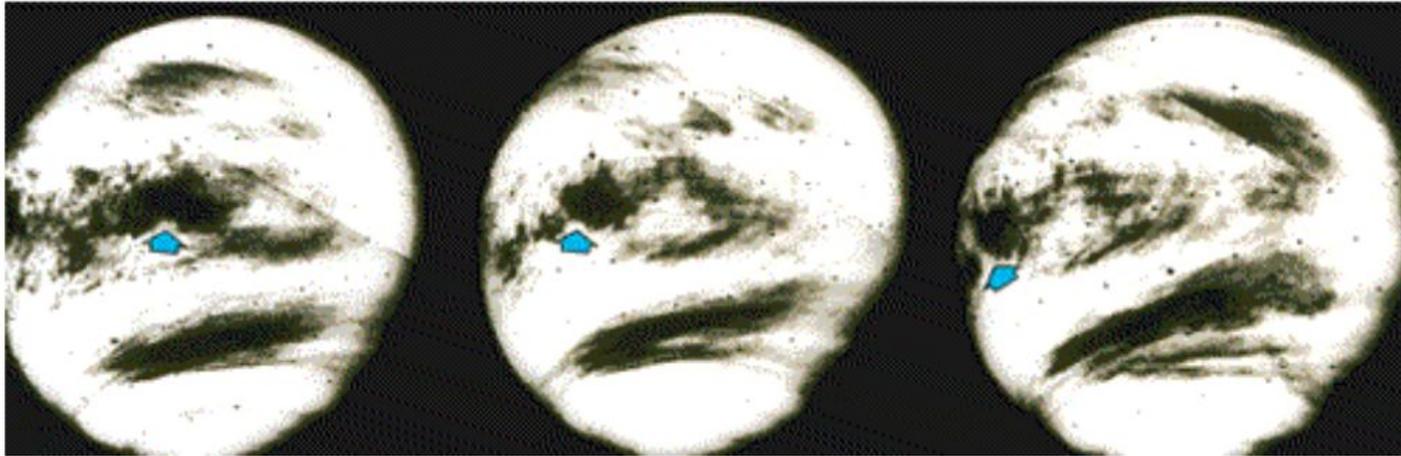
(b)

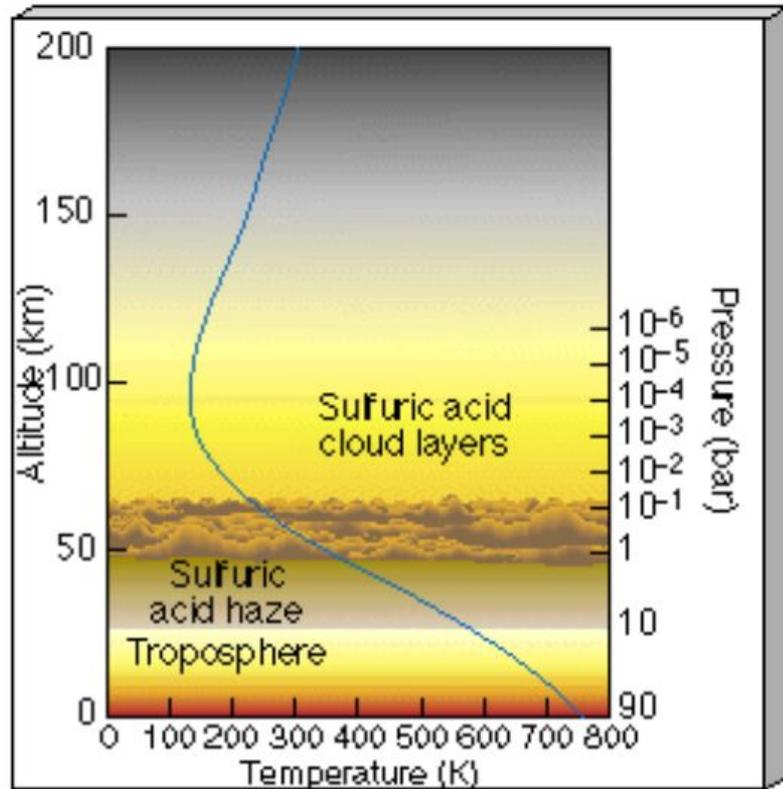


- Medições com ondas rádio revelaram uma superfície com 750K(476,85°C)
- Medições com ultravioleta revelaram o movimento das nuvens

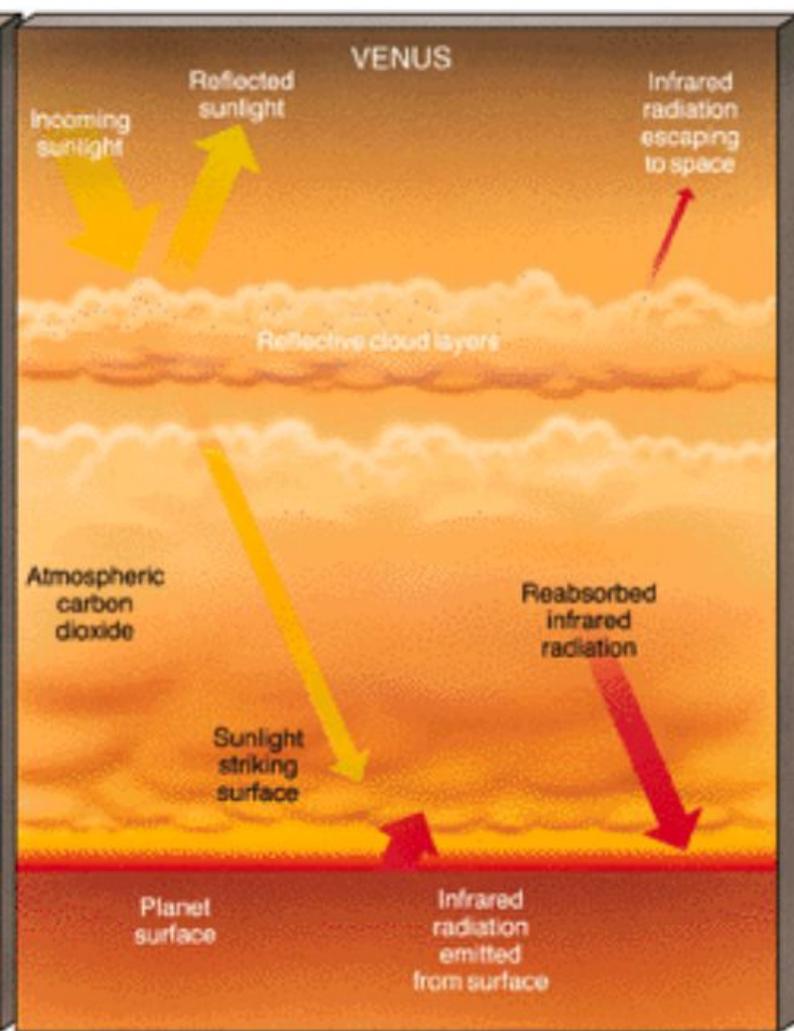
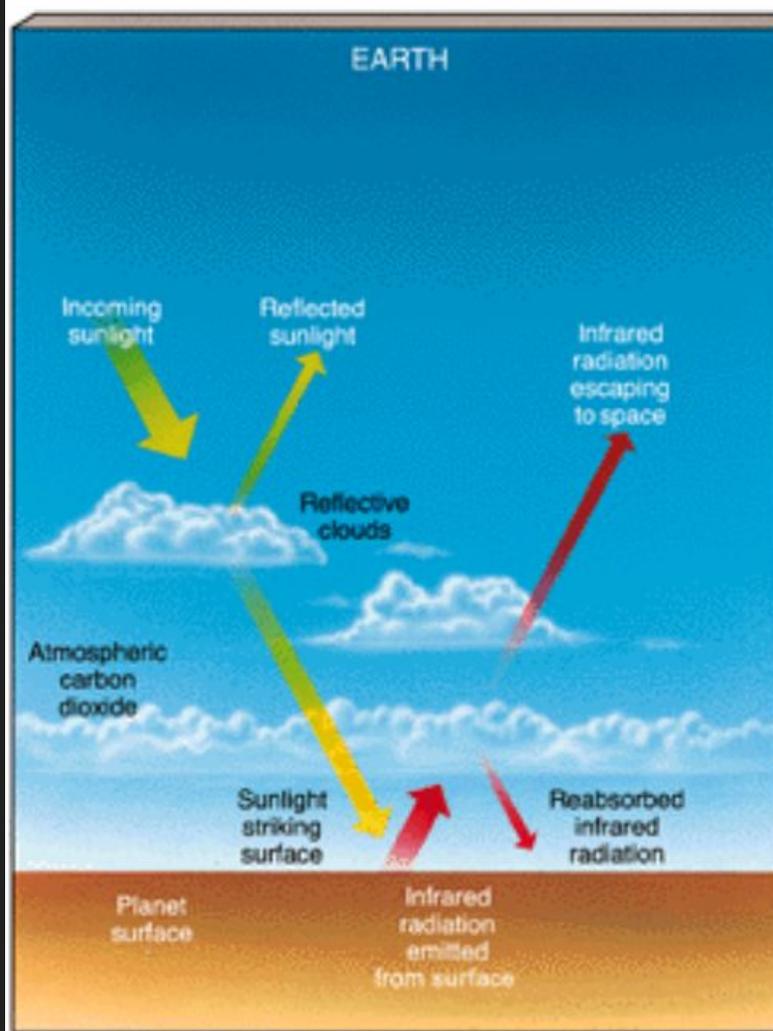
Uma curiosidade. Vênus não possui um campo magnético forte para reter uma atmosfera tão densa. Então como isso ocorre?

Atividades vulcânicas muito intensas formaram a atmosfera de Vênus. Ela é tão densa que a interação com os ventos solares é quase insignificante.



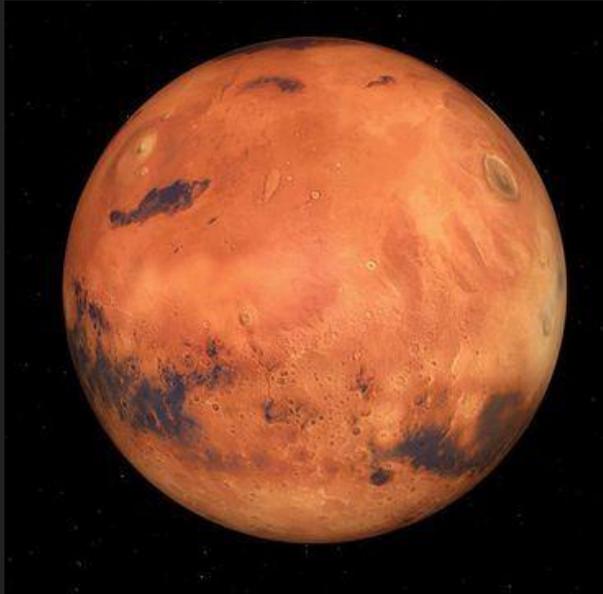


- As naves *Venera* e *Pioneer*, soviéticas e americanas forneceram detalhes da estrutura atmosférica de Vênus
- 90% da atmosfera está nos primeiros 50km de altitude (na Terra está nos primeiros 10km)
- A troposfera se estende até 100km de altitude
- perto da superfície o ar é tão denso que se move de forma parecida com o oceano terrestre



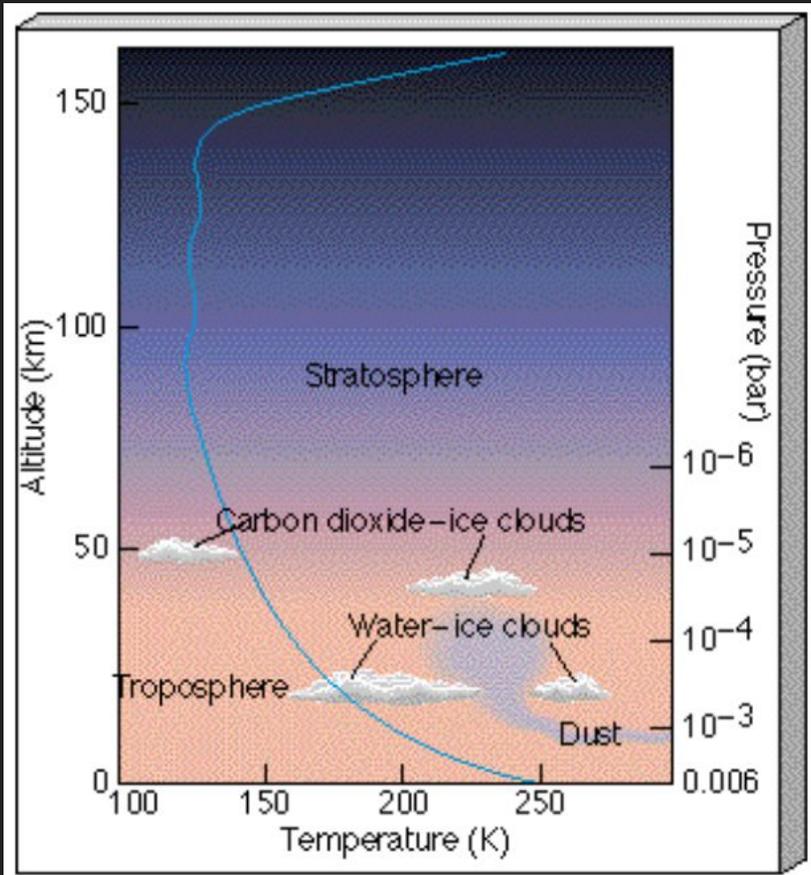


Planetas Telúricos do sistema solar



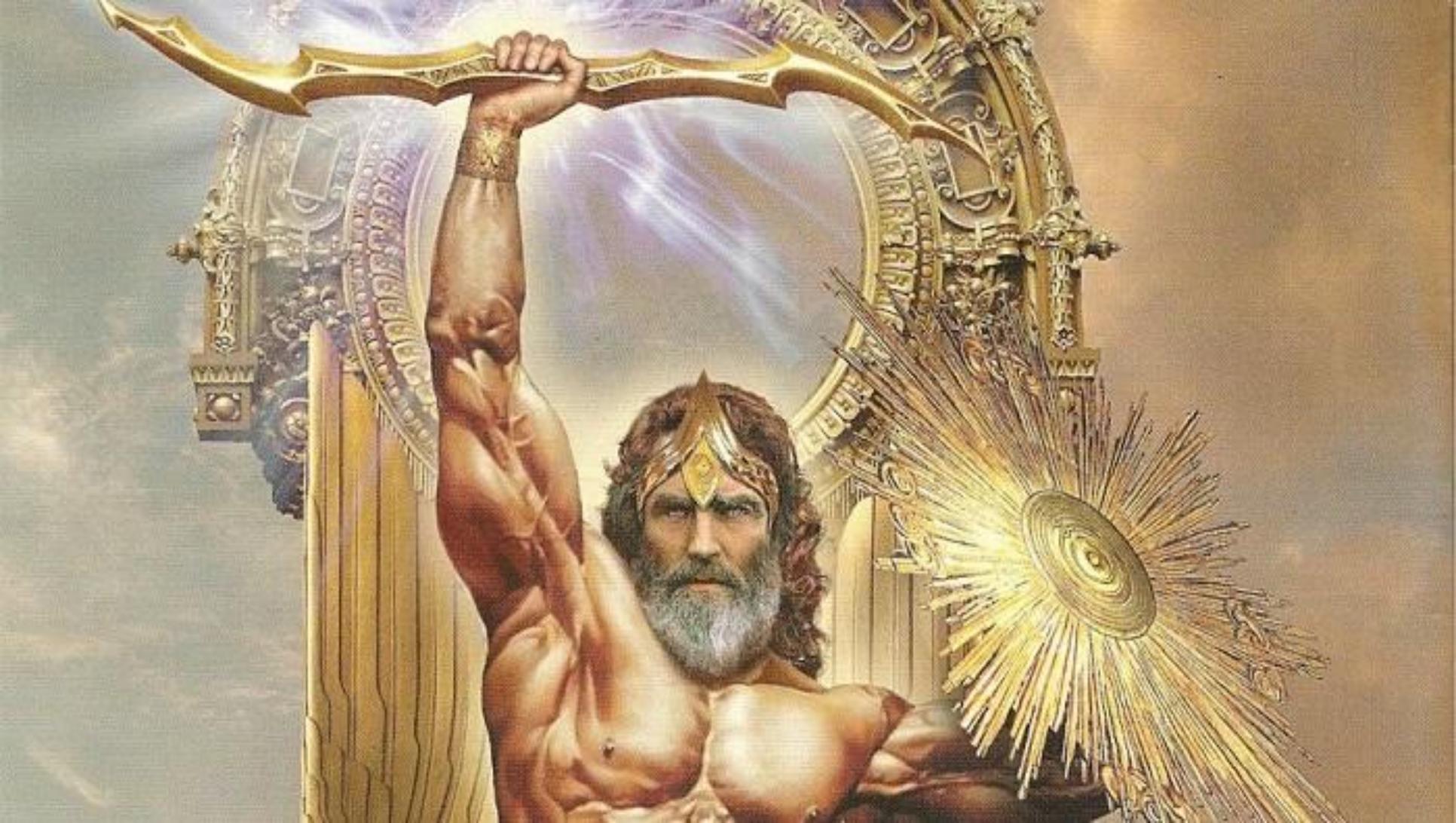
Marte

- Observações muito mais simples que de Vênus devido a possibilidade de observar a superfície no comprimento de onda do visível.
- As naves *Viking* e *Mariner* forneceram os dados conclusivos da composição atmosférica marciana: 95.3% de CO₂, 2.7% de N, 1.6% de Ar, 0.13% de O, 0.07% de CO e 0.03% de vapor d'água.
- No passado B era aproximadamente 20 vezes o B da Terra.
- B é ≈ 0 nos dias atuais.



- A troposfera sobe para uma altitude de cerca de 30 km durante o dia e a temperatura da superfície chega a 300 K (26,85°C), a noite a temperatura cai para 50 K (-223,15°C) e a troposfera praticamente some.
- Ocasionalmente contém nuvens de gelo de água ou, mais frequentemente, poeira.
- Acima da troposfera está a estratosfera. Observe a ausência de uma zona de temperatura mais alta na estratosfera, indicando a ausência de ozônio.

Planetas Jovianos do sistema solar

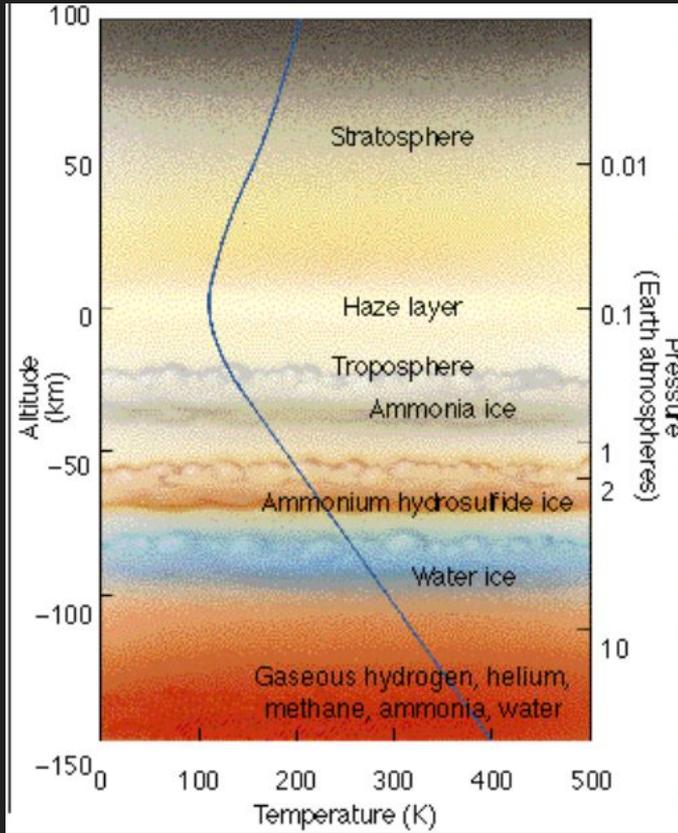


Planetas Jovianos do sistema solar

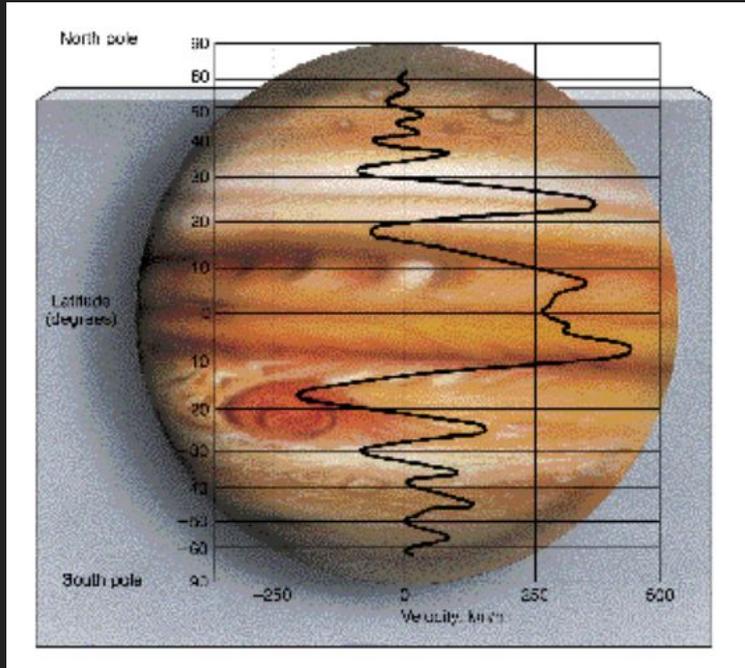


Júpiter

- Júpiter é um planeta gigante-gasoso. Sua atmosfera é composta de hidrogênio e hélio, com metano, amônia, H₂S e água como aerossóis condensáveis.
- Campo magnético $B = 10$ vezes o campo terrestre.



- Abaixo da espessa atmosfera gasosa de 150 km de Júpiter, camadas de hidrogênio líquido e hidrogênio metálico líquido são imaginadas estarem presentes, seguidas por um núcleo rochoso.
- Em ordem decrescente de altura de condensação (assim também como de pressão de saturação de vapor, os gases condensáveis são CH_4 , NH_3 , NH_4SH ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{S}$), e H_2O



- Estes gases interagem de modos complexos, para produzir bandas horizontais de rotação e ciclones (tal como a Grande Mancha Vermelha)
- A Grande Mancha Vermelha é uma tempestade anticiclônica que gira com período de 10 horas
- A velocidade do vento na atmosfera de Júpiter, medida em relação à taxa de rotação interna do planeta, mostradas no gráfico, próximas do equador de Júpiter chegam a quase 500 km

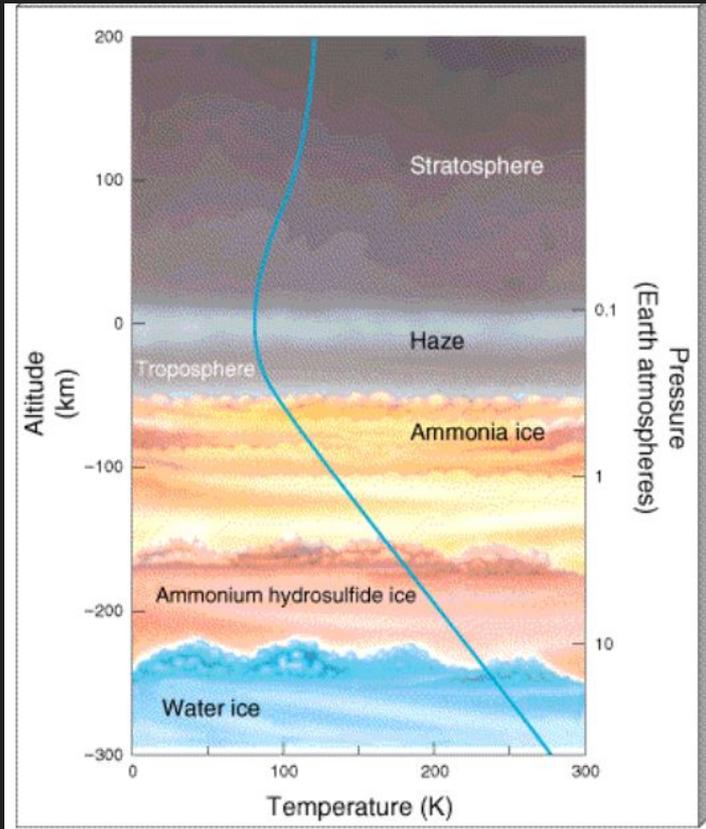


Planetas Jovianos do sistema solar



Saturno

- Joviano altamente achatado nos pólos,
- A atmosfera é composta de hidrogênio e hélio.
- Abaixo da atmosfera profunda de 1000 km de Saturno, camadas de hidrogênio líquido e hidrogênio metálico líquido são imaginadas estarem presentes, seguidas por um núcleo rochoso.
- Irradia 1,8 vezes mais calor do que absorve do Sol.
- $B = 2$ vezes o campo terrestre.



- Em ordem decrescente de altura de condensação (como de pressão de saturação do vapor), os gases condensáveis são CH_4 , NH_3 , NH_4SH ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{S}$) e H_2O .

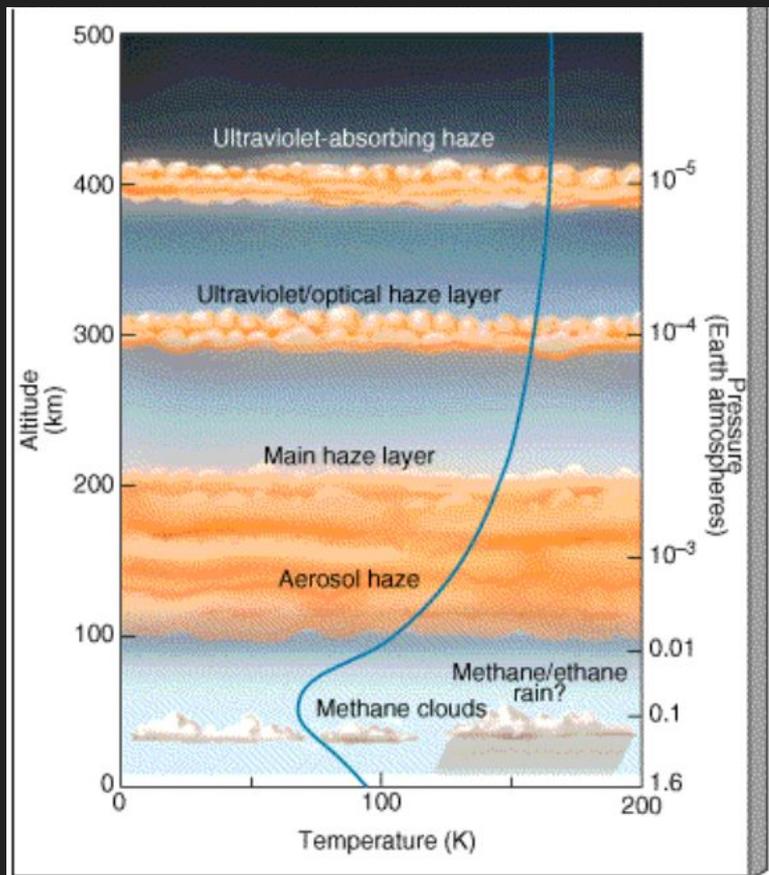


Lua de Saturno



Titã

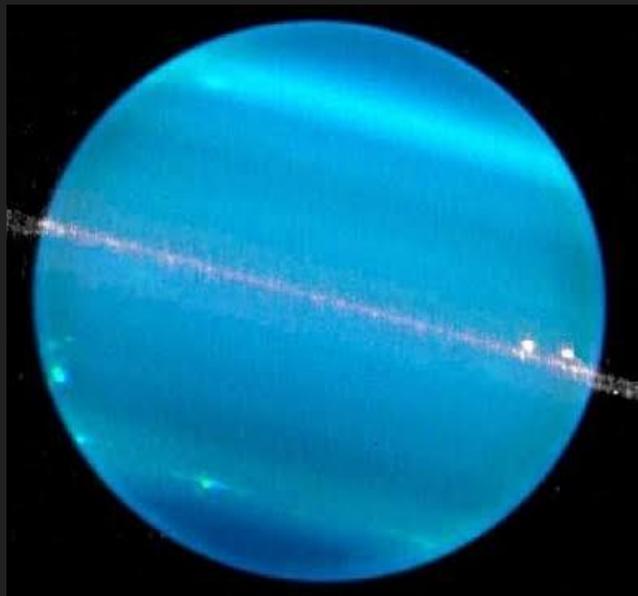
- A atmosfera, superfície e condensados em Titã, o maior satélite de Saturno, que foi estudado pela missão Cassini a partir de 2004.
- Mesmo não possuindo campo magnético sua atmosfera é muito fria e densa. Isso impede que a velocidade de escape seja o suficiente para os ventos solares possuírem grande eficiência.



- A atmosfera de Titã assemelha-se muito à da Terra primitiva, principalmente com relação a abundância de Nitrogênio: 82-89% em Titã e 78% na Terra.

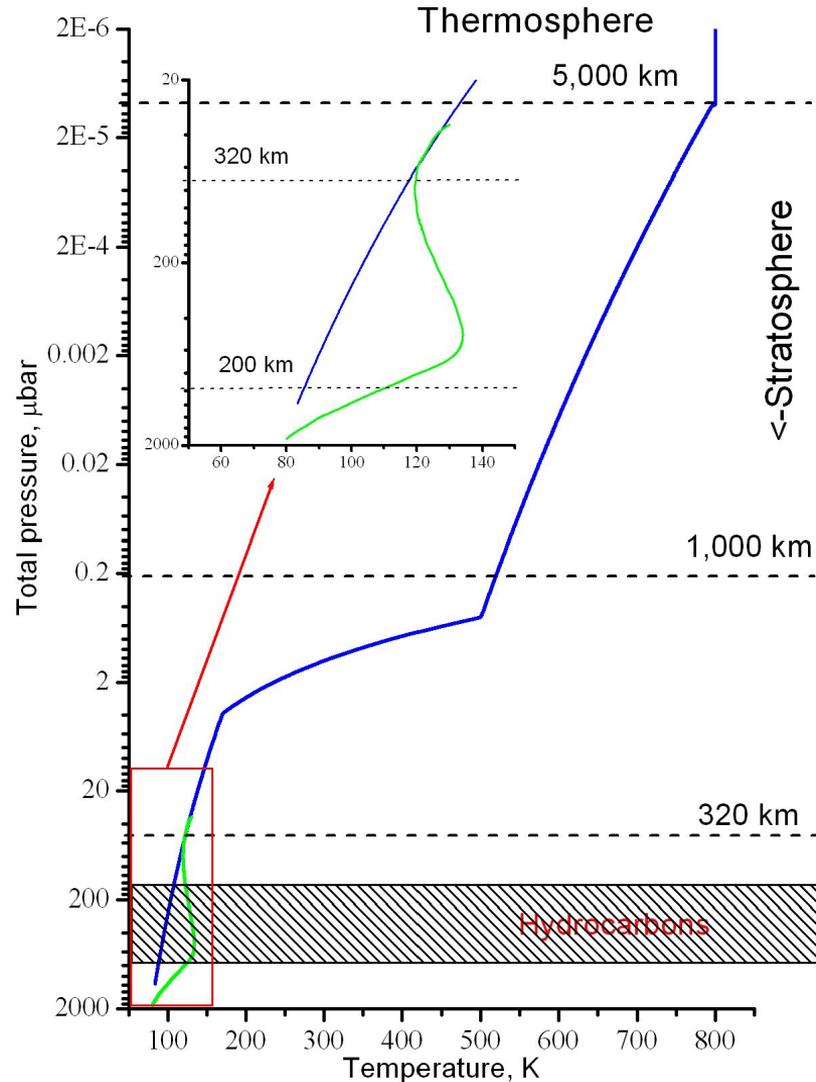
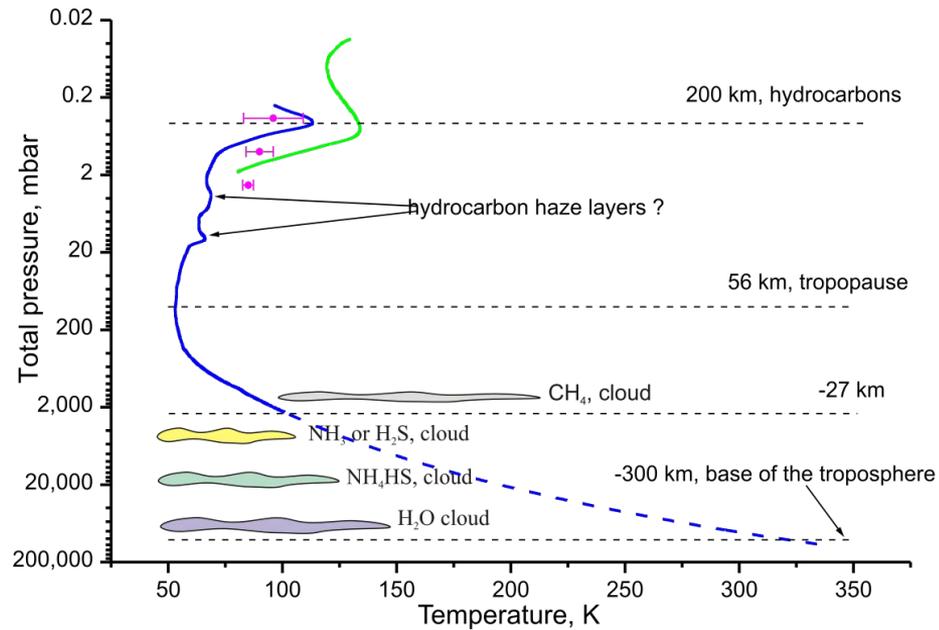


Planetas Jovianos do sistema solar



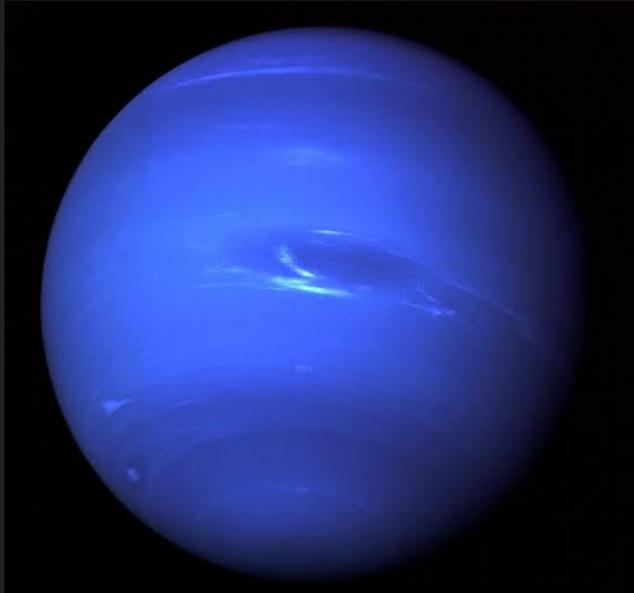
Urano

- Primeiro dos planetas gasosos definidos como planetas gelados. Essa característica é explicada pela grande quantidade de metano e amônia em meio ao hidrogênio e hélio. Também pela quantidade significativa de gelo e distância do Sol.
- Campo magnético não é muito uniforme. Na região sul $B = 1.33$ vezes o campo terrestre. Na região norte $B = 4$ vezes o campo da Terra.





Planetas Jovianos do sistema solar



Netuno

- O planeta é formado por um pequeno núcleo rochoso ao redor do qual encontra-se uma camada formada possivelmente por água, amônia e metano sobre a qual situa-se sua turbulenta atmosfera, constituída predominantemente de hidrogênio e hélio.
- A atmosfera de Netuno é, sob diversos aspectos, similar à de Urano.
- A atmosfera superior de Netuno é composta por 79% de hidrogênio, cerca de 18% de hélio e a maior parte restante por metano.
- $B = 27$ vezes o campo terrestre.

Bibliografia

- Curso de Física Básica 3 - H. Moysés Nussenzveig, ed 1.
- Astronomy Today Chaisson McMillan, Prentice-Hall, Inc. (1998)
- <https://go.nasa.gov/35eSS8U>
- Notas de aula do professor Enos Picazzio (Planetas e Sistemas Planetários IAG-USP).