

2 – SISTEMAS PLANETÁRIOS

2.1 O Sistema Solar

O nosso Sistema Solar inclui a Terra e mais outros **sete** planetas que se encontram em órbita do maior corpo celeste deste Sistema – O Sol.

O Sistema Solar também inclui muitos pequenos objectos que giram em torno do Sol: planetas anões, asteróides, cometas e meteoróides. Ainda, uma fina nuvem de gás e poeira conhecida como o **meio interplanetário**. Há um número inquantificável de **satélites**, no Sistema Solar, em órbita dos planetas, de todos os tamanhos.

Formação planetária

Mas, afinal, como se formaram todos os planetas do Sistema Solar? (**planetas anões e asteróides incluídos**)

A teoria tem de explicar, no que respeita ao Sistema Solar:

- 1) O Sol ter 1% do momento angular e 99.9% da massa
- 2) A formação dos planetas “terrestres” (**núcleo sólido metálico + mantos silicosos + crosta**)
- 3) A formação dos planetas “gigantes gasosos”
- 4) A formação dos satélites

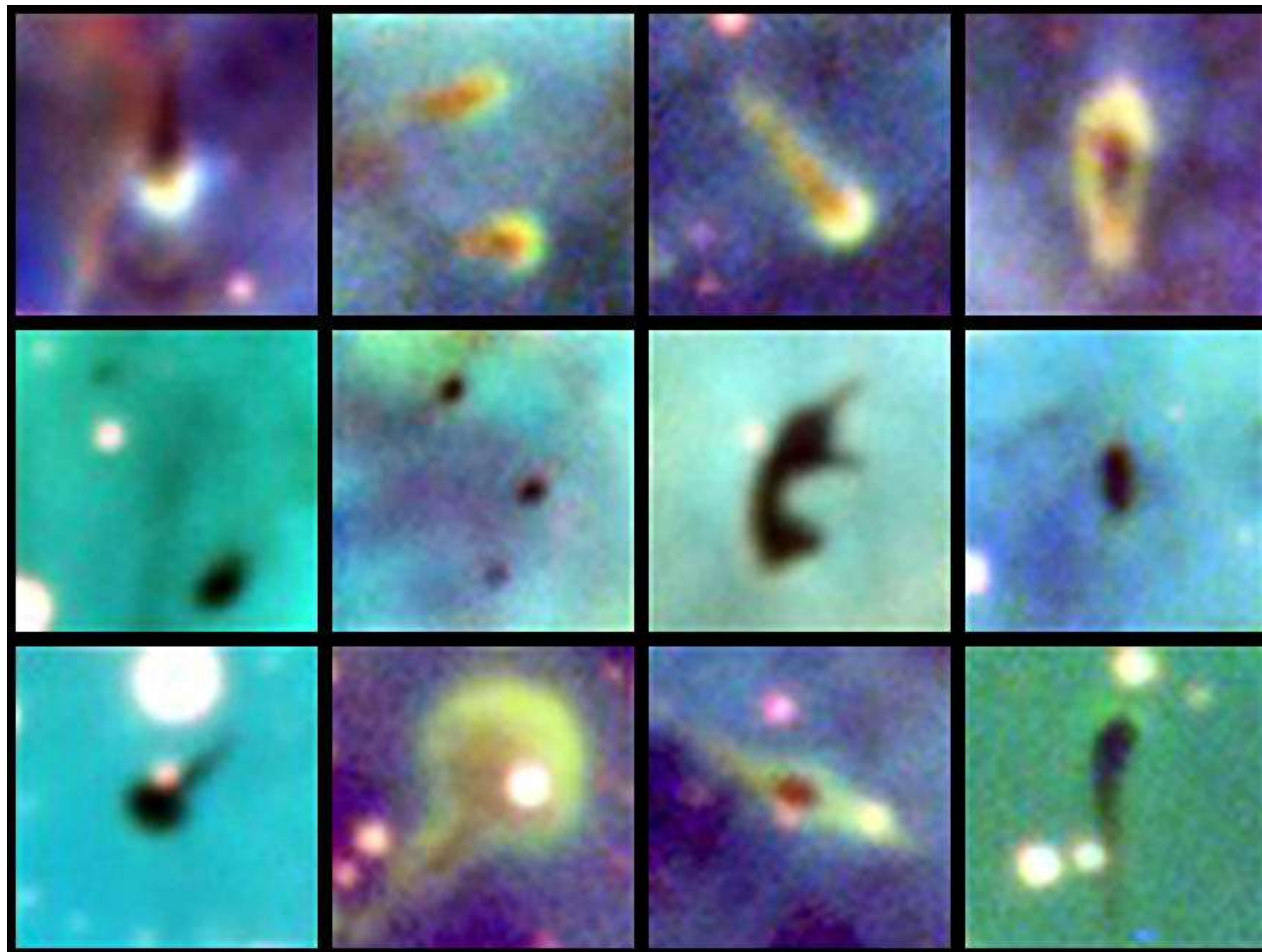
A teoria mais aceite tem várias fases:

- 1) Há uma explosão em Supernova (que é o final da vida de estrelas com mais de 8 massas solares) nas proximidades do futuro Sistema Solar.
- 2) O Sol forma-se pelo colapso gravitacional de uma gigantesca nuvem de gás e poeiras, impulsionado pela explosão da Supernova; a velocidade de rotação da nuvem aumenta à medida que esta se contrai.
- 3) O calor gerado no interior dessa nuvem, devido ao colapso, chega a um ponto em que se desencadeiam reacções nucleares que a fazem brilhar, iniciando-se a produção de energia num **proto-Sol**.
- 4) Há um achatamento do resto do material até à forma de disco. Com uma massa densa e luminosa de gás na posição central, o proto-Sol possui cerca de 99% da massa da nebulosa.



A nuvem proto-solar e os proto-planetas em formação

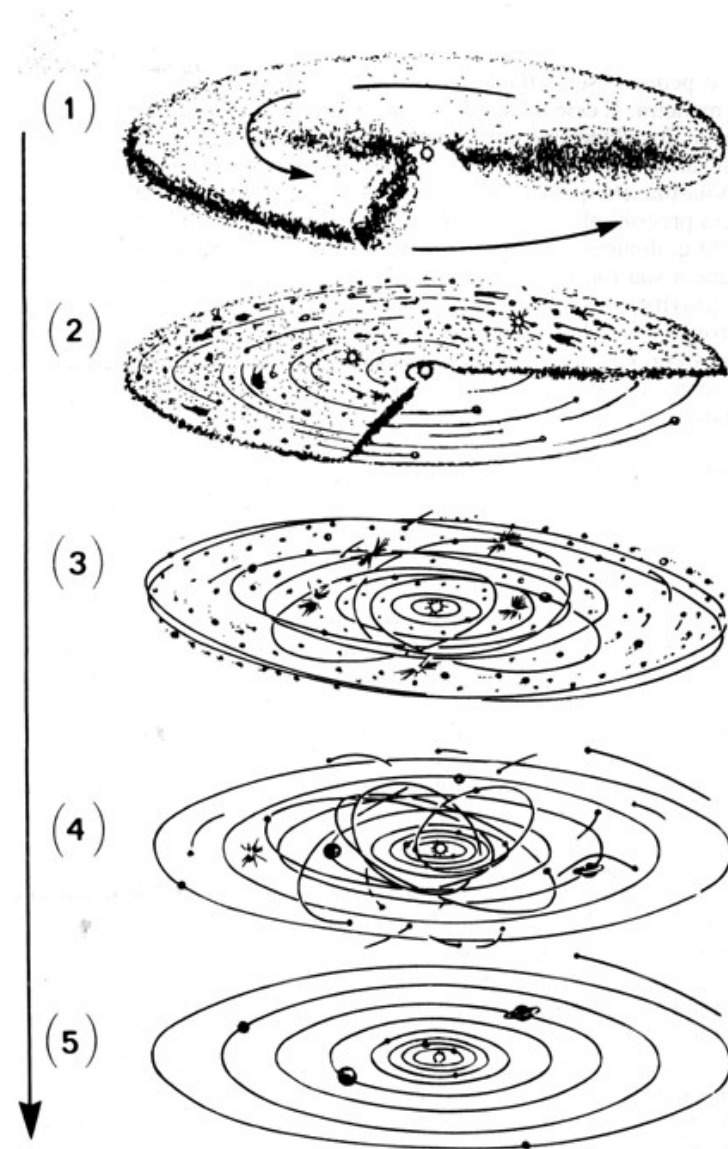
- 5) Os proto-planetas e satélites formam-se por **agregação** de matéria entre aquela existente no **disco proto-planetário** (“proplyd”), por simples atração gravítica; mais tarde, surgem os **planetas**.
- 6) O vento solar expelle os restos de gás e poeiras para fora do Sistema Solar.



Proplyds

O modelo da formação dos planetas no Sistema Solar: (1) a (4) têm lugar num período de **cinco a dez milhões de anos**.

(1) O imenso conjunto de poeiras no início (proto-Sol ao centro); (2) a pouco e pouco as poeiras juntam-se e as maiores (“planetesimais”) “limpam” a sua órbita; (3) muitos dos “detritos” adquirem órbitas caóticas – uma boa parte é enviada para fora do Sistema Solar; (4) e (5) – no final (durante **50 a 100 milhões de anos**), apenas as órbitas de alguns asteróides se mantêm com alguma inclinação: os protoplanetas estão formados.



O que é um planeta?

Não é “um objecto que não emite luz própria”
(e.g. Neptuno emite 2/3 do que dele vemos).

Nova definição de planeta, aprovada em 2006. Em
mais detalhe:

(b) Equilíbrio hidrostático – forma redonda

Dependendo da **densidade**, podemos dar uma
ideia dos tamanhos típicos que servem de
“fronteira” entre as definições de planeta/planeta
anão e a de **pequeno corpo** do Sistema Solar:

-Caso rochoso-“terrestre” ($\sim 4\text{-}5 \text{ g/cm}^3$): $\sim 800\text{km}$
($0.001 M_T$)

- Caso “rocha com gelo” ($\sim 1\text{-}2 \text{ g/cm}^3$): $\sim 400\text{km}$

Nota: Quando se conhecerem melhor todos os maiores
objectos do Cinturão de Edgeworth-Kuiper é provável
que se incluam como planetas anões muitos deles pelo
segundo tamanho.



RESOLUTION 5

Definition of a Planet in the Solar System

Contemporary observations are changing our understanding of planetary systems, and it is important that our nomenclature for objects reflect our current understanding. This applies, in particular, to the designation "planets". The word "planet" originally described "wanderers" that were known only as moving lights in the sky. Recent discoveries lead us to create a new definition, which we can make using currently available scientific information.

The IAU therefore resolves that planets and other bodies, except satellites, in our Solar System be defined into three distinct categories in the following way:

- (1) A planet¹ is a celestial body that
 - (a) is in orbit around the Sun,
 - (b) has sufficient mass for its self-gravity to overcome rigid body forces so that it assumes a hydrostatic equilibrium (nearly round) shape,² and
 - (c) has cleared the neighbourhood around its orbit.
- (2) A "dwarf planet" is a celestial body that
 - (a) is in orbit around the Sun,
 - (b) has sufficient mass for its self-gravity to overcome rigid body forces so that it assumes a hydrostatic equilibrium (nearly round) shape²,
 - (c) has not cleared the neighbourhood around its orbit, and
 - (d) is not a satellite.
- (3) All other objects³, except satellites, orbiting the Sun shall be referred to collectively as "Small Solar System Bodies".

-
- 1 The eight planets are: Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, and Neptune.
 2. An IAU process will be established to assign borderline objects into either dwarf planet and other categories.
 3. These currently include most of the Solar System asteroids, most Trans-Neptunian Objects (TNOs), comets, and other small bodies.

(c) Limpeza da “vizinhança” da órbita

Este é o **único critério** que distingue entre planetas e planetas anões. Assim, é importante quantificá-lo de uma forma mais científica (sempre **operacional** e eventualmente sujeito a alterações no futuro). Usa-se, então, a **razão** entre a massa total de um planeta/planeta anão (M) e a massa acumulada dos restantes objectos que compartilham a mesma região orbital (vizinhança) – m . Temos que um corpo é um **planeta** sempre que

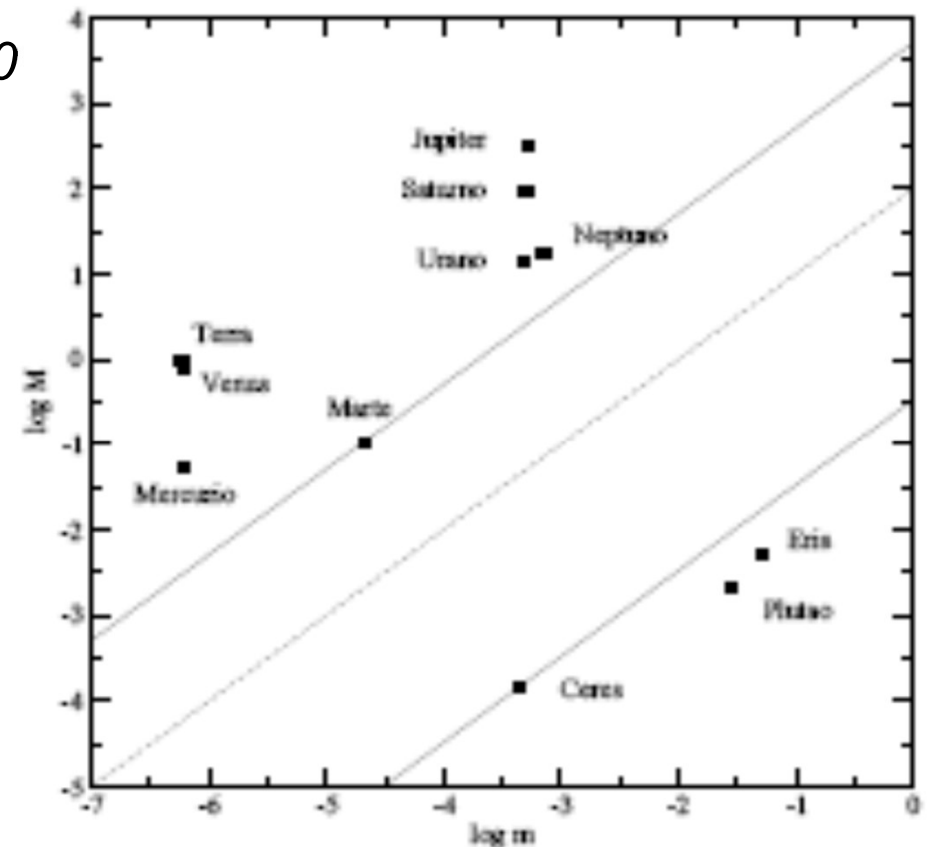
$$\mu = M / m \geq 100$$

E é um **planeta anão** quando

$$\mu < 1$$

Estas noções ficam bem explícitas no comunicado de duas páginas da Sociedade Portuguesa de Astronomia. Baseiam-se, essencialmente, no artigo:

Soter (2006), *The Astronomical Journal*, vol. 132, p. 2513-2519.



RECOMENDAÇÃO

A Direcção da Sociedade Portuguesa de Astronomia recomenda, de acordo com a resolução recentemente aprovada na XXVI Assembleia Geral da União Internacional de Astronomia, aos docentes, autores e editores de manuais escolares a adopção das seguintes definições relativas ao Sistema solar:

1. O Sistema Solar é constituído por planetas (Mercúrio, Vénus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano e Neptuno), planetas anões (Ceres, Plutão e Éris, para já), satélites e pequenos corpos celestes.



Figura 1: Imagem do Sistema Solar divulgada pela IAU.

2. Definição de planeta: corpo que orbita em torno do Sol com gravidade suficiente para ter uma geometria quase esférica e capaz de "limpar" a sua órbita de outros objectos.
3. Definição de planeta anão: corpo que orbita em torno do Sol com gravidade suficiente para ter uma geometria quase esférica, mas incapaz de limpar a sua órbita de outros objectos e não é satélite.
4. Definição de pequenos corpos celestes: todos os objectos celestes que orbitam em torno do Sol e não são planetas, planetas anões ou satélites. Ex., cometas, asteróides, objectos trans-neptunianos e outros pequenos corpos.

Nota: A diferença entre planetas e planetas anões resulta, entre outros parâmetros, da razão entre a massa do corpo (planeta ou planeta anão) e a massa acumulada dos restantes objectos que compartilham a mesma região orbital (vizinhança). Esta razão de massas, μ , varia entre 5.100 e 1.700.000 para os planetas (Tabela 1 e Figura 2). No caso dos planetas anões esta razão é inferior a 1. Um corpo é um planeta desde que $\mu \geq 100$. Fonte: Soter, S. 2006, "What is a Planet?", The Astronomical Journal.

Corpo	M (M_{\oplus})	m (M_{\oplus})	μ
Mercúrio	0.055	6.044×10^{-7}	9.1×10^4
Vénus	0.815	6.037×10^{-7}	1.35×10^6
Terra	1.000	5.88×10^{-7}	1.7×10^6
Marte	0.107	2.098×10^{-5}	5.1×10^3
Ceres	0.00015	4.545×10^{-4}	0.33
Júpiter	317.7	5.083×10^{-4}	6.25×10^5
Saturno	95.2	5.01×10^{-4}	1.9×10^5
Urano	14.5	5×10^{-4}	2.9×10^4
Neptuno	17.1	7.125×10^{-4}	2.4×10^4
Plutão	0.0022	0.0286	0.077
Éris	0.005	0.05	0.1

Tabela 1: Coluna 2: Massa (M) dos planetas e planetas anões em unidades da massa da Terra (M_{\oplus}). Coluna 3: Massa acumulada (m) dos restantes corpos que compartilham a vizinhança das suas órbitas em unidades de massa da Terra (M_{\oplus}). Coluna 4: Razão (μ) entre M e m. (Fonte: Soter 2006)

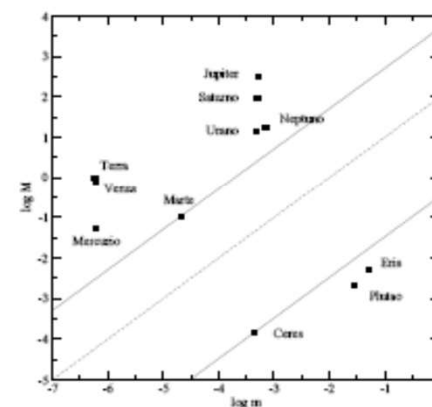
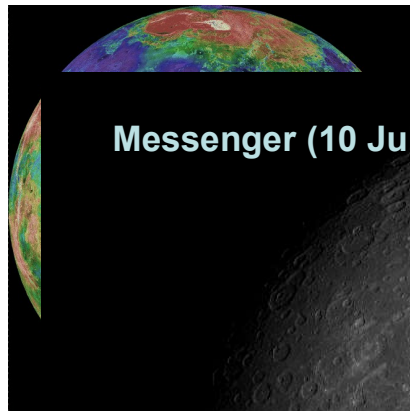


Figura 2: Gráfico, em escala logarítmica, das massas, M , dos planetas e planetas anões em função da massa acumulada, m , dos restantes corpos que compartilham a vizinhança das suas órbitas. A linha a tracejado representa $\mu = 100$. M e m são medidas em unidades de massa da Terra (M_{\oplus}).

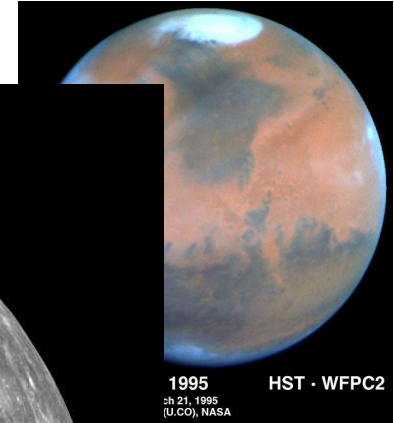
Planetas rochosos



Mercúrio



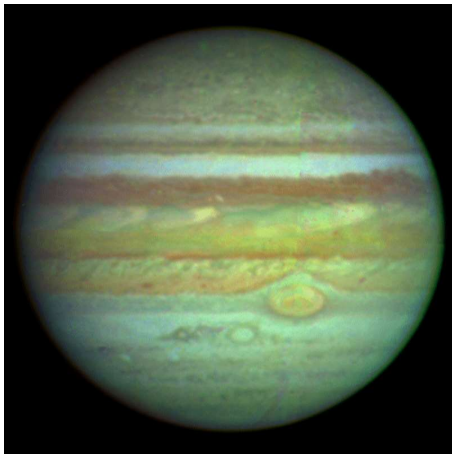
Messenger (10 Jul 08)



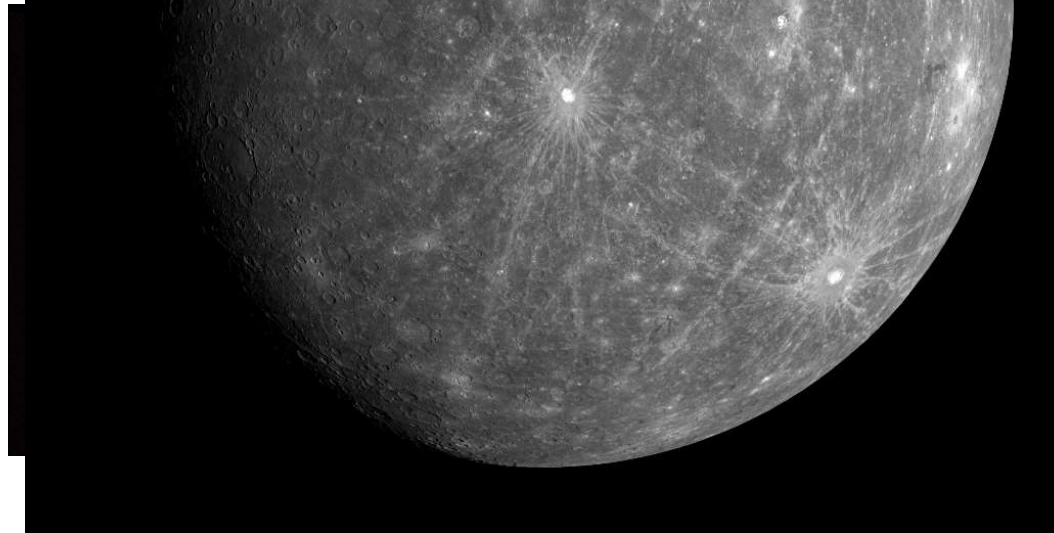
1995 HST · WFPC2
March 21, 1995
(U.CO), NASA

Marte
(>2 satélites)

Planetas gasosos



Júpiter
(>63 satélites)



(>61 satélites)

(>27 satélites)



Neptuno
(>13 satélites)

Dois sites com informações actualizadas sobre planetas (e não só):

www.nineplanets.org

SkyandTelescope.com/planetsats

Segue-se um sumário dos **satélites** mais importantes dos planetas principais.

Planeta	Satélite	Raio médio da órbita (km)	Translação (dias)	Diâmetro (km)
Terra	Lua	384×10^3	27.3	3476
Marte	Fobos	9×10^3	0.3	28×22×18
	Deimos	23×10^3	1.3	16×12×10
Júpiter	Io	422×10^3	1.8	3652
	Europa	671×10^3	3.6	3138
	Ganimede	1070×10^3	7.2	5262
	Calisto	1883×10^3	16.7	4860
Saturno	Titã	1222×10^3	16.0	5150
Neptuno	Tritão	355×10^3	5.9	3500

E uma **tabela-síntese** das propriedades principais dos planetas:

Os oito planetas (resumo)

Nome	dist. média ao Sol		Translação (tempo terrestre)	ϕ (°)	e	diâmetro (km)	massa		Período sideral	θ (°)	número satélites	dens. (g/cm ³)	Tmédia (**)	
	(x 10 ⁸ km)	(UA)					(kg)	(m _T)					K	°C
Mercúrio	0.579	0.386	88 dias	7	0.21	4878	3.3×10^{23}	0.06	58.6 dias	7	0	5.4	440	167
Vénus	1.08	0.72	225 dias	3.4	0.01	12100	4.9×10^{24}	0.82	243 dias	177*	0	5.2	730	457
Terra	1.5	1	365 dias	0	0.02	12756	6.0×10^{24}	1	23.9 h	23.5	1	5.5	287	14
Marte	2.28	1.52	687 dias	1.8	0.09	6794	6.4×10^{23}	0.11	24.6 h	25	2	3.9	218	-55
Júpiter	7.78	5.19	11.9 anos	1.3	0.05	142800	1.9×10^{27}	318	9.8 h	3	≥63	1.3	120	-153
Saturno	14.3	9.53	29.5 anos	2.5	0.06	120000	5.7×10^{26}	95	10.8 h	27	≥61	0.7	88	-185
Urano	28.7	19.1	84 anos	0.8	0.05	52400	8.7×10^{25}	15	~17 h	98*	≥27	1.3	59	-214
Neptuno	45.0	30.0	165 anos	1.8	0.01	48400	1.0×10^{26}	17	~16 h	30	≥13	1.6	48	-225

* Rotação retrógrada

** Nos planetas sem atmosfera, as flutuações são grandes ($T_{\text{dia}} \gg T_{\text{noite}}$)

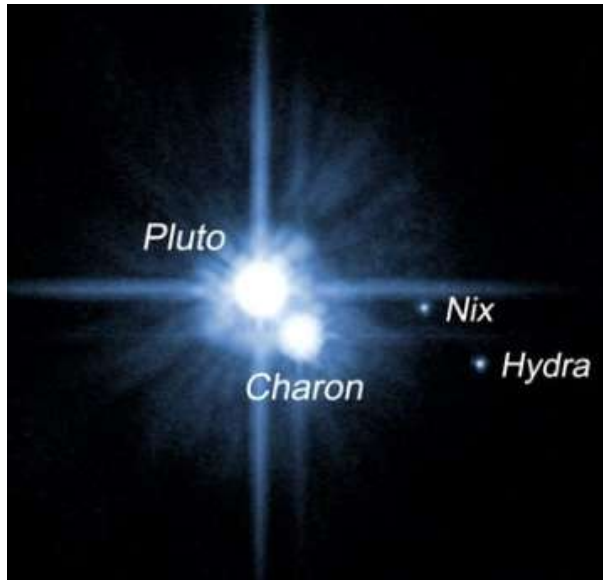
ϕ - inclinação da órbita em relação à eclíptica

e - excentricidade $(1 - (b/a)^2)^{1/2}$, com a e b os semi-eixos maior e menor da elipse

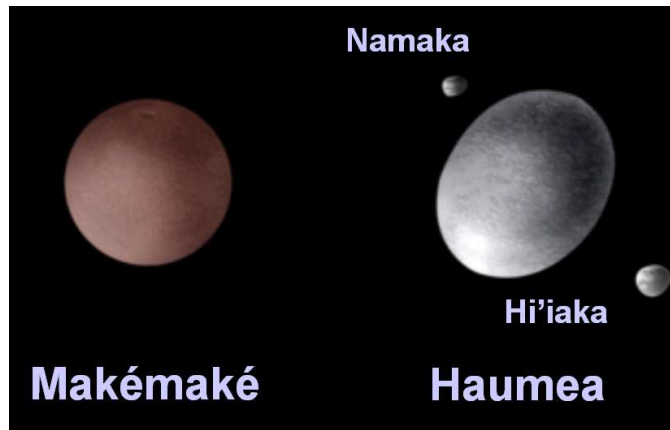
θ - inclinação do eixo de rotação em relação à perpendicular à órbita

Planetas anões

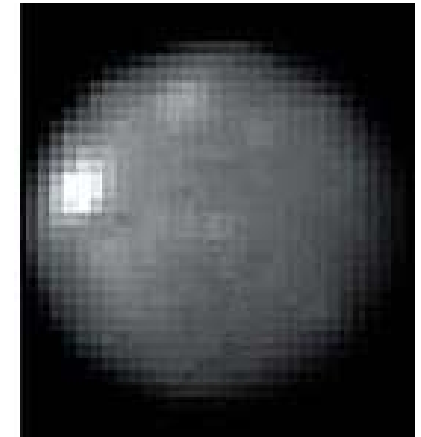
Para já são **cinco** os planetas anões: **Ceres**, **Plutão**, **Éris**, **Makémaké** e **Haumea**.



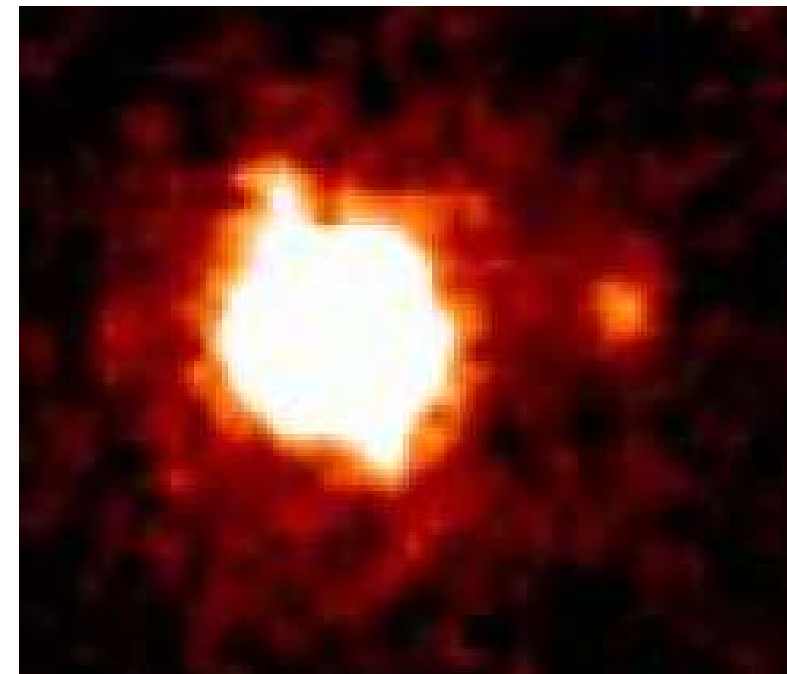
Plutão (2306km), o seu companheiro (Charon – 1200km) e ainda Nix (88km) e Hydra (72km).



(imagens artísticas)



Ceres (975 × 909 × 900 km³), o “rei” do Cinturão de Asteróides (Principal).

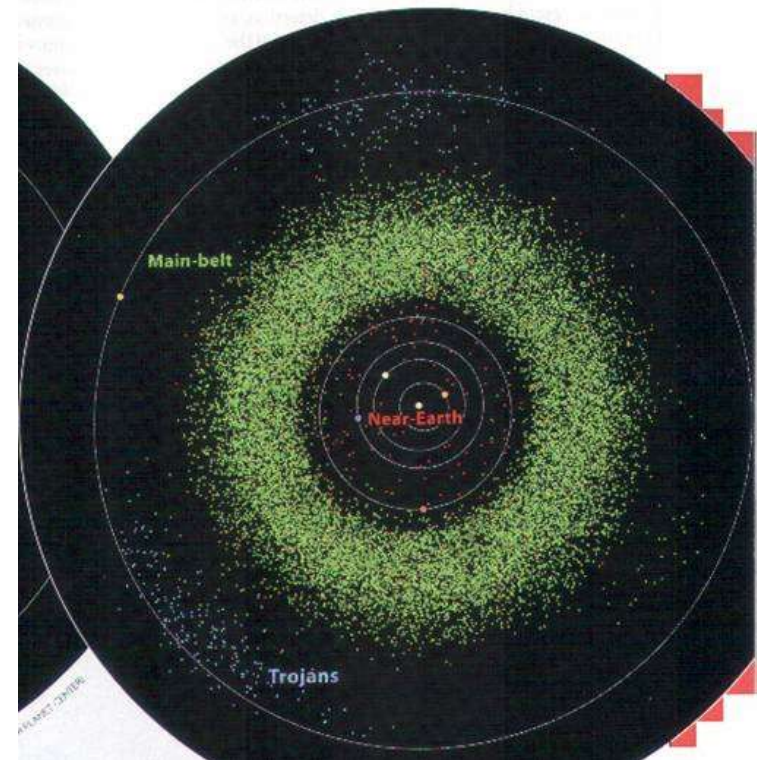
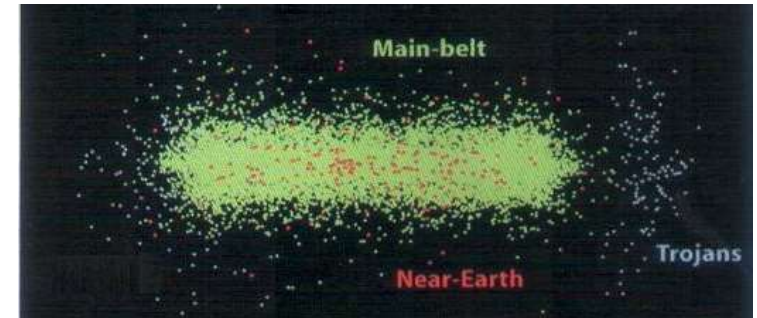
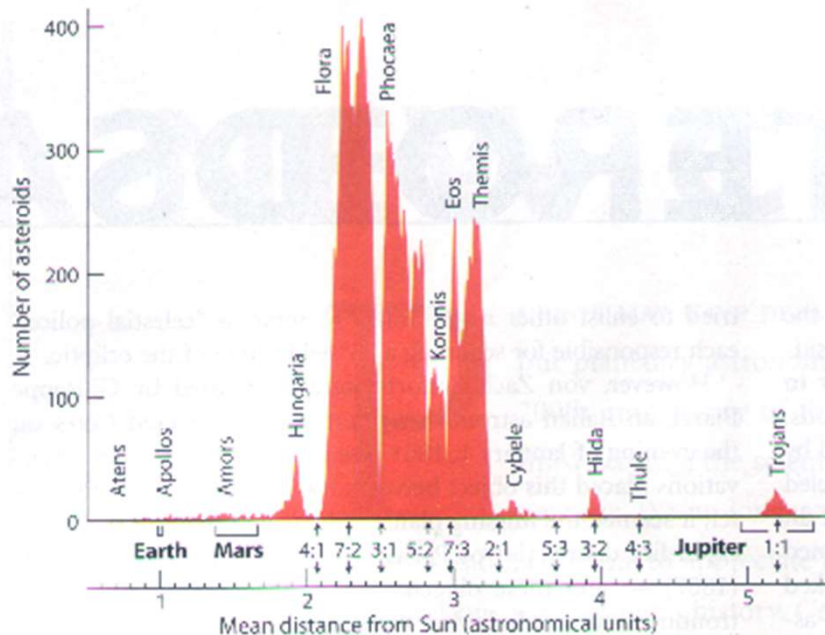


Eris (2400 ± 100km) e Dysnomia (300km). 64

Asteróides (Cinturão Principal)

Já com mais de 450 000 objectos catalogados, estima-se o número de asteróides no Cinturão Principal em 1-2 milhões (>1 km). As suas dimensões variam desde Pallas e Vesta (com dimensões semelhantes), com um diâmetro médio de cerca de 550 km, até à dimensão de pequenas pedras.

Distribuem-se como um “doughnut”, entre as órbitas de Marte e Júpiter, agrupados por famílias entre órbitas instáveis ressonantes com a de Júpiter.



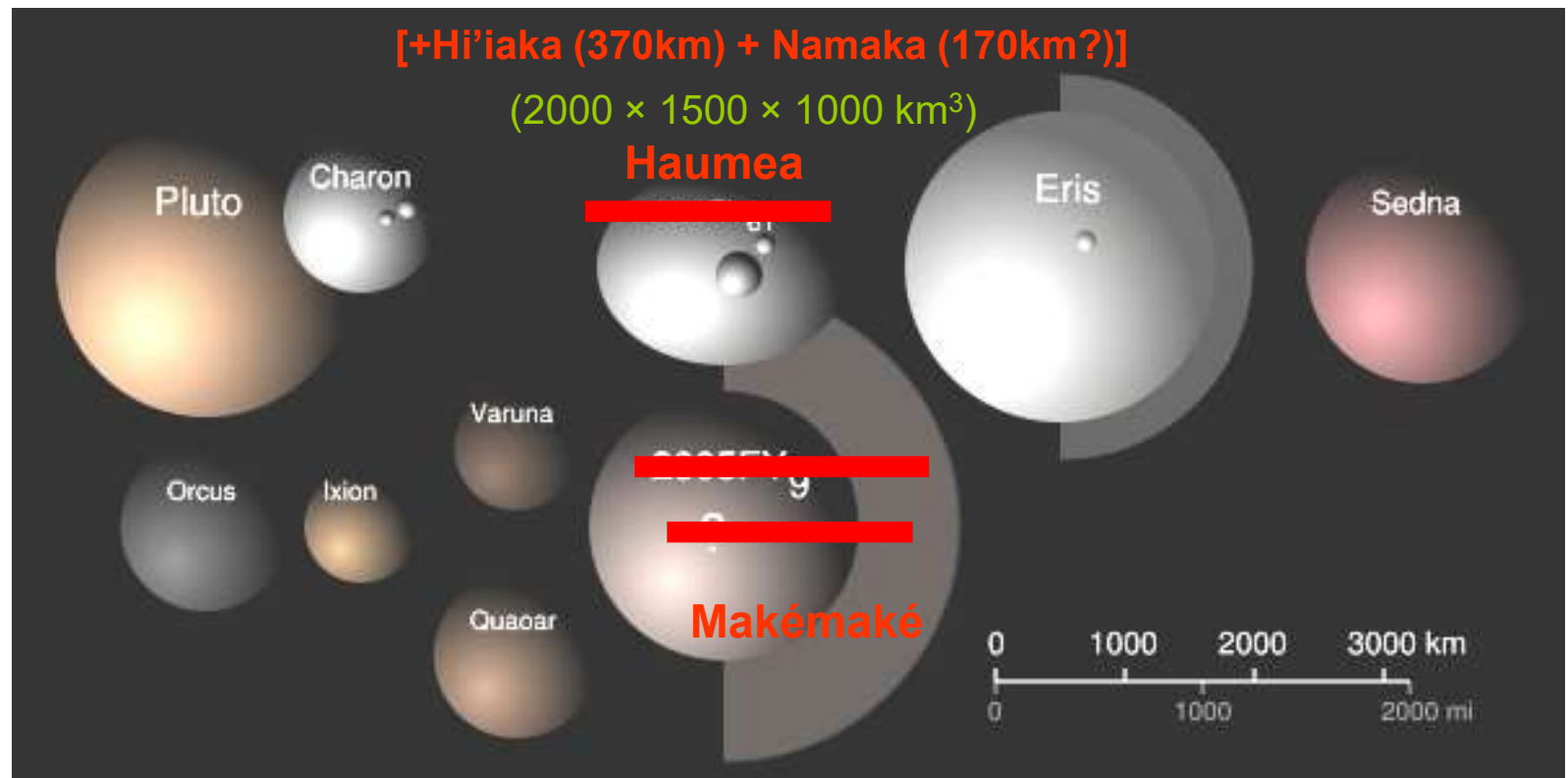


O Cinturão de Edgeworth-Kuiper

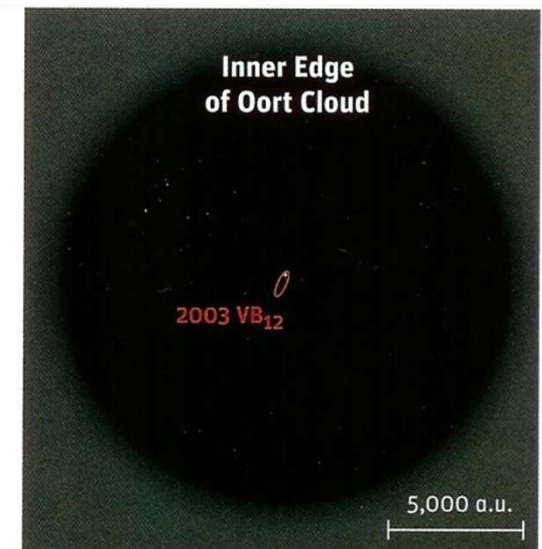
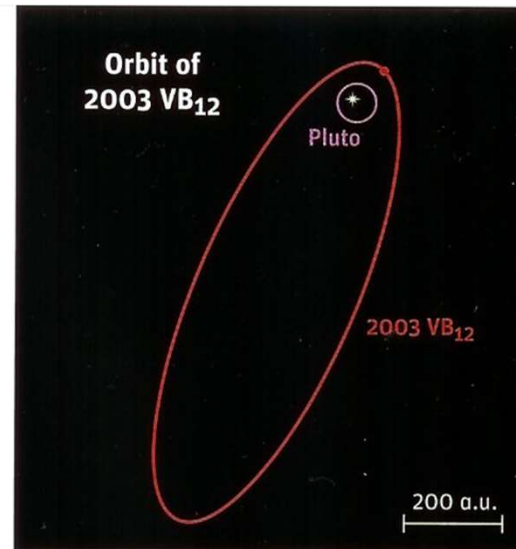
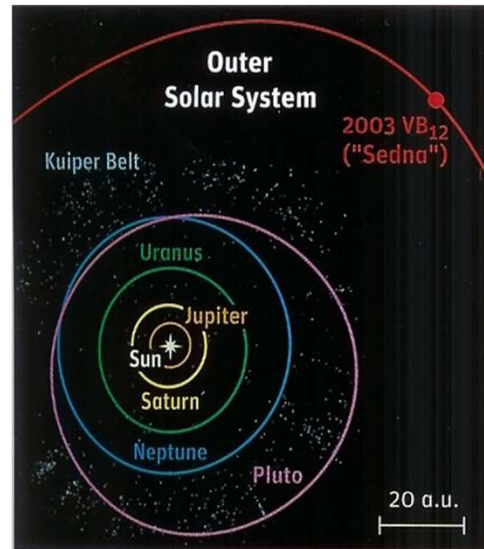
Mais de 1000 asteróides **trans-neptunianos** já foram identificados no Cinturão de Edgeworth-Kuiper. O primeiro foi em 1992. Estima-se que existam cerca de 100 000 asteróides com >100 km neste cinturão, tornando-o bem mais massivo do que o Cinturão de asteróides Principal.

Além de Plutão, Éris, Haumea e Makémaké (confirmados), existem **cinco** outros candidatos a planeta anão, dependendo da informação que se obtiver no futuro sobre os mesmos. O estatuto de Charon ainda não foi estabelecido (satélite? planeta-duplo com Plutão, logo planeta-anão?).

Os dez maiores objectos do Cinturão de Edgeworth-Kuiper.



A extremamente excêntrica órbita de Sedna.

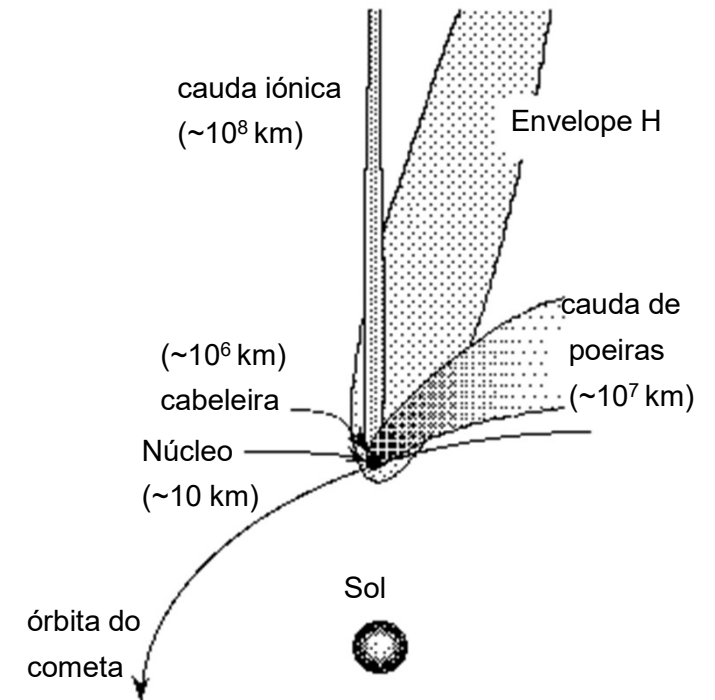


Cometas

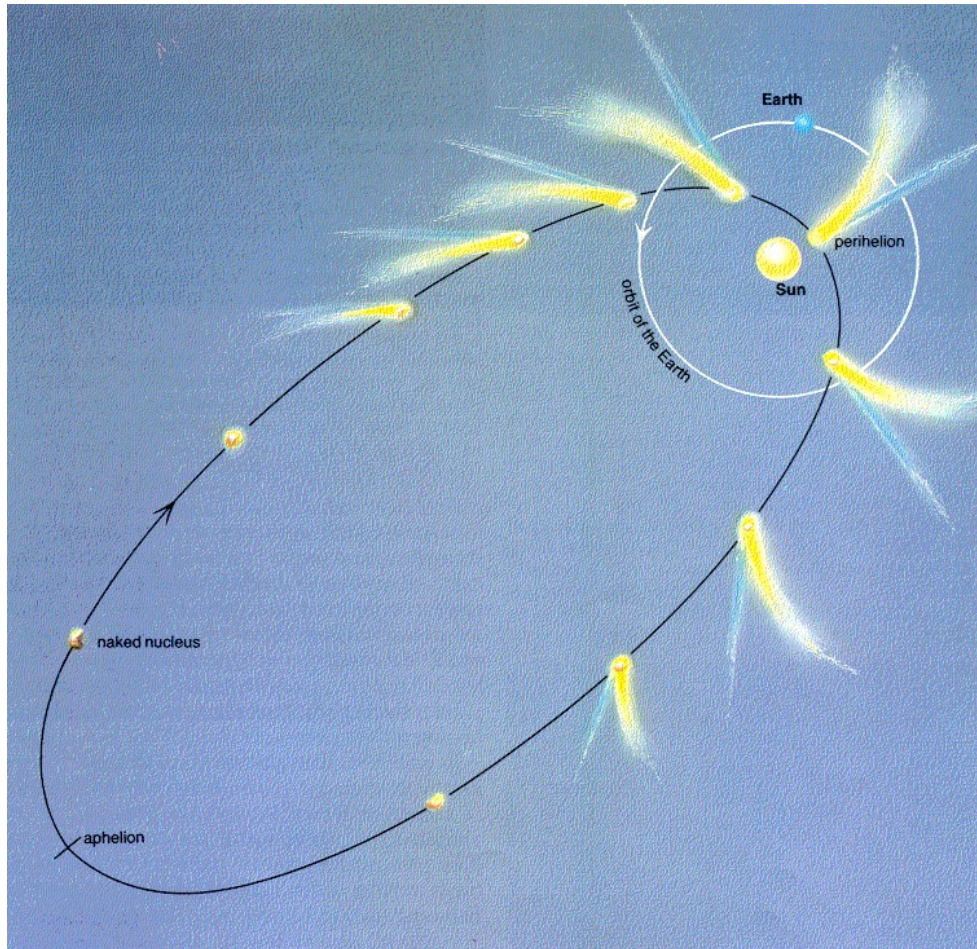
São corpos pequenos (<10 km), com um formato irregular e compostos por uma mistura de grãos não voláteis e gases congelados. Têm órbitas muito elípticas que os podem trazer muito próximo do Sol e enviá-los para muito longe, dentro do Sistema Solar, usualmente para além das órbitas dos oito planetas.

Com a aproximação ao Sol o material mais volátil evapora, dando origem a duas proeminentes caudas: uma **iónica** (H₂O) e outra de **poeiras**. A cauda iónica pode ser maior do que a distância da Terra ao Sol!

Os materiais voláteis evaporam do **núcleo**, formando uma **cabeleira**. Esta cresce em diâmetro e em brilho à medida que o cometa se aproxima do Sol. A cabeleira e o núcleo juntos constituem a **cabeça** do cometa. Finalmente surge, usualmente, um grande “envelope” de átomos de hidrogénio, à custa dos núcleos de H (protões) que se soltam das moléculas de água e se recombinaem com electrões.



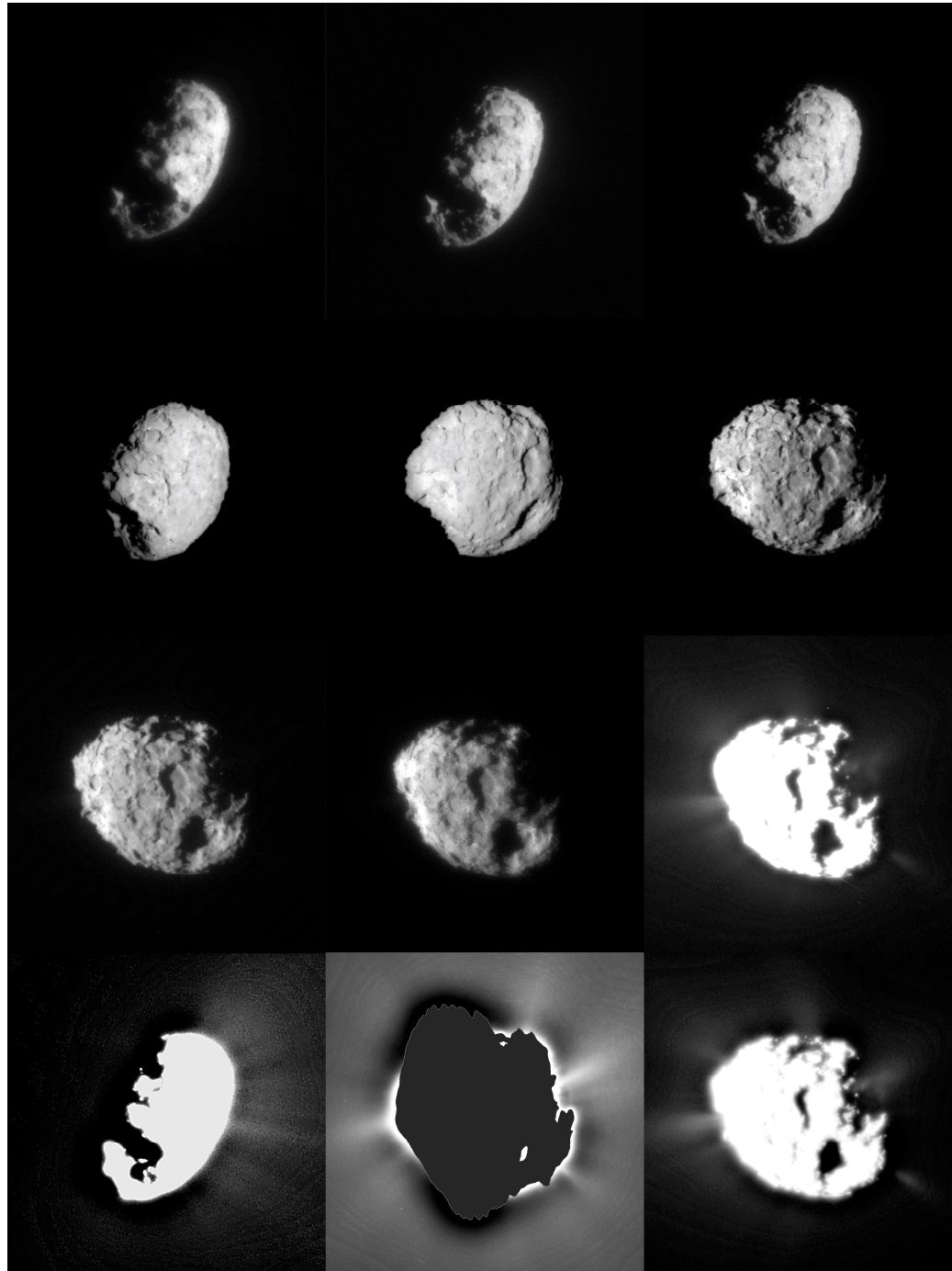
*O cometa West mostra duas caudas distintas. A cauda fina e azul é composta por gases ionizados (por isso, opõe-se sempre ao Sol – ao **vento solar**) e a cauda larga e branca é feita de partículas de poeira microscópicas (moléculas e átomos neutros).*



A cauda iónica opõe-se sempre ao Sol. A de poeiras tem essa tendência mas é influenciada pelo movimento do cometa.



O cometa Hale-Bopp com as duas caudas bem visíveis.



O cometa Wild 2 (núcleo) visto pela sonda Stardust.

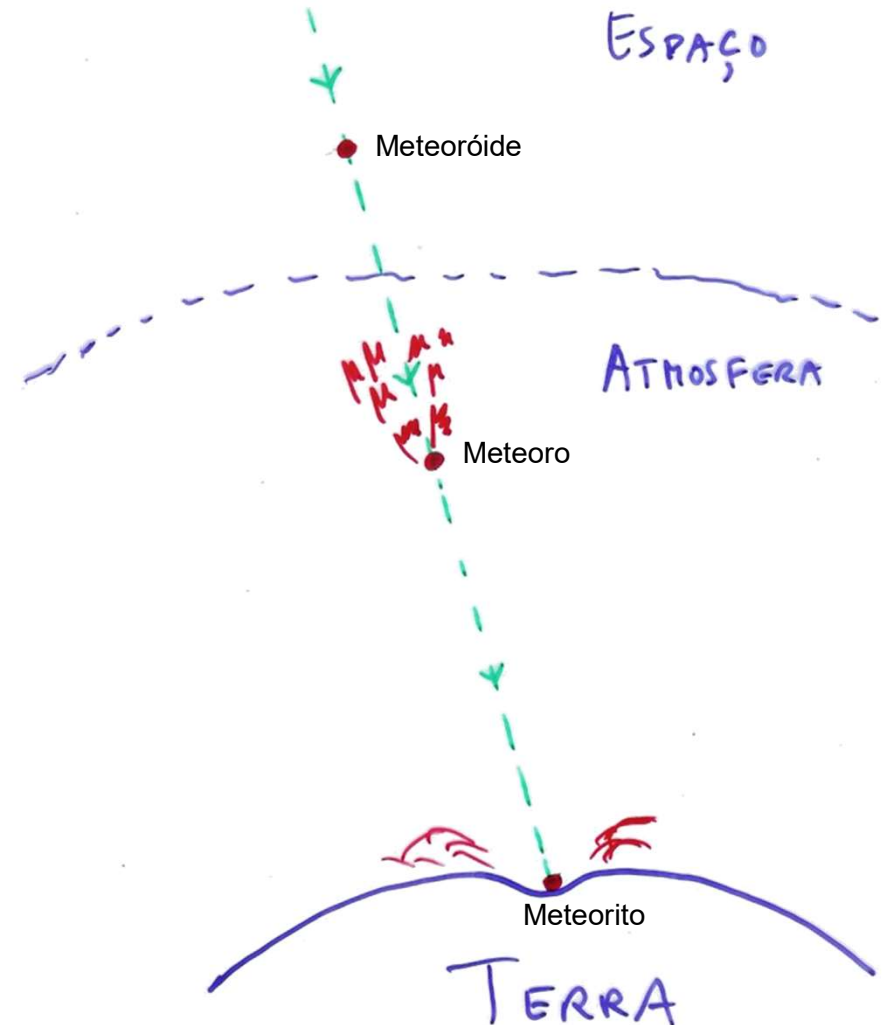
Meteoróides

Circula um imenso número de pequenos objectos (μm a cm) no Sistema Solar - **meteoróides**.

Apercebemo-nos, especialmente, daqueles que se cruzam com a órbita da Terra, usualmente deixados pela passagem de cometas.

Quando um meteoróide é capturado pela gravidade da Terra e atravessa a nossa atmosfera em alta velocidade, a fricção provoca a sua incineração – usualmente vemos um rasto luminoso atrás de um corpo em chamas: o **meteoro**.

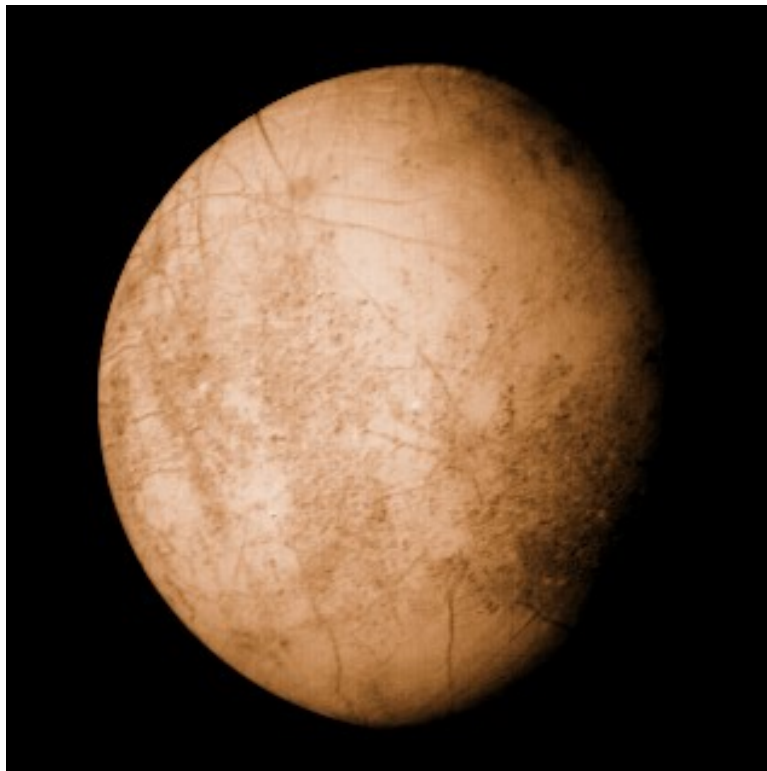
Se um meteoro não arde completamente, o que resta atinge a superfície da Terra e é chamado de **meteorito**. Os maiores abrem crateras. Existem exemplos destas por todo o planeta.



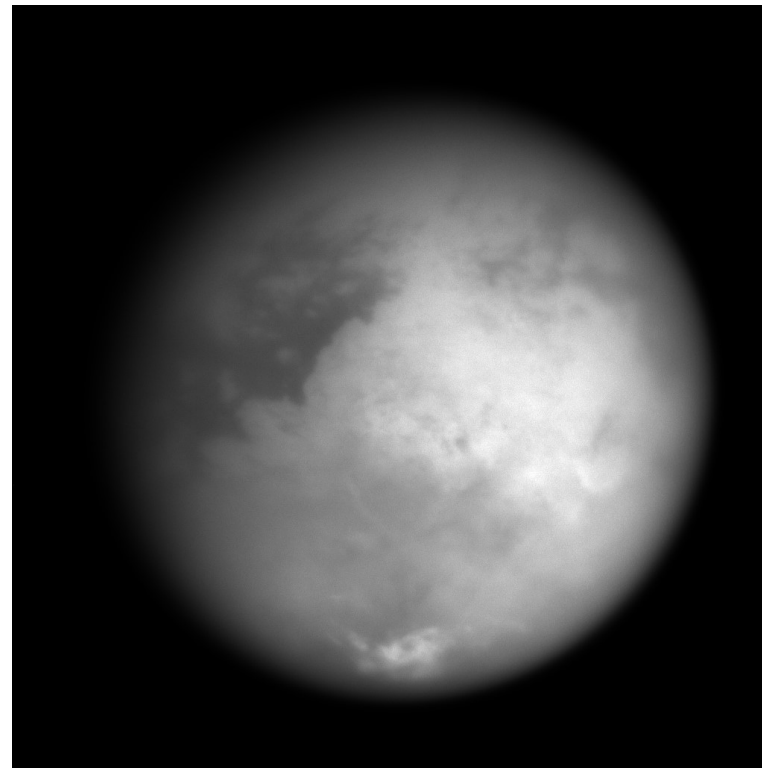
2.2 Os exoplanetas

Sem dúvida que o grande fascínio para a procura de planetas tem a ver com a possibilidade de existência de vida nos mesmos.

No Sistema Solar há dois grandes satélites candidatos a terem vida: Europa e Titã. Ambos têm uma densa atmosfera. O primeiro poderá conter um oceano subterrâneo; o segundo tem ciclos meteorológicos com o metano.



Europa.



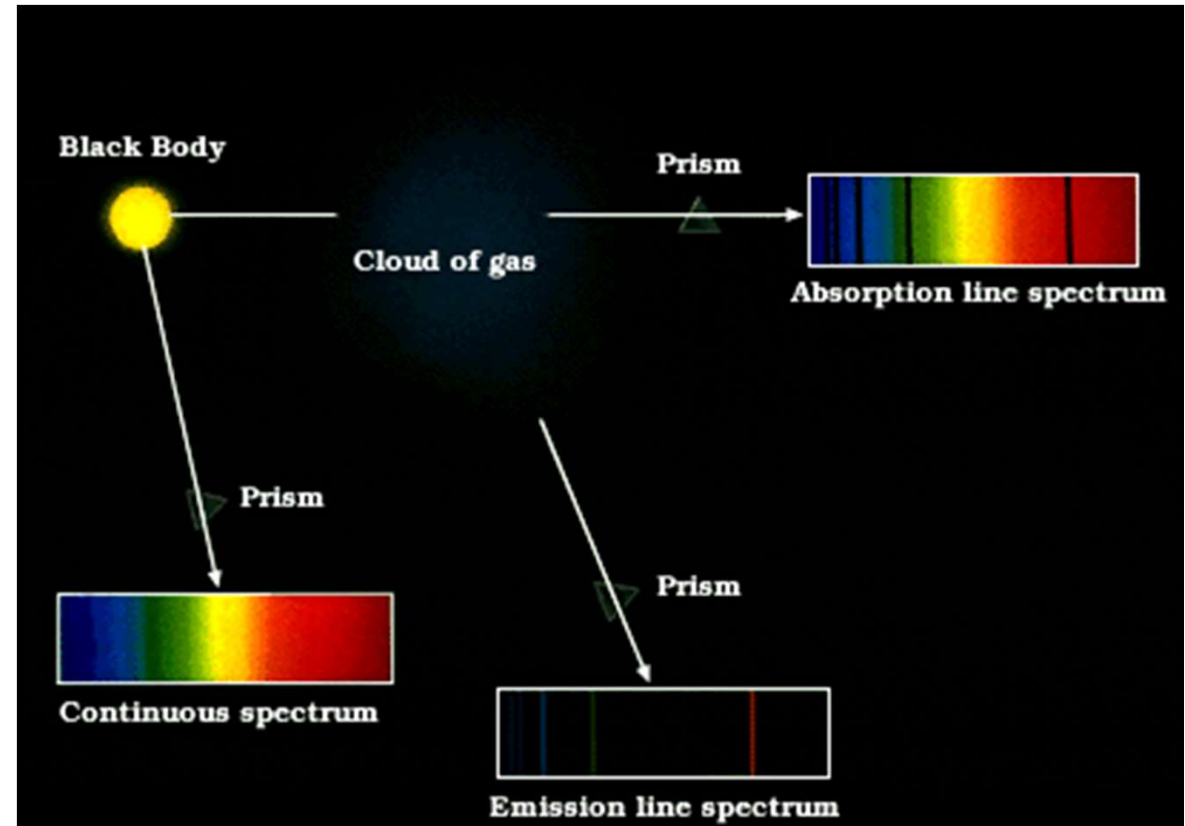
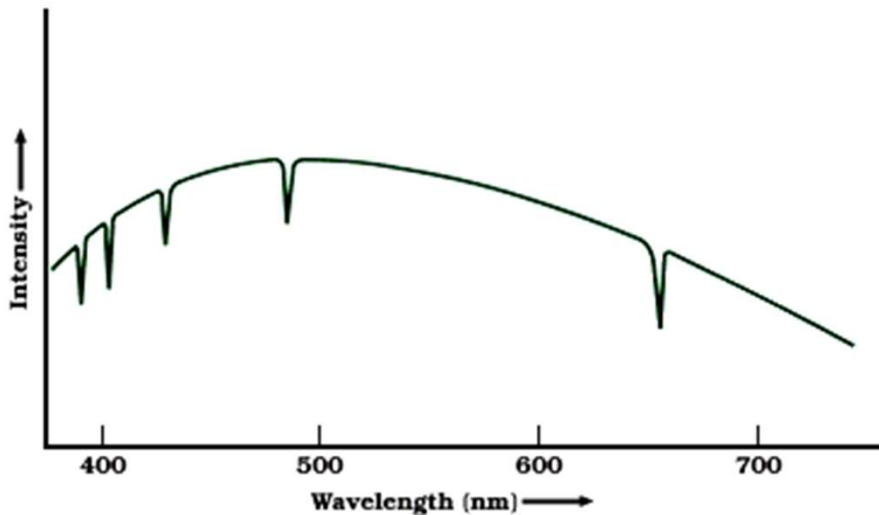
Titã.

Espectros

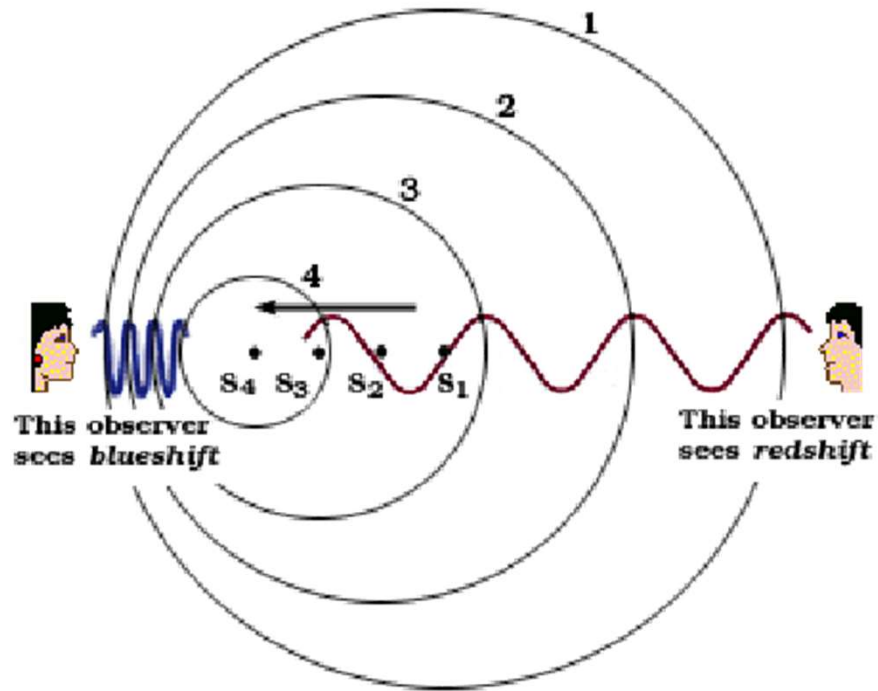
Os objectos astronómicos têm como cartão de identidade o seu **espectro** (com **riscas de emissão** ou de **absorção**).

É o espectro que nos dá a sua composição química exacta.

A Série de Balmer (hidrogénio)



Ora, um objecto emissor de ondas, em **movimento**, comprime-as à sua frente e distende-as atrás (e.g. pato num lago).

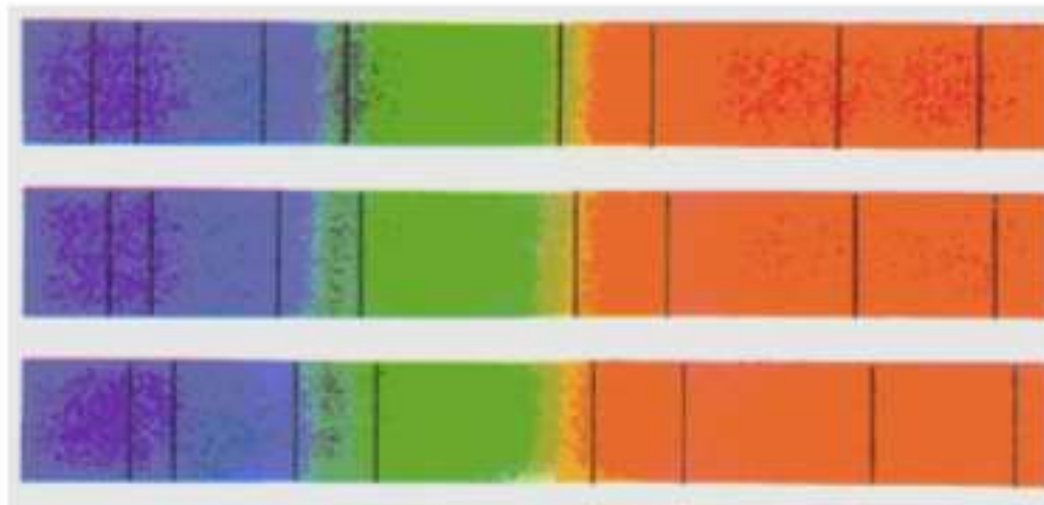


Assim, um objecto em movimento que emita luz, também a comprime à sua frente (**blueshift**) e distende atrás (**redshift**).

Doppler estudou este efeito em pormenor e estabeleceu a relação (caso específico da radiação electromagnética):

$$v/c = \Delta\lambda / \lambda_0$$

onde $\Delta\lambda$ é o desvio medido no espectro numa risca de emissão/absorção conhecida, λ_0 , devido à velocidade v da estrela (de aproximação ou afastamento).



1- Espectro da fonte em aproximação (desvio para o azul)

2- Espectro de comparação

3- Espectro da fonte em afastamento (desvio para o vermelho)

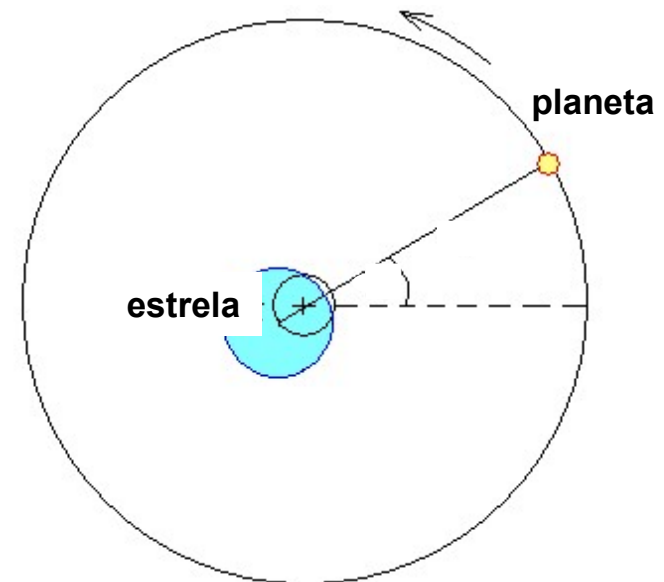
Exoplanetas

Se se formaram planetas em redor do Sol, poder-se-iam formar também ao redor de outras estrelas? O primeiro planeta extra-solar (**exoplaneta**) foi descoberto em 1992 (dois de uma vez, de facto), em torno de um **pulsar** (estrela de neutrões que emite um feixe energético periódico na nossa direcção) – corresponde ao estágio final da vida de estrelas com $>8 M_{\odot}$, após uma explosão em supernova. Hoje sabemos que esse sistema tem três planetas, o último sendo (de longe!) o mais pequeno planeta extrasolar até hoje descoberto, com apenas 0.02 massas da Terra.

i) Método espectroscópico (velocidade radial)

Há vários métodos de detecção de exoplanetas. No entanto, aquele que, de longe, é o mais bem sucedido (para já) recorre à medição do movimento causado na estrela hospedeira pela gravidade de qualquer (ou quaisquer) planeta(s) presente(s): o “puxão” gravitacional. Podemos deduzir a massa do planeta e a forma da respectiva órbita.

Este movimento só é detectável na linha-de-visão, por **efeito Doppler**, no espectro da estrela.



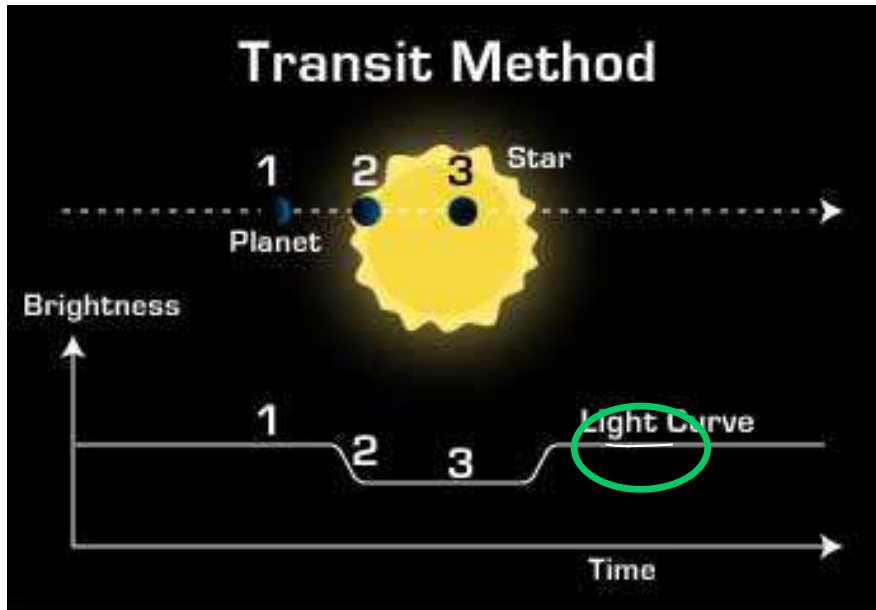
O centro de massa é o ponto em torno do qual dois corpos se equilibram um ao outro. Na figura, este é marcado com uma cruz,. Não está no centro da estrela (embora dentro desta), ou seja, esta roda em torno desse ponto, bem como o planeta. Na prática, é este movimento da estrela na nossa direcção (radial) que é medido pelo Efeito de Doppler e indica a existência de um planeta.

Em 1995, Michel Mayor e Didier Queloz do Observatório de Genebra na Suíça anunciaram a descoberta de um planeta que orbita em redor da estrela 51 Pegasus. Esta encontra-se a ~50 anos-luz da Terra e tem uma massa semelhante ao Sol. Ao planeta chamou-se 51 Pegasi b: tem uma massa de ~0.5 Jupiteres e está a uma distância média de 0.05 UA da estrela, com um período orbital de cerca de quatro dias.

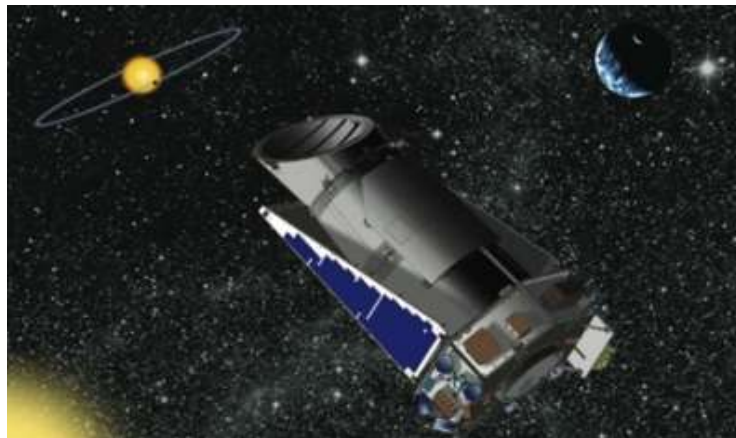


A órbita de 51 Peg b, comparada com a de Mercúrio.

Uma técnica que torna possível determinar a massa de um objecto a orbitar em redor de uma estrela é o método do **trânsito**. Este método aproveita a (rara) situação em que o objecto se movimenta entre nós e a estrela (a que se chama trânsito). Como num eclipse solar parcial, se um planeta passar diretamente entre uma estrela e a linha-de-visão de um observador, uma porção minúscula da luz da estrela não chega até nós, reduzindo o seu brilho aparente. Para se ver um trânsito, a órbita deve estar quase exactamente “de lado”. É evidente que também se podem medir os desvios de Doppler no movimento da estrela obtendo nós assim, nestes casos, duas formas independentes de medir massas, tamanhos e distâncias à estrela de exoplanetas.



Só instrumentos muito sensíveis conseguem descobrir a minúscula e periódica diminuição de brilho em estrelas devida ao trânsito de planetas. Do período e profundidade dos trânsitos, a órbita e tamanho dos companheiros planetários podem ser calculados. Planetas mais pequenos produzirão um efeito menor e vice-versa.



A missão Kepler, lançada em 6 de Março de 2009, detecta, com muita precisão, trânsitos do espaço. A missão europeia COROT já o faz desde Fevereiro de 2007.



Uma imagem do trânsito de Vénus sobre o Sol, ocorrido em 8 de Junho de 2004.

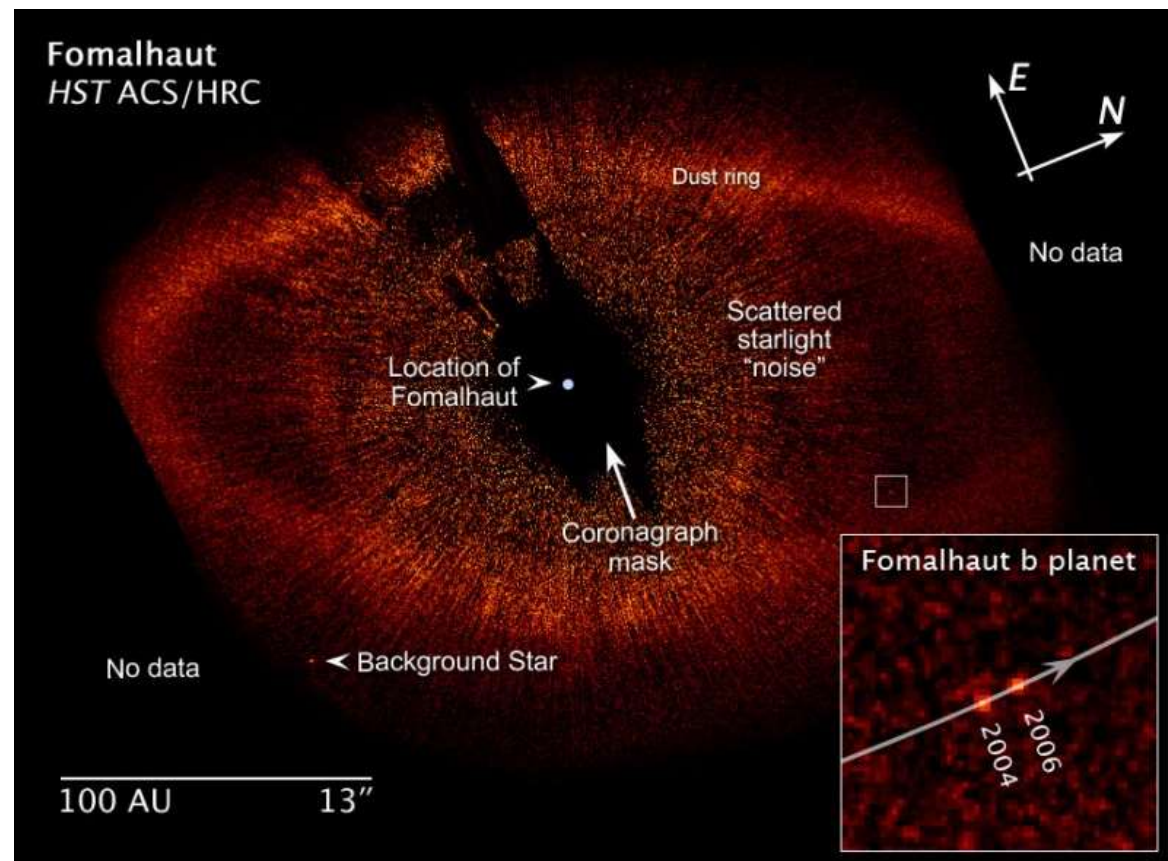
ii) Método fotométrico

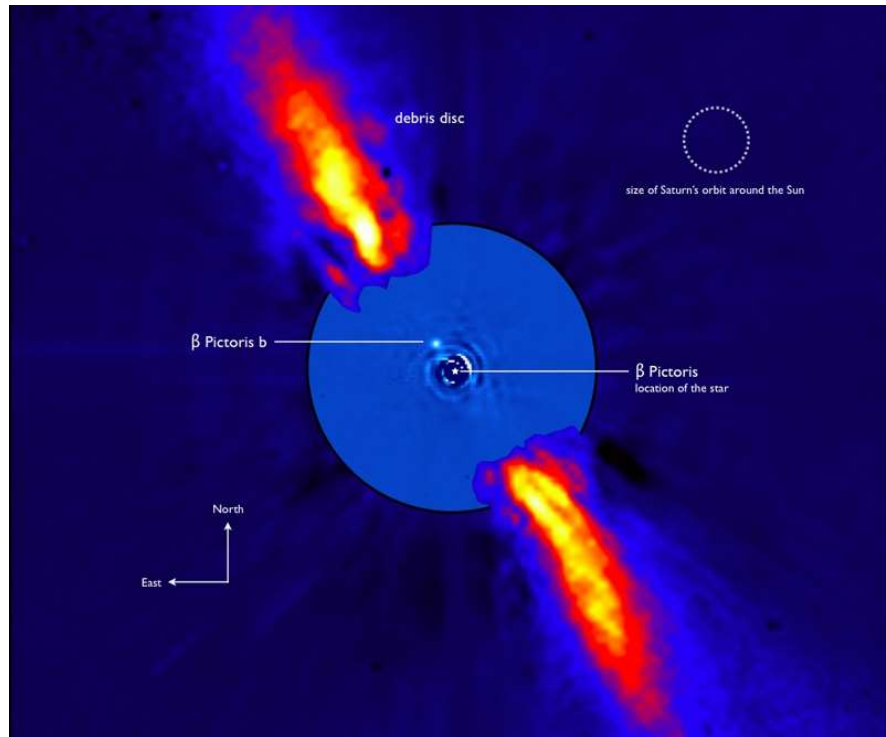
Há dois factores que, em simultâneo, dificultam a deteção directa (em imagem) de exoplanetas:

- i) têm uma luz muito ténue, quando comparada com a da estrela do sistema;
- ii) estão a uma enorme distância, o que implica que o seu movimento em torno da estrela é próximo “demais” para se conseguir ver o planeta (“contraste” tem de ser muito exagerado)

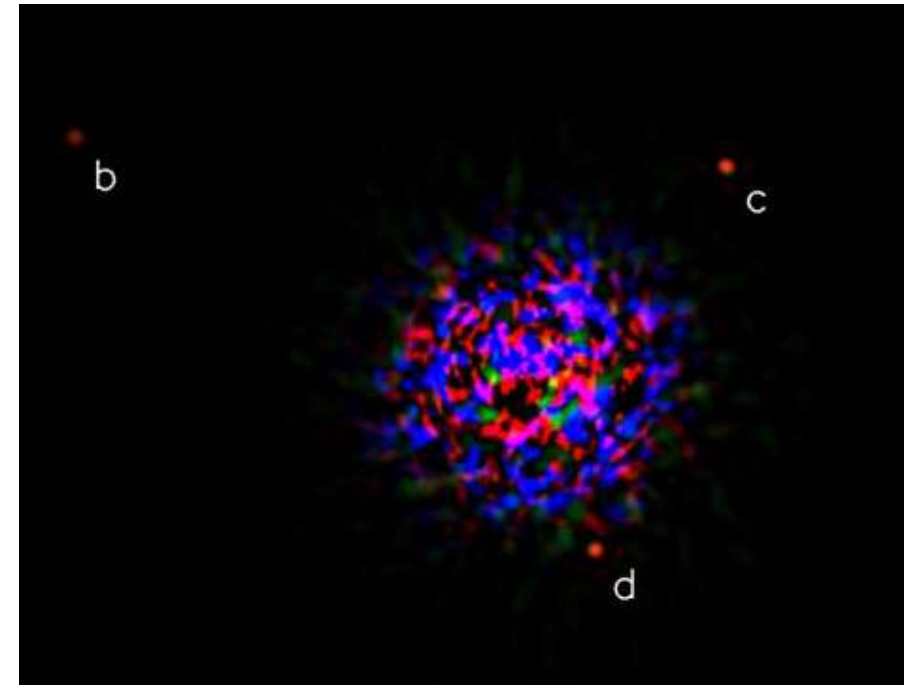
Mesmo assim:

Fomalhaut b é um exoplaneta com imagens directas recentes feitas com o HST. A estrela Fomalhaut é das mais brilhantes do céu e encontra-se a 25 anos-luz de nós. A sua luz foi tapada pelo coronógrafo do HST. Temos um gigantesto disco de poeiras neste (possível) sistema planetário.





β Pic b é um exoplaneta com imagem directa feita pelo ESO (VLT). A estrela hospedeira do Sistema Solar está a 50 anos-luz. Notem-se as imensas regiões de poeira (amarelo e vermelho) no disco planetário em torno da estrela central (apagada artificialmente nesta imagem).

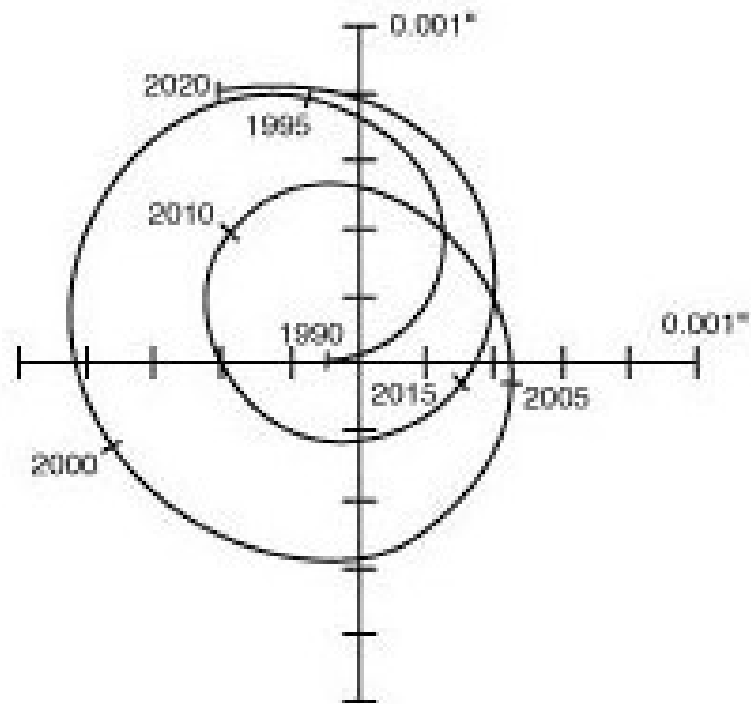


A estrela HR8799, com o Keck, revela nada mais nada menos que três planetas em sua órbita. A imagem foi feita no infra-vermelho (com óptica adaptativa) e a estrela foi removida com processamento de imagem (sobrou a “confusão” colorida central, um artefacto do processamento).

iii) Método astrométrico

Tal como a técnica da velocidade radial, o método da **Astrometria** depende do ligeiro movimento da estrela causado pelo planeta orbitante. Neste caso, procuram-se deslocamentos minúsculos das estrelas no plano do céu (nas outras duas dimensões espaciais).

Os planetas do nosso Sistema Solar (especialmente Júpiter) têm este efeito no Sol, produzindo um movimento que pode ser detectado por um observador posicionado a vários anos-luz.



O método da Astrometria consiste na medição muito precisa da posição de uma estrela no céu relativa a outras. Mas só se chegará a concretizar de forma inequívoca com interferómetros ópticos em formação, no espaço.

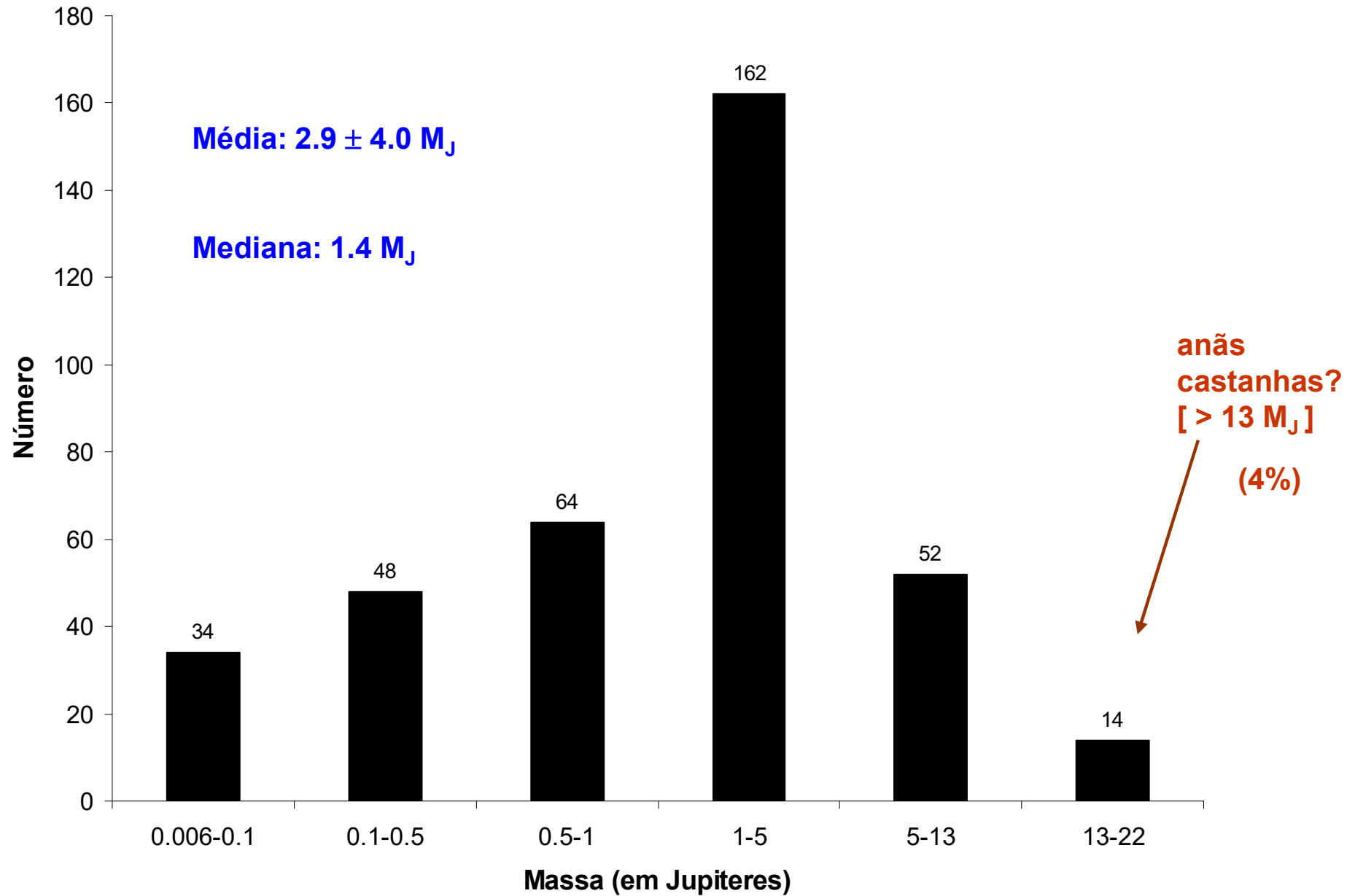
Mesmo assim, recentemente, a anã vermelha VB10 (a 20 anos-luz), com $85 M_J$, acusou um movimento que sugere um planeta com 6 massas de Júpiter, à distância a que está Mercúrio do Sol (nove meses de translação). Está pendente de confirmação.

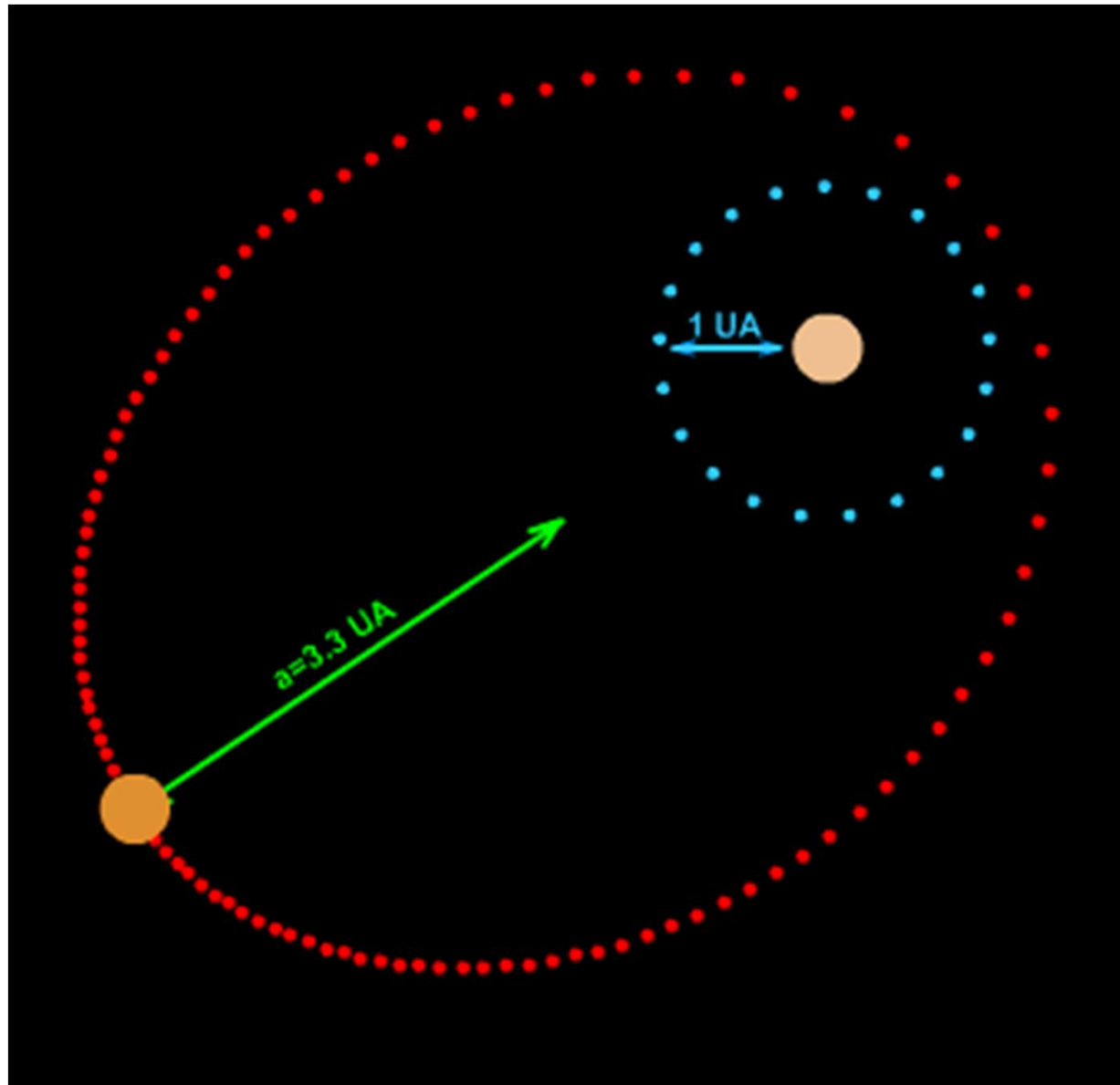
O deslocamento astrométrico do Sol, essencialmente devido a Júpiter, como observado a 10 pc.

Exoplanetas (características)

Milhares de estrelas de tipo espectral F/G (como o Sol) e gigantes (K) já foram estudadas espectroscopicamente. Ponto de situação (376 descobertos por este método – 27 por outros):

- 403 planetas descobertos em 341 sistemas planetários, 42 dos quais são múltiplos (o número recorde é de cinco planetas num sistema); 62 dos planetas transitam a estrela-mãe;
- 56% dos exoplanetas estão a $r_{\text{médio}} < 1$ UA da estrela-mãe (muito próximos);
- tipicamente, as suas órbitas são muito excêntricas ($e > 0.1$ para 62%);
- a maioria dos exoplanetas (61%) tem $M > M_J$ ($\approx 318M_{\text{T}}$); o mínimo é $\sim 2M_{\text{T}}$ (Gl581 e); assim, no grosso, são considerados “Jupiteres”, possivelmente compostos por H e He, exclusivamente.





Uma animação que compara a órbita do planeta HD70642b com a da Terra (notar o movimento mais rápido quando se aproxima da estrela – 2ª Lei de Kepler).